

**IV Международная конференция учащихся
«НАУЧНО-ТВОРЧЕСКИЙ ФОРУМ»**

Предмет

математика, физика, информатика

Научно-исследовательская работа

Тема:

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

Авторы:

*Балухтин Тимур Владимирович,
информационно-математический класс,
ГБОУ «Брянский городской лицей №1
имени А.С. Пушкина», Россия, г. Брянск*

*Емельянов Константин Сергеевич,
8 информационно-математический класс,
ГБОУ «Брянский городской лицей №1
имени А.С. Пушкина», Россия, г. Брянск*

Руководитель:

*Ефремова Любовь Ивановна,
учитель математики*

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

*Контактный телефон: 8-910-338-34-01
Электронный адрес: lubov-efrem@yandex.ru*

2022-2023 учебный год

Содержание

	Стр.
I. Введение.....	3-6
II. Основная часть	6-18
2.1. Теоретические основы поиска научного объяснения эффектов сближения и переворачивания, возникающих при фотографировании сквозь оптическую призму.....	6-13
2.1.1. История открытия явления преломления света на границе двух сред и развития научных представлений о данном явлении.....	6-8
2.1.2. Оптическая призма. Ход светового луча сквозь оптическую призму.....	8-10
2.1.3. Математические и логические основы моделирования хода светового луча сквозь оптическую призму средствами GeoGebra.....	10-13
2.2. Компьютерные и лабораторные физические эксперименты для объяснения эффектов сближения и переворачивания, возникающих при фотографировании сквозь оптическую призму.....	13-18
2.2.1. Художественные эффекты сближения и переворачивания: сущность и коллекция фотографий, демонстрирующих эффект.....	13
2.2.2. Поиск научного объяснения эффектов сближения и переворачивания методом компьютерного эксперимента с динамической моделью хода световых лучей сквозь оптическую призму.....	13-14
2.2.3. Поиск научного объяснения эффектов сближения и переворачивания методом лабораторного физического эксперимента с оптической призмой	15-16
2.2.4. Рекомендации по созданию художественных эффектов фотографированием сквозь оптическую призму	26-28
2.3. Результаты анкетирования.	22-25
III. Заключение	17-18
IV. Список источников информации	18
V. Приложения	19-28

I. Введение

Мы живём в совершенно удивительное время высоких скоростей и бурного развития новых технологий. Доминирующим фактором стал процесс производства и распространения любой информации, которая стала полностью пронизывать наши будни. Говорят, что Ньютон открыл свой знаменитый закон о всемирном тяготении в тот момент, когда ему на голову упало яблоко. А еще говорят, что Наполеон проиграл сражение под Ватерлоо от того, что промочил ноги и схватил насморк. Возможно, это шутки, но сами знаете – в каждой шутке есть доля правды. Случайность порой играет в нашей жизни совсем не случайную роль, а именно со случайности началась и наша история. У нас в лицее предпрофильная подготовка начинается с 8 класса, и мы с другом решили поступать в информационно-математический класс. В начале этого учебного года, учитель математики Любовь Ивановна предложила записаться в сетевую проектную школу, где мы с другом и одноклассником Емельяновым Костей, прочитав аннотации нескольких проектов, нашли себе проект по душе «Мир сквозь призму».

Вы отлично владеете способом иначе смотреть на мир – с помощью фотографий. Но, давайте усложним задачу! На пути света перед камерой поместим самую обычную треугольную призму из оптического стекла. Призма – это простой, но интересный объект. Геометрические свойства и виды призм изучают математики. А для физиков призма является незаменимым элементом оптических приборов. А для вас? Призма в сочетании с привычной камерой позволит расширить возможности познания окружающего мира. Вы сможете открыть в себе *физика, математика, информатика и даже фотохудожника*. А мы с Костей решили попробовать, поэтому тема нашей **исследовательской работы** звучит так: **«Мир сквозь призму: научное объяснение эффектов сближения и переворачивания, возникающих при фотографировании сквозь оптическую призму»**.

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.



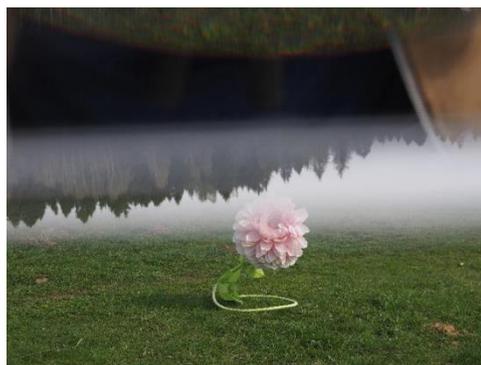
А. Использование призмы



Б. Эффект сближения



В. Эффект клонирования



Г. Эффект переворачивания

Рис.1. Эффекты при фотосъемке сквозь призму

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.

Задачи проекта:

- познакомиться с историей открытия явления преломления света на границе двух сред;
- изучить ход светового луча сквозь оптическую призму;
- рассмотреть математические и логические основы моделирования хода светового луча сквозь оптическую призму средствами GeoGebra;
- создать коллекцию фотографий, демонстрирующих художественные эффекты сближения и переворачивания;
- найти научное объяснение эффектам сближения и переворачивания методом лабораторного физического и компьютерного эксперимента с динамической моделью хода световых лучей сквозь оптическую призму;
- написать рекомендации по созданию художественных эффектов сближения и переворачивания фотографированием сквозь оптическую призму.

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».

II. Основная часть

2.1. Теоретические основы поиска научного объяснения эффектов сближения и переворачивания, возникающих при фотографировании сквозь оптическую призму.

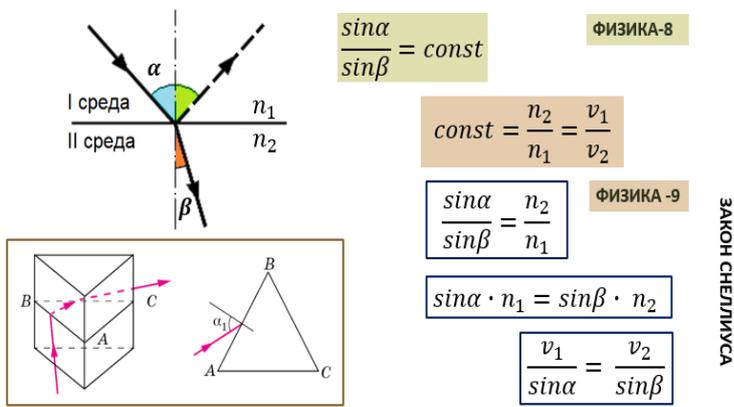
2.1.1. История открытия явления преломления света на границе двух сред и развития научных представлений о данном явлении.

Преломление лучей света на резкой границе двух прозрачных сред наблюдали и изучали еще древние греки, однако верную его формулировку впервые дал Виллеброрд Снелл ван Ройен (1580–1626), фамилию которого также произносят как Снеллиус на латинский манер. Независимо от Снеллиуса этот закон был выведен Рене Декартом (1596–1650) и представлен в 1637 году в его трактате «Диоптрика». Интересно отметить, что Декарт также объяснил с научной точки зрения явление радуги. [10]

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, с.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.

Зависимость угла преломления от угла падения описывается законом, открытым в 1621 году голландским физиком, математиком и астрономом

Виллебрордом Снеллиусом. 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



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \text{const}$$

ФИЗИКА-8

$$\text{const} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

ФИЗИКА-9

$$\sin \alpha \cdot n_1 = \sin \beta \cdot n_2$$

$$\frac{v_1}{\sin \alpha} = \frac{v_2}{\sin \beta}$$

ЗАКОН СНЕЛЛИУСА

угла преломления для двух данных сред есть величина постоянная» [4, с. 208]. Обозначим её *const.* (рис.2). **Закон Снеллиуса** также может быть описан с точки зрения волновой теории Френеля–

Рис.2

Гюйгенса: каждая точка поверхности

раздела, как только в нее пришло периодическое возмущение падающей волной, становится источником вторичных сферических волн, огибающая которых во второй среде образует преломленный луч, имеющий другой угол к нормали. Вторичные волны в первой среде образуют отраженную волну, для которой угол падения равен углу отражения.[8]

Этот рис.3 коротко рассказывает о преломлении светового луча на разделе двух сред. (В приложении 1 можно посмотреть рис.1,2,3 и таблицу 1)

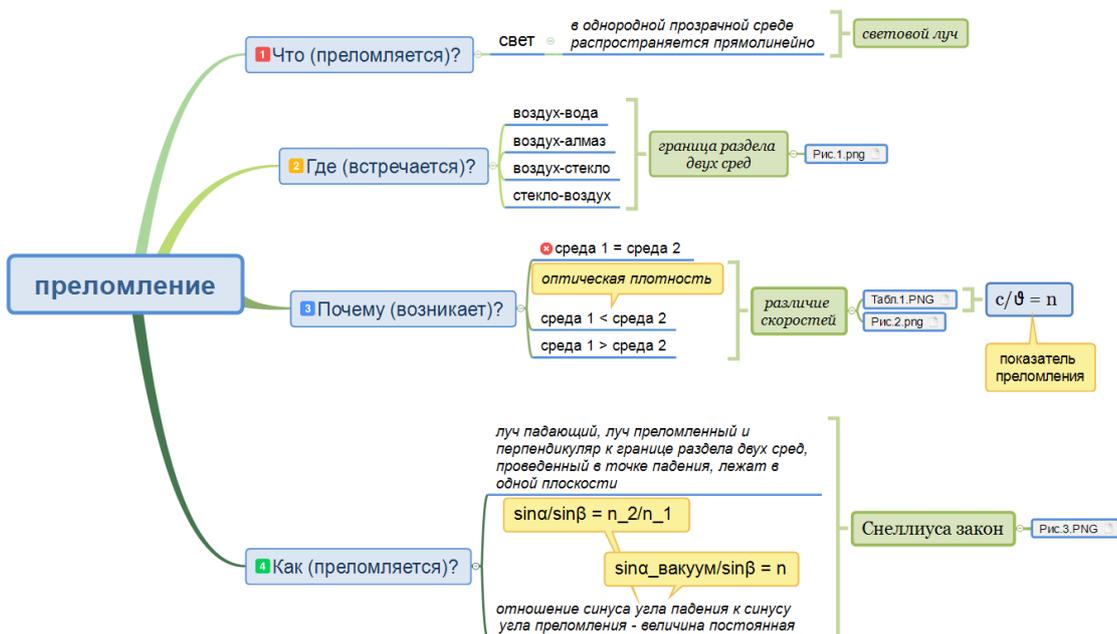


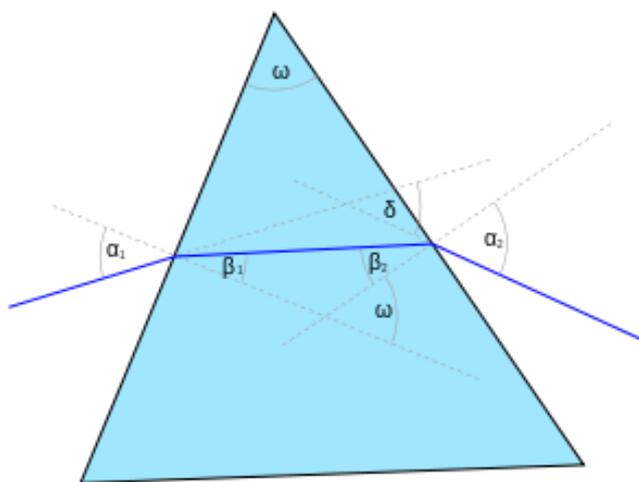
рис.3

Начальных представлений учащихся о синусах острых углов прямоугольного треугольника, полученных в курсе геометрии 8 класса [7], 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, с.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, с.208].

2.1.2. Оптическая призма. Ход светового луча сквозь оптическую призму.

Призма - оптический элемент из прозрачного материала (например, оптического стекла) в форме геометрического тела — призмы, имеющий плоские полированные грани, через которые входит и выходит свет, свет в призме при этом преломляется. [12, с.2]. Рабочие и нерабочие поверхности призмы — плоскости. Различают *преломляющие* рабочие поверхности призмы, через которые световой пучок входит в призму и выходит из нее, и *отражающие* поверхности призмы, от которых пучок отражается при прохождении внутри призмы. Число рабочих граней и взаимное их расположение определяет ход пучка внутри призмы и все преобразования пучка, которые при этом происходят. *Если осевой луч проходит внутри призмы в одной плоскости, то такую призму называют плоской.* Если осевой луч идет в двух плоскостях, — такая призма называется пространственной. *Сечение призмы плоскостью, в которой проходит осевой луч пучка, называется главным сечением призмы;* у плоских призм одно главное сечение, у пространственных главных сечений столько, сколько плоскостей, в которых проходит осевой луч. Важнейшей характеристикой призмы является

показатель преломления материала, из которого она изготовлена. Рассмотрим простейший тип призмы — треугольную призму, то есть тело, представляющее собой геометрическую фигуру призма с двумя треугольными основаниями и тремя боковыми гранями в форме прямоугольников.



На рисунке 4 показано сечение треугольной призмы плоскостью, параллельной её основаниям. Обозначения: δ — угол отклонения, ω — преломляющий угол призмы, α_1, β_2 — углы падения, соответственно, входящего через боковую грань призмы луча и луча, выходящего через другую её боковую

Рис.4. Путь лучей в треугольной призме — грань, β_1, α_2 — углы преломления этих двух лучей соответственно. На данном рисунке материал призмы — оптически более плотная среда, чем её окружение, поскольку угол падения входящего луча больше его угла преломления. То есть относительный показатель преломления этого материала — больше единицы, обозначим его n . Самая простая формула для угла отклонения получается, если предположить, что преломляющий угол призмы и угол падения входящего луча малы. Тогда будет мал и угол α_2 , а значит, малы будут и углы β_1, β_2 . По закону преломления света: $\alpha_1 \approx \sin \alpha_1 = n \cdot \sin \beta_1 \approx n \cdot \beta_1, \alpha_2 \approx \sin \alpha_2 = n \cdot \sin \beta_2 \approx n \cdot \beta_2$. Учитывая, что сумма углов четырёхугольника равна 2π и принимая во внимание, что $\omega = \beta_1 + \beta_2$: $\pi - \delta + \pi - \omega + \alpha_1 + \alpha_2 = 2\pi, \delta = \alpha_1 + \alpha_2 - \omega \approx n \cdot (\beta_1 + \beta_2) - \omega = n \cdot \omega - \omega = (n - 1) \cdot \omega$ Таким образом, при малом угле падения входящего луча имеем приближённую формулу для угла отклонения: (1) $\delta \approx (n - 1) \cdot \omega$ [12,с.3]

Потенциальная возможность объяснения художественных эффектов, представленных на рисунке 1 путем построения хода световых лучей

при различных взаимных положениях объекта, фотокамеры и призмы практически реализуется в ограниченном числе случаев, в связи со значительной трудоемкостью проведения подобных построений с помощью транспортира, линейки, карандаша и бумаги. Решение этой задачи обуславливает потребность создания динамической компьютерной модели средствами GeoGebra или любой другой системы динамической математики. Что может являться предметом междисциплинарного учебного проекта.

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

Есть у меня шестерка слуг, проворных, удалых. И все, что вижу я вокруг, - все знаю я о них. Они по знаку моему являются в нужде. Зовут их: Как и Почему, Кто, Что, Когда и Где.

Редьярд Киплинг, английский писатель, поэт и журналист.

Давайте, по этой схеме, объясним понятие синуса острого угла прямоугольного треугольника, которое нам понадобится. (См. таблицу 1)

Что (это)?	Где (встречается)?	Почему (для острых углов)?
Отношение противолежащего катета к гипотенузе[3,с. 154], принимает значение от 0 до 1 включительно. $\sin(\alpha)=a$, $\arcsin(a)=\alpha$	Закон Снеллиуса, решение прямоугольных треугольников	Угол падения и преломления светового луча острый
Как (вычислять)?	Когда (мы будем вычислять)?	Кто (ввел)?
По таблице Брадиса, по таблице острых значений для равнобедренного и прямоугольного треугольника с углом 30^0 , а также с помощью программы Geogebra.	При построении хода светового луча воздух(n_1) – стекло (n_2), стекло (n_2) – воздух(n_1)	Арьябхата- индийский астроном, математик.

Таблица 1. В приложении 2 можно посмотреть интеллект-карту

Также нужно уметь строить перпендикулярные прямые. Одним из математико-технических решений, которое может быть реализовано учащимися в ходе проекта, является построение стационарной модели треугольника, задаваемой тремя параметрами (двумя сторонами и углом между ними). Относительно сторон треугольника перемещаются векторные цепи, изображающие направления хода четырех световых лучей. Положение каждого луча задается точкой падения светового луча на сторону треугольника и углом наклона этого луча к прямой, перпендикулярной стороне треугольника. Компьютерное моделирование хода луча в треугольной призме требует опережающего изучения понятия арксинус для острых углов прямоугольного треугольника.

В ходе моделирования учащиеся сталкиваются с проблемой «**невыхислимости**», 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 [8], 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, с.209].

Логические основы, которые понадобятся для моделирования хода светового луча сквозь оптическую призму средствами GeoGebra.
Высказывание - это повествовательное предложение, про которое можно определенно сказать истинно оно или ложно (истина (логическая 1), ложь (логический 0)).

Логическое умножение или конъюнкция.

Конъюнкция - это сложное логическое выражение, которое считается истинным в том и только том случае, когда оба простых выражения являются истинными, во всех остальных случаях данное сложенное выражение ложно.

Обозначение: $F = A \& B$. [11, с.17].

Логическое сложение или дизъюнкция:

Дизъюнкция - это сложное логическое выражение, которое истинно, если хотя бы одно из простых логических выражений истинно и ложно тогда и только тогда, когда оба простых логических выражения ложны.

Обозначение: $F = A \vee B$. [11, с. 17].

Логическое отрицание или инверсия:

Инверсия - это сложное логическое выражение, если исходное логическое

выражение истинно, то результат отрицания будет ложным, и наоборот, если исходное логическое выражение ложно, то результат отрицания будет истинным. Обозначение: $F = \neg A$. [11, с. 20].

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

2.2.1. Художественные эффекты сближения и переворачивания: сущность и коллекция фотографий, демонстрирующих эффект. (См. приложение 3)

Фотографируя с призмой, достаточно приложить её к объективу и повернуть до тех пор, пока не получится нужный эффект. Из-за того, что свет преломляется перед прохождением через объектив, в большинстве ситуаций получаются совершенно удивительные и непредсказуемые результаты. Четких правил, как и под каким углом, держать призму, нет. Ориентируйтесь на освещение, с которым работаете и эффект, которого пытаетесь добиться. На самом деле потенциал просто огромен, поэтому не ленитесь экспериментировать и делать много снимков. Как только увидите в видоискателе или на экране интересный блик, сразу же спускайте затвор, второго шанса может не быть.

2.2.2. Поиск научного объяснения эффектов сближения и переворачивания методом компьютерного эксперимента с динамической моделью хода световых лучей сквозь оптическую призму.

Инструкция

по созданию динамической модели хода светового луча сквозь оптическую призму.

Динамическая модель – компьютерная модель объектов реального мира, сохраняющая заданные свойства при любых преобразованиях.

Свойства оригинала, сохраняемые моделью	Упрощающие искажения свойств оригинала
1. Форма главного сечения призмы (используйте форму основания вашей оптической призмы)	1. Моделью призмы является многоугольник, получаемый при пересечении бокового ребра призмы плоскостью, ему перпендикулярной.
2. Размеры главного сечения оптической призмы (измерьте основание своей призмы)	Примечание: для правильной треугольной призмы – это

	равносторонний треугольник.
3. Направление светового пучка определяется законами Снеллиуса, законом полного внутреннего отражения. Примечание: Если объяснение феномена требует учёта явления частичного отражения, то его сохраняйте, если нет, то не учитывайте.	2. Моделью источника света является точка. Она же изображает сам фотографируемый объект или крайнюю точку этого объекта Примечание: выбор зависит от значимости/не значимости размеров фотографируемого объекта для объяснения эффекта.
	3. Моделью фотопленки или экрана является прямая.
	4. Световой пучок изображается вектором или лучом (полупрямой).
4. Коэффициент преломления воздуха (1,000)	5. Коэффициенты считаются постоянными.
5. Коэффициент преломления стекла (найти в информацию в интернет для вашей оптической призмы или примите равным 1,5).	

Построение можно выполнять в GeoGebra Classic одного из двух типов:

1). Версии, устанавливаемой на персональный компьютер:

<https://www.geogebra.org/download> (выбирайте GeoGebra Classic 5 или 6).

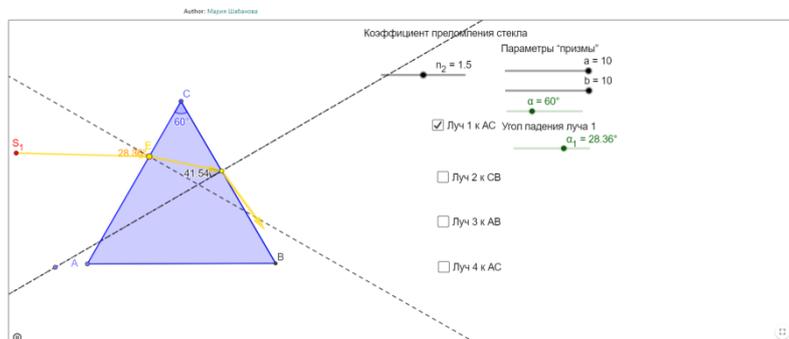
2). Онлайн версии: <https://www.geogebra.org/classic> .

Сохранять результаты своей работы можно на компьютере (формат ggb).

Если вы имеете аккаунт в GeoGebra, то можно сохранять на своей странице (экспорт в формате интерактивного динамического чертежа).

Образец результата можно посмотреть здесь:

<https://www.geogebra.org/m/dnvecscm>



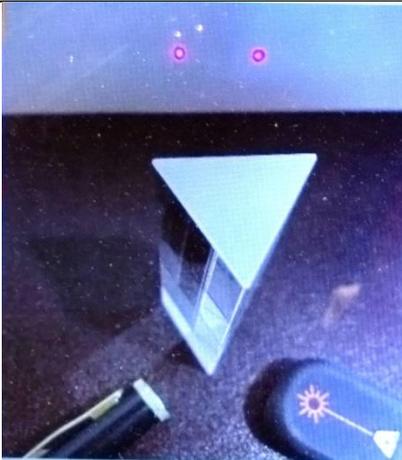
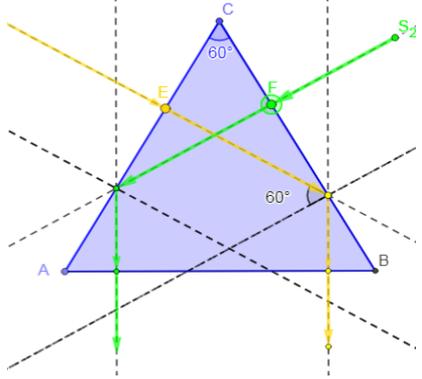
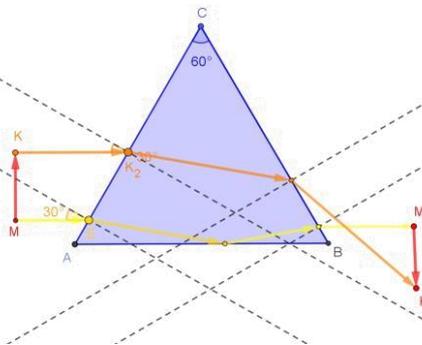
Примечание: вам не обязательно строить для разных призм, а только для своей призмы (без ползунков a , b , α и n_2). Количество лучей, которые вам нужно построить, зависит от того эффекта, который вы собираетесь

объяснить (сближение – 2 луча, падающие на разные грани; переворачивание и поворот – 2 луча, падающих на одну грань; клонирование – один луч, но с учетом эффекта частичного отражения).

2.2.3. Поиск научного объяснения эффектов сближения и переворачивания методом лабораторного физического эксперимента с оптической призмой.

Созданная учащимися динамическая модель хода луча в треугольной призме в сочетании с классическими средствами проведения физического эксперимента (источник, призма из оптического стекла, экран, камера) и программным приложением MuCam позволили дать научное объяснение рассматриваемым художественным эффектам при фотосъемке сквозь призму. В таблице 1 представлены этапы и результаты проведенной работы (см. табл. 2).

Таблица 2

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="1024 1279 1353 1391">Примечание: объектив камеры направлен на боковую грань призмы</p>
Эффект переворачивания		
 <p data-bbox="150 1888 504 2033">Примечание. Источник красного света находится над источником зеленого света</p>		 <p data-bbox="1024 1944 1353 2051">Примечание: объектив камеры направлен на боковое ребро призмы</p>

Экспериментальная проверка условия возникновения эффекта сближения

Цель работы: экспериментально проверить гипотезу о том, что эффект «сближения» возникает, если лазерные указки расположить приблизительно на расстоянии 4см друг от друга и лучи света направить на боковые грани призмы под прямым углом, находящиеся от лазерных указок на расстоянии 2см.

Оборудование: экран, источник света – две лазерные указки синего и красного цвета, правильная треугольная призма из оптического стекла, длина бокового ребра 8 см, длина основания призмы 2,5 см.

Экспериментальная проверка условия возникновения эффекта переворачивания

Цель работы: экспериментально проверить гипотезу о том, что эффект переворачивания возникает, если использовать штатив с подносом, на который положить призму и направить луч света на середину боковой грани. Лазерные указки закреплены на металлической подставке, находящейся от призмы на расстоянии 12 см.

Оборудование: то же.

Оснастка (дополнительные приспособления): четыре белые резинки высотой 1см, штатив, гладкая доска размером 40см x20см, металлическая подставка высотой 8см. Угол падения света можно менять.

Также при эксперименте нужно соблюдать *технику безопасности*, так как мы пользовались лазерной указкой. **Лазерная указка** - портативный квантово-оптический генератор когерентных и монохроматических электромагнитных волн видимого диапазона в виде узконаправленного луча. (Википедия)

Лазерное излучение представляет существенную опасность для глаз, так как это излучение хорошо фокусируется хрусталиком на сетчатке глаза, может вызвать ожоги кожи, представляет пожарную опасность.

2.2.4. Рекомендации по созданию художественных эффектов фотографированием сквозь оптическую призму. (Смотреть приложение б)

III. 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**. (См. приложение 5).

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 фотографированием сквозь оптическую призму. (См. приложение 6). Провели социологический опрос **среди обучающихся** 8 информационно-математического класса, 9 информационно-математического класса №2 и 10 медицинского №2 класса для выяснения значимости изучения данной темы «Мир сквозь призму». (См. приложение 4).

Таким образом, мы доказали гипотезу, что **призма**, действительно тот предмет, с помощью которого можно получить **художественные эффекты**, такие как сближение и переворачивание при фотографировании. За эффект

«сближения» отвечал Емельянов Константин, а за эффект «переворачивания» Балухтин Тимур. В целом работали совместно. Действительно, красота мимолетна, время скоротечно, а фотография – вечна! Открывайте мир через призму фотоаппарата

IV. 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]. Прикладная оптика: учебное пособие / Е.М. Гоголева, Е.П. Фарафонтова. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. 184 с.

[7]. Теория и методика обучения физике в школе: Частные вопросы: Учебное пособие для студ. пед. вузов / Под ред. С.Е. Каменецкого. М: Академия, 2000. 384 с.

[8]. Федосов И.В. Геометрическая оптика: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Саратов САТЕЛЛИТ, 2008. 92 с.

[9]. Статья «Как фотографировать с призмой», автор: Dahlia Ambrose 19/01/2020 . Источник: lightstalking.com Перевод: [Алексей Шаповал](#)

[10]. Открытие закона преломления света. decoder.ru

[11]. Депман И.Я. Первое знакомство с математической логикой, Ленинград, 1963. 56 с.

[12]. Использование призм, клинов и прозрачных пластинок в оптических системах. Методическое пособие при подготовке к олимпиадам. Московский физико-технический институт. Паркевич Е.В., М., 2014. 21с.

V. Приложения

Приложение 1

Таблица 1

Среда	Скорость, км/с
Вакуум	300 000
Воздух	299 704
Лед	228 782
Вода	225 341
Стекло	200 000
Рубин	170 386
Алмаз	123 845

рис.1

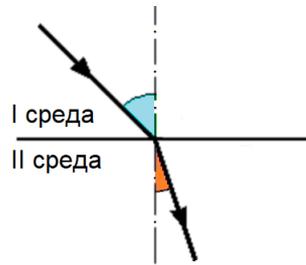
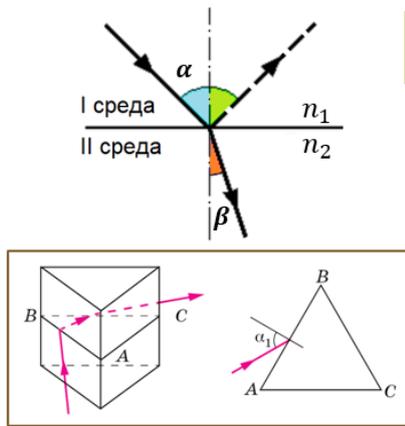
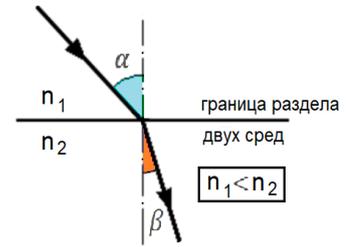


рис.2



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \text{const}$$

ФИЗИКА-8

$$\text{const} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

ФИЗИКА -9

$$\sin \alpha \cdot n_1 = \sin \beta \cdot n_2$$

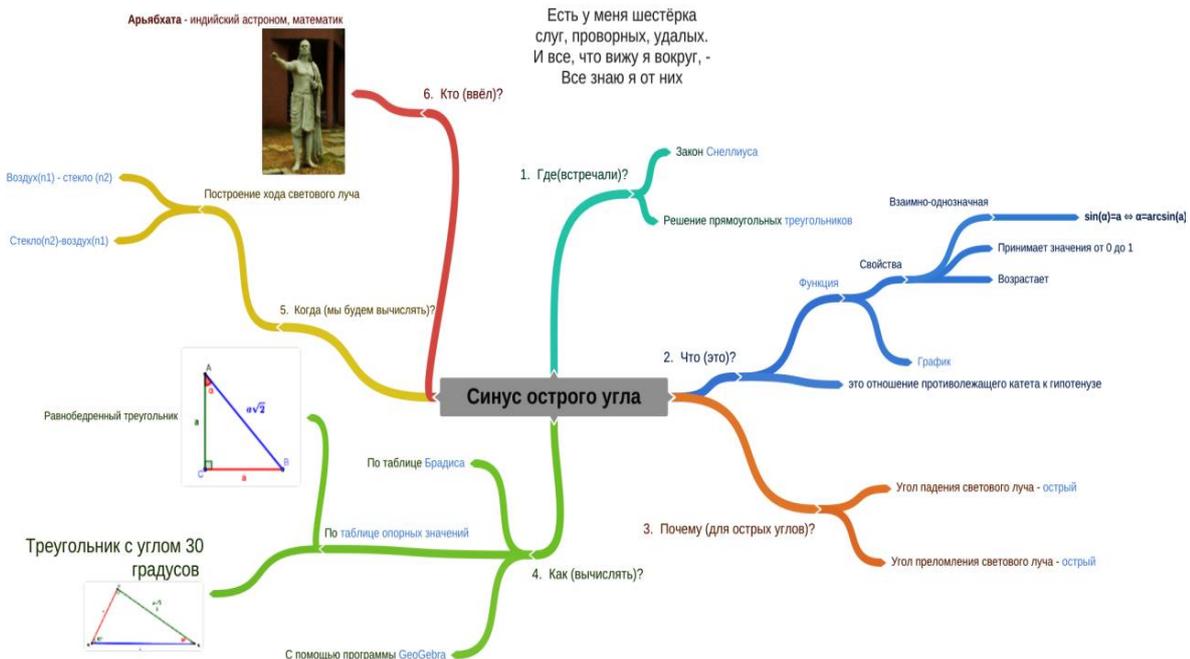
$$\frac{v_1}{\sin \alpha} = \frac{v_2}{\sin \beta}$$

ЗАКОН СНЕЛЛИУСА

рис.3

Приложение 2

Интеллект-карта

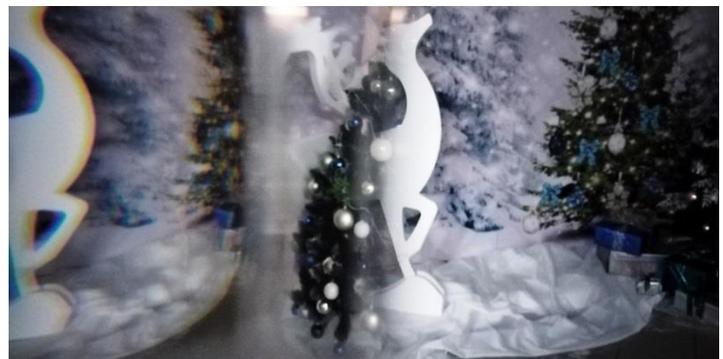


Приложение 3

Коллекция фотографий, демонстрирующих художественный эффект



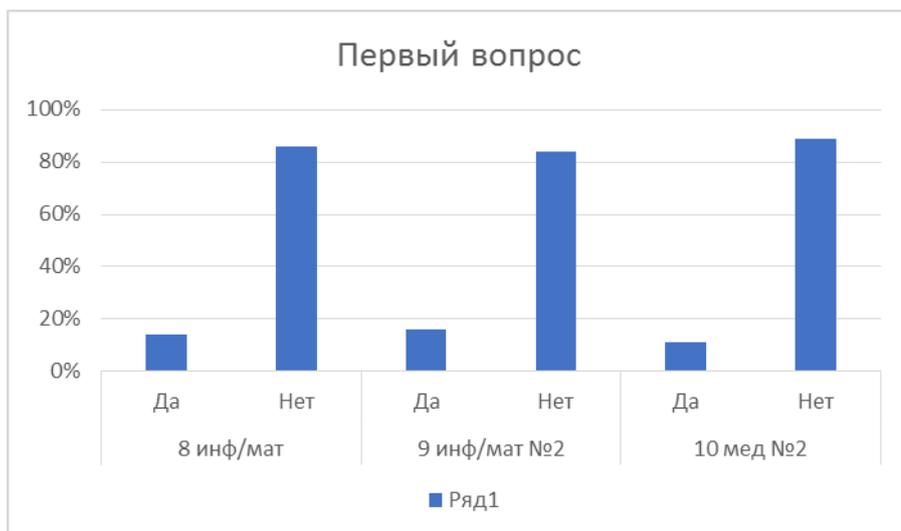




Приложение 4. Результаты социологического опроса.

Анкетирование среди обучающихся 8 информационно-математического класса, 9 информационно-математического класса №2 и 10 медицинского №2 класса для выяснения значимости изучения данной темы «Мир сквозь призму». В анкетировании приняло участие 68 человек.

При ответе на первый вопрос: *вы когда-нибудь пробовали фотографировать сквозь призму?* 8 инфмат:86% респондентов не фотографировали сквозь призму, 14 % -да. Это те ребята, которые участвуют в проекте.



9информационно-математический №2:84% респондентов не фотографировали сквозь призму, 16 % -да. 10 медицинский класс №2: 89% респондентов не фотографировали сквозь призму, 11 % -да.

При ответе на *второй вопрос: как вы думаете, какие художественные эффекты могут при этом получиться?* В 8 классе были следующие ответы: изменение формы фотографируемых предметов- 60%;силуэты- 20%, приближение -10%,раздвоение -10%.



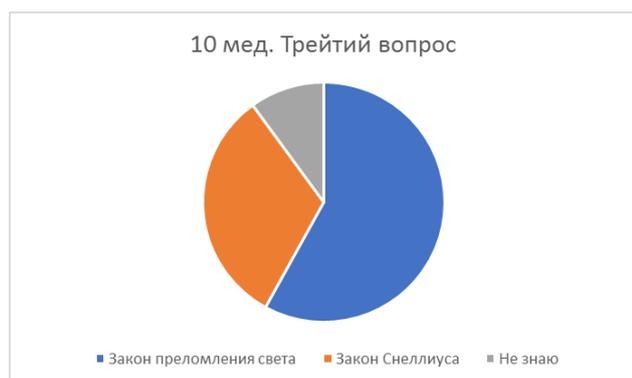
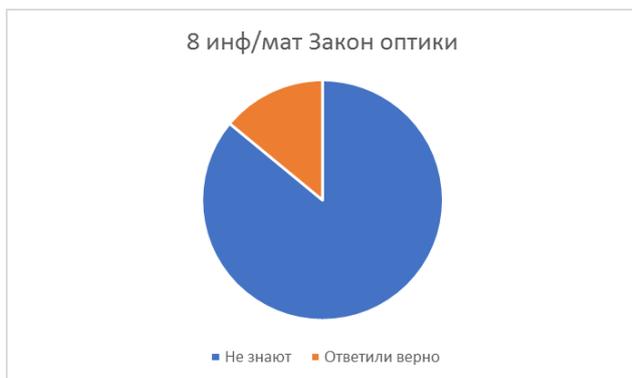
В 9 классе при ответе на второй вопрос были следующие ответы:

не знаю-20%,блики-12%,эффект радуги-28%, раздвоение – 40%. В 10 классе: искажение-8%, радуга-16%, раздвоение -24%, деформация предметов 12%,

«разнообразные» узоры-15%, переворачивание -10%, приближение -15%.

При ответе на третий вопрос, *какой закон физики положен в основу научного объяснения художественных эффектов?*

Ребята 8 класса не знают закона оптики, который положен в основу научного объяснения художественных эффектов и это понятно, так как они этого не изучали. 86% -не знают, 14% ответили верно.

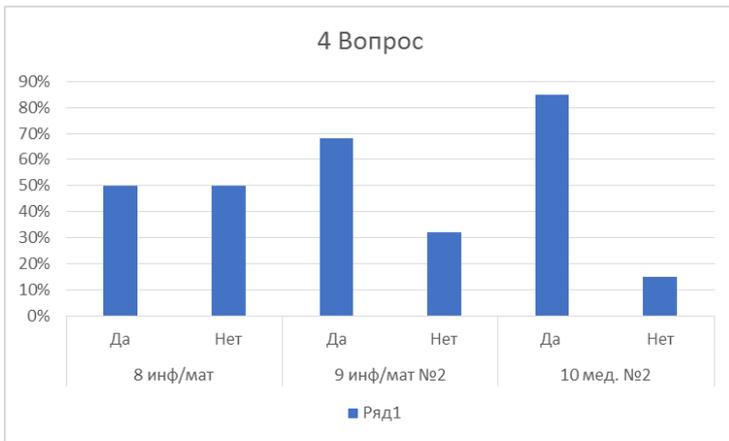


Девятиклассники при ответе на третий вопрос, ответили так: закон преломления света или закон оптики – 80%, 20% не знают. Название закона Снеллиуса пока никто не знает. 10 класс знает гораздо больше.

Ответы были следующими: закон преломления света- 58%, закон Снеллиуса – 32%, не знаю -10%.

И, наконец, *на четвертый вопрос: хотели бы вы получить рекомендации по созданию художественного эффекта фотографированием сквозь оптическую призму.*

Как-то 8 класс не проявил особого интереса к рекомендациям по созданию художественных эффектов. 50% - да, 50%-нет. В 9 классе интерес повыше к данной теме. 68% хотят получить рекомендациям по созданию художественных эффектов, 32 -нет. А у 10 медицинский №2 очень высокий интерес к рекомендациям по созданию художественных эффектов:85% -да, 15% -нет. Это объясняется тем, что дети уже изучали оптику, имеют представление о преломлении света на разделе двух сред. **Из проведенного социологического опроса видно, что проект нуждается в изучении.**



Приложение 5

Коллекция собственных фотографий на общей карте Goggle.

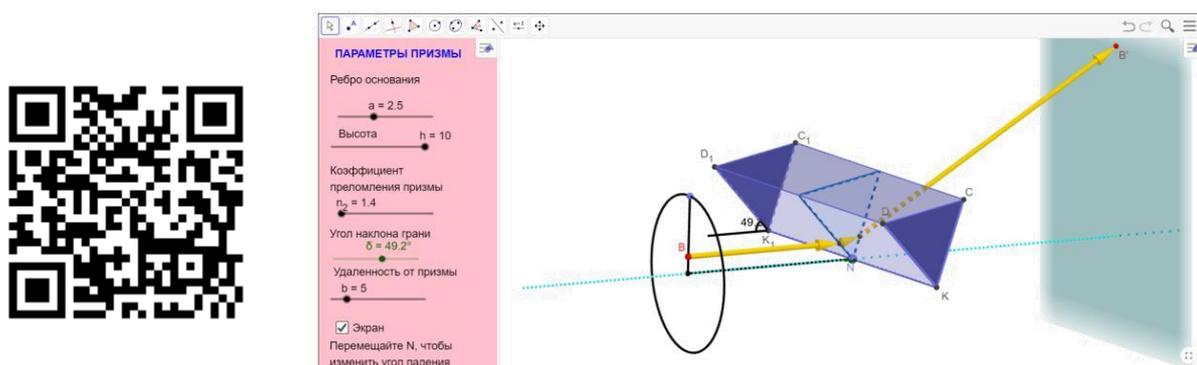
coggle
made for free at coggle.it



Приложение 6

2.2.4. Рекомендации по созданию художественных эффектов фотографированием сквозь оптическую призму.

Дальнейшее развитие знаний учащихся о преломлении света в курсе физики, переход к изучению стереометрии в старших классах общеобразовательной школы и изучение трехмерной графики и 3D моделирования в курсе информатики позволяют вернуться к вопросу о компьютерном моделировании хода луча сквозь оптическую призму в



рамках **второго** междисциплинарного проекта (Рисунок 6).

Рис. 6 Электронный ресурс «Трёхмерная модель прохождения лучей сквозь призму» с QR кодом для перехода к нему [2].

Традиционно обучение 3D моделированию в курсе информатики осуществляется на базе профессиональных пакетов программ (*Cinema4D*, *AutoCAD*, *Blender* и др.). Они уже содержат набор готовых объектов (примитивов) и инструментов для их преобразования. При этом математические основы 3D моделирования целесообразно раскрыть в программе GeoGebra, используемой учащимися на уроках математики.

Выполнение этого проекта дает новый импульс развитию знаний учащихся о феноменах преломления и отражения светового луча. Так, учащиеся по-новому осмысливают закон Снеллиуса, обращая внимание на ту его часть, в которой утверждается, что луч падающий, луч, преломленный и перпендикуляр, проведенный к границе раздела двух сред из точки падения луча, лежат в одной плоскости. При использовании этого

утверждения, учащиеся обнаруживают, что планиметрическое описание хода луча сквозь призму, возможно лишь при условии принадлежности угла падения главному сечению призмы, т.е. сечению перпендикулярному преломляющему (боковому) ребру [8]. В остальных случаях, как показывает рисунок 7, процесс моделирования требует обращения к нескольким плоскостям, задаваемым прямой, содержащей падающий на грань луч, и перпендикуляром к этой грани, восстановленным в точку падения ^{луча}

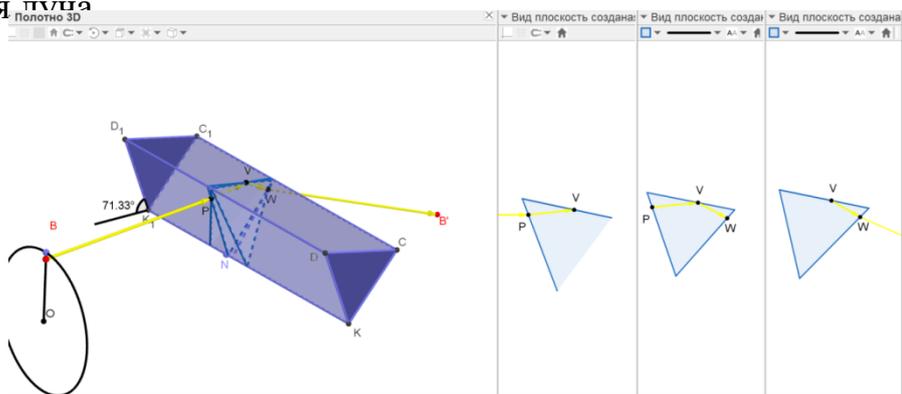


Рис. 7. Пространственный ход луча сквозь оптическую призму (3D - модель)

Следующий шаг в повышении наглядности компьютерной модели может быть сделан за счёт привлечения эффекта дополненной реальности (рис. 8).

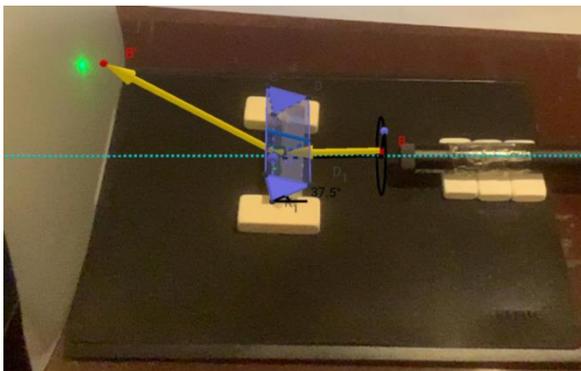


Рис.8. Совмещение компьютерного и лабораторного эксперимента средствами технологии дополненной реальности

Трёхмерная динамическая модель, представленная в дополненной реальности, позволяет собрать в единое целое результаты теоретического и чувственного познания, так как «окружающий нас мир мы воспринимаем и познаем, прежде всего, благодаря свету и нашим зрительным ощущениям» [7, с. 366]. Задачу на 3D моделирование хода светового луча сквозь призму

предпочтительнее ставить перед учащимися предпрофессиональных классов, так как эта работа носит профорientационный характер – она закладывает необходимую основу для изучения оптических систем с пространственным ходом светового луча, которые изучаются в вузовском курсе прикладной оптики [6].

Процесс съемки:

- Начните с того, чтобы расположить призму перед объективом в таком положении, которое, как вам кажется, даст интересный результат.
- Начните поворачивать и двигать призму в поисках необычных эффектов. Без метода проб и ошибок не обойтись.
- Начните помалу менять положение призмы и внимательно следите за тем, как это влияет на свет и другие эффекты, появляющиеся в результате преломления и отражения света.
- Учитывайте, что на результат влияет не только положение и наклон призмы, но также угол падающего света и его интенсивность.
- Поигравшись с разными призмами и объективами, вы поймете, какие комбинации характеристик обеспечивают определенные результаты, и сможете использовать это для создания более продуманных снимков.
- Лучше всего экспериментировать на улице в солнечные дни. Можно попробовать использовать призму при съемке в помещении, например, в студии, или во время ночной съемки.[9]

О чем стоит помнить:

- 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, пейзажи, природа, архитектура и т.д.
- Оказавшись в ситуации, когда свет играет против вас, попробуйте воспользоваться призмой. Таким образом, можно превратить скучный кадр во что-то интересное и необычное. Призмы отлично помогают в создании абстрактных фотографий