

**Мир сквозь призму: научное объяснение эффектов сближения и
переворачивания, возникающих при фотографировании сквозь
оптическую призму**

физика, математика и информатика

Балухтин Т.В., Емельянов К.Н.

9 класс, ГБОУ «Брянский городской лицей №1 имени А.С. Пушкина», Брянск

Научный руководитель: Ефремова Л.И., учитель математики

ГБОУ «Брянский городской лицей №1 имени А.С. Пушкина», Брянск

Актуальность. Термин «конвергентный» происходит от латинского слова «*convergo*», что означает «сближаться», «сходиться в одной точке». Конвергенция рассматривается сегодня, как одна из ведущих идей, обеспечивающих возможность решения сложных научно-технических проблем. Она определяется в международном сообществе, как глубокая интеграция знаний, методов и опыта из различных дисциплин и формирование новых структур для стимулирования научных открытий и инноваций [1].

Проблема. Для демонстрации возможностей **конвергентного** подхода в образовании выберем в качестве точки конвергенции художественные эффекты, которые позволяет получить фотосъемка сквозь призму из оптического стекла.

Предъявление учащимся подобных эффектов призвано вызвать у них любопытство и стремление к поиску научных объяснений. Такую возможность в школьном курсе физики предоставляет изучение явления (феномена) преломления света на границе двух сред.

Объектом исследования является световой луч, проходящий через границу раздела двух сред.

Предметом исследования являются фотографии, полученные в результате эксперимента, если перед камерой поместить оптическую треугольную призму.

Гипотеза: призма, действительно тот предмет, с помощью которого можно получить художественные эффекты, такие как сближение и переворачивание при

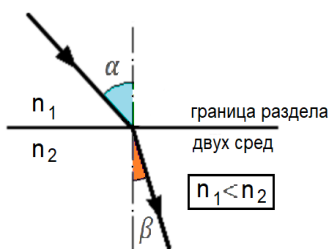
фотографировании: меняя положение призмы, мы регулируем угол преломления.

Цель проекта: дать научное объяснение художественным эффектам сближения и переворачивания при фотосъемке сквозь призму, используя знания и методы физики, математики, а также компьютерные технологии.

Методы исследования: *эмпирические*, а именно, изучение разнообразных источников информации, взятые на сайтах сети «Интернет», *анализ* полученных сведений и *опрос* в виде *анкетирования*, чтобы глубже заглянуть в изучаемую проблему, составить диаграммы, проведение экспериментальной проверки условий возникновения эффекта. *Теоретические:* анализ и синтез, чтобы лучше понять материал и получить общее представление об изучаемом явлении (художественные эффекты при фотографировании сквозь призму). *Аналогия*, где мы смогли составить собственную динамическую модель хода светового луча (лучей) сквозь оптическую призму в программе «GeoGebra». **История открытия явления преломления света на границе двух сред и развития научных представлений о данном явлении.**

Художественные эффекты, возникающие при фотографировании сквозь оптическую призму возникают за счет явления преломления света.

Закон преломления света на границе раздела 2 сред был открыт профессором Лейденского университета, голландским математиком, физиком и астрономом Виллебрордом Снеллиусом в 1621 году. Но, впервые этот закон был описан только спустя 16 лет в 1637 году в книге Декарта «Диоптрика». Открыл ли Декарт заново закон преломления самостоятельно или просто воспользовался записями Снеллиуса до сих пор неизвестно. Исследователи этого вопроса по сей день не пришли к единому мнению.[8]



В 8 классе преломление света вводится как «изменение направления распространения света на границе раздела двух прозрачных сред при переходе света из одной среды в другую» [4, 207]. Теоретические знания учащихся о преломлении света

формируются в рамках геометрической оптики. При этом, направление распространения света определяется углом падения (α) и углом преломления (β), образованными падающим и преломленным световыми лучами соответственно, и перпендикуляром, восстановленным в точке падения к границе раздела сред I и II.

В учебнике физики 8 класса закон преломления описывается следующим образом: «Луч падающий, луч, преломленный и перпендикуляр, проведенный к границе раздела двух сред из точки падения луча, лежат в одной плоскости. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления для двух данных сред есть величина постоянная» [4, 208]. Обозначим её *const*.

Начальных представлений учащихся о синусах острых углов прямоугольного треугольника, полученных в курсе геометрии 8 класса [6], достаточно для решения (с использованием таблиц Брадиса или инженерных калькуляторов) расчётных задач, позволяющих делать выводы о характере связи величин: «Для данного угла падения, чем больше относительный показатель преломления, тем меньше угол преломления, и наоборот» [4, 208]. Также в 8 классе с опорой на результаты экспериментов этой константе дается имя «относительный показатель», а также вводится определение оптической плотной среды: «Среду, в которой скорость распространения света меньше, называют оптически более плотной. Если свет идет из среды оптически менее плотной в среду оптически более плотную, то угол преломления меньше угла падения» [4, 208].

Для демонстрации возможностей **конвергентного** подхода в образовании выберем в качестве точки конвергенции художественные эффекты, которые позволяет получить фотосъемка сквозь призму из оптического стекла. Потенциальная возможность объяснения художественных эффектов, представленных на рисунке 1, обуславливает потребность создании

динамической компьютерной модели средствами GeoGebra или любой другой системы динамической математики. Что может являться предметом междисциплинарного учебного проекта.



А. Использование призмы



Б. Эффект сближения



В. Эффект клонирования



Г. Эффект переворачивания

Рис.1. Эффекты при фотосъемке сквозь призму

Математические основы моделирования хода светового луча сквозь оптическую призму средствами GeoGebra.

Чтобы объяснить понятие синуса острого угла прямоугольного треугольника, без которого никуда в нашей работе, мы воспользовались стихами *английского писателя Киплинга о шестерке слуг, проворных и удалых*. Зовут их: Как и Почему, Кто, Что, Когда и Где. **Что такое Синус и где встречается?** Это отношение противолежащего катета к гипотенузе[3], встречается в законе Снеллиуса, при решении прямоугольных треугольников, **Как вычислять?** По таблице Брадиса, а также с помощью программы Geogebra. **Когда будем вычислять?** При построении хода светового луча сквозь оптическую призму. **Почему (для острых углов)?** Угол падения и преломления светового луча

острый. **Кто ввел?** Арьябхата- индийский астроном, математик. Также нужно уметь строить перпендикулярные прямые. Компьютерное моделирование хода луча в треугольной призме требует опережающего изучения понятия арксинус для острых углов прямоугольного треугольника.

В ходе моделирования учащиеся сталкиваются с проблемой «**невычислимости**», т.е. отсутствия в некоторых случаях расчётного угла преломления при переходе светового луча в оптически менее плотную среду. Математическое объяснение требует опережающего развития знаний о содержании понятия относительного показателя преломления среды (отнесенного к курсу физики 9 класса). Учащиеся должны узнать, что относительный показатель преломления ($const$) – это отношение абсолютных показателей преломления сред II и I: $const = \frac{n_1}{n_2}$, где n_1 и n_2 абсолютные показатели преломления сред [5].

Пусть $n_1=1$ (коэффициент преломления воздуха в нормальных условиях с точностью до тысячных равен 1,000), $n_2 \in [1,4; 2,2]$ показатели преломления промышленных оптических стекол для желто-зеленых лучей [6], следовательно, $\sin(\beta_2) = n_2 \cdot \sin(\alpha_2)$, где β_2 – угол преломления луча света, выходящего из линзы. Так как $-1 \leq \sin(\alpha_2) \leq 1$, $n_2 > 1$, то $-n_2 \leq n_2 \cdot \sin(\alpha_2) \leq n_2$. Значит, существуют такие значения углов α_2 , для которых $n_2 \cdot \sin(\alpha_2) > 1$ и для них не существует $\sin(\beta_2)$. Следовательно, построение выходящего из призмы луча невозможно. Продолжение моделирования требует объяснения «исчезновения угла преломления», что приводит к необходимости введения понятия предельного угла преломления и изучения феномена полного внутреннего отражения.

В учебнике физики этот феномен описывается следующим образом: *«Пусть внутри оптически более плотной среды находится точечный источник света, испускающий лучи во все стороны. При увеличении угла падения лучей на границу раздела сред угол преломления будет также увеличиваться и при некотором угле падения, который называют*

предельным углом, окажется равным 90° . В этом случае преломлённый луч пойдет вдоль границы раздела двух сред. Если же угол падения взять еще большим, т.е. $\alpha > \alpha_0$, то преломленного луча не будет, а останется только отражённый <...> описанное явление и называют полным внутренним отражением» [4, 209].

Компьютерные и лабораторные физические эксперименты для объяснения эффектов сближения и переворачивания, возникающих при фотографировании сквозь оптическую призму.


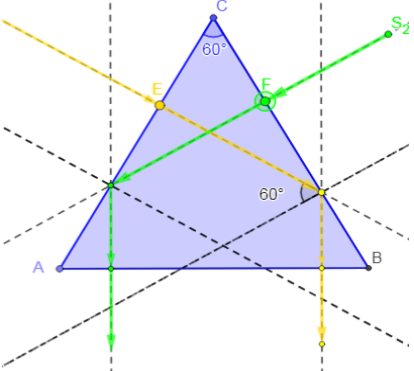


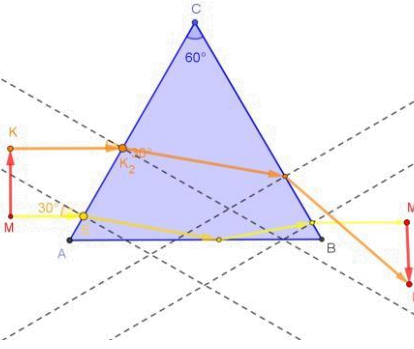
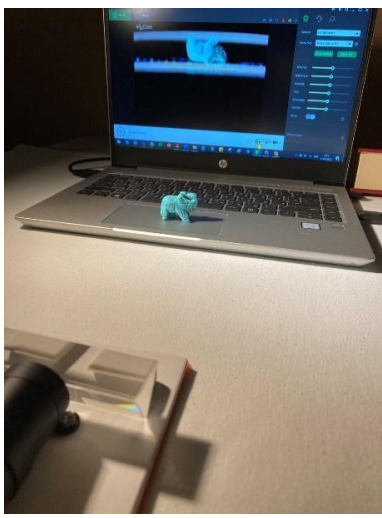
Геометрические свойства и виды призм изучают математики. А для физиков призма является незаменимым элементом оптических приборов (перископов, телескопов, биноклей и др.). Оптическая призма - это оптический объект из прозрачного материала (например, оптического стекла) в форме геометрического тела - призмы, имеющий плоские полированные боковые грани, через которые проходит свет.

В ходе исследования мы придерживались следующего плана: сначала построили динамическую модель хода светового луча, чтобы экспериментируя с ней, найти условия возникновения эффекта сближения. Затем провели серию физических экспериментов, чтобы проверить выдвинутую гипотезу об этих условиях. И на последнем этапе использовали полученные результаты, чтобы получить эффект сближения не случайно, а в контролируемых условиях.

Для объяснения **эффекта сближения** мы создали динамическую модель. Данный эффект наступает, если лучи от двух источников света падают на разные боковые грани призмы. Пусть они падают на грани перпендикулярно. Тогда лучи от этих источников, выйдя параллельно через третью грань призмы. Источники света S1 и S2 находятся удаленно друг от друга. После прохождения сквозь призму расстояние между их образами уменьшилось.

Для постановки проведения физического эксперимента мы использовали следующее оборудование: правильную треугольную призму из оптического стекла, длина бокового ребра которой 8 см, а основания призмы по 2,5 см, два

лазера разного цвета, штатив, подставка для призмы, экран. Для наглядности можно использовать программное приложение *MuCam*.

I. Появление условий появления эффекта	II. Визуализация хода луча в призме посредством компьютерного эксперимента	III. Воспроизведение эффекта в контролируемых условиях
Эффект сближения		
		 <p data-bbox="1045 840 1364 952">Примечание: объектив камеры направлен на боковую грань призмы</p>
Эффект переворачивания		
 <p data-bbox="167 1444 518 1601">Примечание. Источник красного света находится над источником зеленого света</p>		 <p data-bbox="1037 1512 1364 1612">Примечание: объектив камеры направлен на боковое ребро призмы</p>

Эксперименты с динамической моделью позволили нам выдвинуть следующую гипотезу: что **эффект переворачивания** возникает при использовании двух источников разного цвета, расположенных один под другим. Нижний луч, должен падать практически параллельно нижней грани под углом, позволяющим получить полное внутреннее отражение от неё.

Цель физического эксперимента состояла в том, чтобы проверить выдвинутую гипотезу. Для его проведения мы взяли две указки красного и зеленого цвета. Указку красного цвета мы расположили над зеленой указкой. На экране мы видим, что расположение лучей поменялось.

На фотографии справа представлен результат фотографирования фигурки слона в контролируемых условиях. Его изображение на экране компьютера перевернулось.

О чем стоит помнить: [7]

- Начните с самой простой треугольной призмы и, поработав немного с ней, переходите к более необычным видам.
- Призму можно использовать в любом виде съемки: портреты, натюрморты, пейзажная и свадебная фотография, природа, архитектура и т.д.
- Поэкспериментируйте с другими стеклянными предметами, компакт-дисками, линзами, а также кристаллами разных видов и форм. В каждом случае будет получаться свой уникальный результат.
- Оказавшись в ситуации, когда свет играет против вас, попробуйте воспользоваться призмой, чтобы изменить его поведение. Таким образом, можно превратить скучный кадр во что-то интересное и необычное.
- Призмы отлично помогают в создании абстрактных фотографий.

Заключение

Приведенный нами пример реализации конвергентного подхода показывает его непротиворечивость предметному подходу к организации обучения. Он лишь требует согласованности действий учителей разных предметов. Точек конвергенции не должно быть много, но они должны быть, и найти их несложно, достаточно посмотреть на реальный мир сквозь призму своей предметной области. В то же время присутствие точек конвергенции в системе общего образования дает возможность учащимся объединить методы и средства различных наук для решения практических задач, что по нашему опыту вызывает вовлеченность учащихся в учебный процесс и повышает их мотивацию.

В ходе работы над исследовательской работой поставленные задачи были выполнены. Во-первых, поместили коллекцию собственных фотографий на общей карте **Goggle**. Во-вторых, построили ход светового луча по двум инструкциям, предложенным в сетевой проектной школе, и создали собственную модель хода светового луча (лучей) сквозь призму. В - третьих, дали научное объяснение эффектам сближения и переворачивания с помощью методов компьютерного эксперимента с динамической моделью хода световых лучей и лабораторного физического эксперимента сквозь оптическую призму. Еще дали некоторые рекомендации по созданию художественных эффектов сближения фотографированием сквозь оптическую призму.

Таким образом, мы доказали гипотезу, что призма, действительно тот предмет, с помощью которого можно получить художественные эффекты, такие как сближение и переворачивание при фотографировании. Действительно, красота мимолетна, время скоротечно, а фотография – вечна! Открывайте мир через призму фотоаппарата!

Список источников информации

1. Convergence Research at NSF [Электронный ресурс] URL: <https://www.nsf.gov/od/oia/convergence/index.jsp>, (дата обращения 29.11.2022).
2. Геометрическая оптика (стереометрия) [Электронный ресурс]// [Персональная страница М.В. Шабановой]: сайт GeoGebra: URL: <https://www.geogebra.org/m/q8qyexnj> (дата обращения 02.07.2022).
3. Геометрия. 7-9 классы: учеб. для общеобразоват. организаций/[Л.С. Атанасян, В.Ф. Бутузов, С.Б. Кадомцев и др.] 5-е изд. – М: Просвещение, 2015.- 383 с.
4. Физика: 8-й класс: учебник / Перышкин И.М., Иванов А.И. М: Просвещение, 2021. 255 с.
5. Физика: 9 кл.: учебник / Перышкин И.М., Гутник Е.М. М: Дрофа, 2018. 319 с.
6. Федосов И.В. Геометрическая оптика: учебное пособие для студентов

высших учебных заведений. Саратов САТЕЛЛИТ, 2008. 92 с.

7. Статья «Как фотографировать с призмой», автор: Dahlia Ambrose
19/01/2020 . Источник: lightstalking.com Перевод: [Алексей Шаповал](#)
8. Открытие закона преломления света. decoder.ru