

**Всероссийская научно-практическая конференция обучающихся  
"Познаём. Исследуем. Проектируем"**

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Аксубаевская средняя общеобразовательная школа №1 имени  
В.Г.Тимирязова» Аксубаевского муниципального района Республики  
Татарстан

Учебно-исследовательская работа (проект)

**Удивительное-рядом: краски без красок**

Автор:

Винокуров Никита  
Сергеевич, ученик 9А  
класса,

Руководитель:  
Мингалеев Алид  
Самигуллович,  
учитель физики.

## Содержание

1.	Цель работы, гипотеза, методы исследования	2
2.	Введение. Удивительные явления природы, которые мы не всегда замечаем	3
3.	Механические волны. Поляризация волн. Отражение волн. Интерференция волн	3
4.	Явления, доказывающие, что свет-это тоже волна	5
5.	Объяснение меняющейся окраски крыльев бабочек, солнечного и лунного гало, цветов тонких пленок	5
6.	Применения структурной окраски	6
7.	Заключение, выводы	7
8.	Использованная литература	7

**Гипотеза:** Цвета могут образовываться и без красок.

**Цель:** Объяснить образование структурной окраски в явлениях природы.

**Задачи:**

1. Изучить свойства волн на примере механических.
2. Показать, что свет также является волной.
3. Объяснить образование цветов крыльев бабочек, мыльных пузырей, солнечного и лунного гало и схожих явлений.

**Методы исследования:**

1. Наблюдение явлений в природе.
2. Опытное изучение явлений.
3. Теоретическое изучение явлений с использованием учебной литературы, источников интернет.

# 1. Введение. Удивительные явления природы, которые мы не всегда замечаем

На одной из перемен между уроками в компьютере учителя мы увидели [видео бабочки](#) (фото 1), крылья которой, в основном яркие сине-фиолетовые, почему-то при взмахе приобрели бархатистые оттенки коричневого. Нам стало интересно, почему это происходит, ведь не могут же краски вдруг менять цвет. Так началось наше исследование, которое мы и хотим вам представить.



Фото 1

Оказалось, что в крыльях этой бабочки нет краски. Цвет без краски наблюдается во многих явлениях природы - это и радуга, и солнечное (фото 2) и лунное гало (фото 3) (фото и видео бабочки, солнечного гало сделаны нами в пгт Аксубаево), мыльные пузыри, трещины в стекле и во льду, пятна масел на поверхности воды. Объяснить эти явления можно, если свет считать волной.



Фото 2



Фото 3

**отражение, интерференция волн**

Поэтому мы и решили сначала узнать свойства волн на примере механических, их проще изучить.

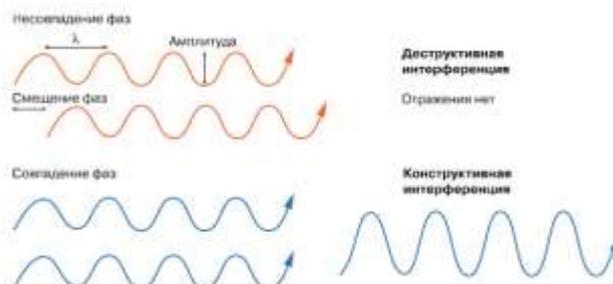
## 2. Механические волны. Поляризация, отражение, интерференция волн

Волну можно получить, ткнув, например, карандашом на поверхность воды. Точка, на которую мы воздействовали, выйдет из положения равновесия. Вода является упругой средой и оказанное нами воздействие будет передано и соседним точкам. В итоге колебание распространится от начальной точки, захватывая все новые и новые области.

**Возмущение, распространяющееся** с течением времени в пространстве, удаляясь от места их возникновения, называют **волной**.

Волны делятся на поперечные – если направление колебаний точек среды и направление распространения волны перпендикулярны – например, на воде, и, продольные, у которых два направления лежат на одной прямой – например, в горизонтальной пружине, в шнуре. (Все опыты в видеофрагментах по гиперссылкам).

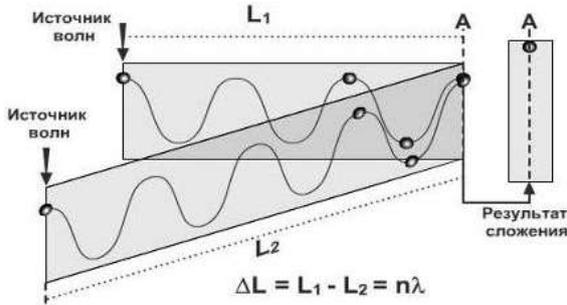
Ближе к теме нашего проекта поперечные волны. Как показывают проведенные нами опыты, поперечные волны отражаются от препятствий, **огибают** препятствия (дифракция) и волны, имеющие одинаковую разность фаз и частоту – когерентные – **накладываются**, образуя неизменную картину – это явление называется интерференцией. При этом волны в некоторых точках



усиливают друг друга – это максимумы, а в других взаимно ослабляются – это минимумы.

Для максимумов и минимумов должны выполняться условия:

Условие максимума.



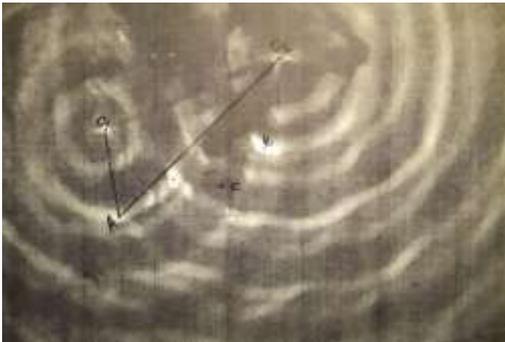
Пусть разность хода между двумя точками  $\Delta L = L_1 - L_2$ , тогда условие максимума:  $\Delta L = 2k * \frac{\lambda}{2}$ , т. е. на разности хода волн укладывается четное число

полуволн ( $k= 1, 2, 3, \dots$ ).

Условие минимума:

$\Delta L = (2k + 1) * \frac{\lambda}{2}$  т. е. на разности хода волн укладывается нечетное число полуволн ( $k= 1, 2, 3, \dots$ ).

Проверим, выполняются ли эти условия для проведенного нами опыта по интерференции волн на воде.



Точка А	Точка В	Точка С
$O_1A=43$ мм	$O_1B=85$ мм	$O_1C=69=70$ мм
$O_2A=120$ мм	$O_2B=45$ мм	$O_2C=75$ мм
$\Delta d=77 \approx 80$ мм	$\Delta d=40$ мм	$\Delta d=5$ мм
$\lambda=20$ мм	$\lambda=20$ мм	$\lambda=20$ мм
$\Delta d = 8 * \frac{\lambda}{2} = 8 * 10$	$\Delta d = 2 * \frac{\lambda}{2} = 2 * 10$	$\Delta d = 1 * \frac{\lambda}{2} = 1 * 10$
максимум	максимум	минимум

Как видим (все расчёты в таблице), условия максимума-минимума действительно выполняются.

В опыте со шнуром, пропущенным через две узкие щели, можно обнаружить поляризацию – если щели параллельны друг другу – волна через них проходит, причем только в плоскости щелей. Если же щели перпендикулярны – поперечная волна через них не проходит. (Все свойства показаны в видеофрагментах приложения).

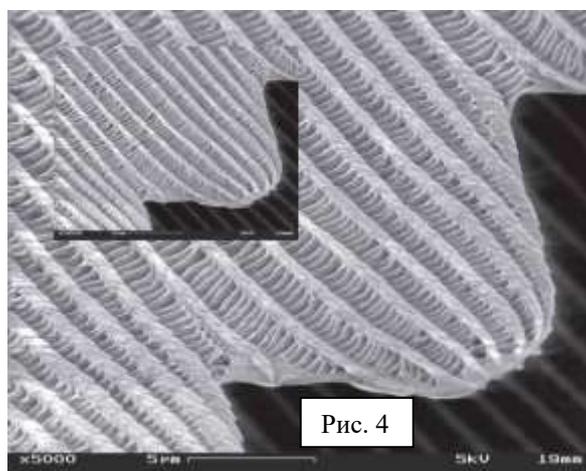
### 3. Явления, доказывающие, что свет-это тоже волна

Используя пленки – поляроиды, которые можно получить, разобрав жидкокристаллический монитор, мы увидели, что свет поляризуется, а значит, является поперечной волной. Не менее убедительно это доказывает дифракция – свет огибает препятствия, а две части волны, обогнувшие препятствие с разных сторон, интерферируют.

### 4. Объяснение меняющейся окраски крыльев бабочек, солнечного и лунного гало, цветов тонких пленок

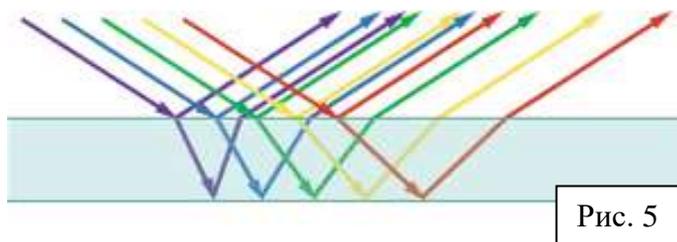
Есть бабочки, крылья которых имеют сложную рельефную поверхность (см. рис. 4 – фотографию крыла бабочки под микроскопом).

Свет отражается от регулярно расположенных структур крыла.



Световые волны, отраженные от разных участков, будут когерентны как части одной исходной волны. Мы уже знаем, что в таком случае эти волны будут интерферировать и мы увидим какую-то определенную окраску крыла.

Крылья других бабочек покрыты тонким прозрачным слоем специального вещества. Свет сначала отражается от внешней поверхности наружного покрытия



крыла бабочки (рис. 5), а затем от внутренней. Эти две волны, встречаясь в пространстве, складываются. Где-то они усиливают друг друга – это области интерференционных максимумов, в других местах ослабляют – это минимумы.

Аналогично можно объяснить цвета мыльных пузырей, пленок масла на воде. Солнечное гало наблюдается в моменты резкого похолодания зимой, когда водяной пар атмосферы, конденсируясь, превращается в очень мелкие льдинки. Льдинки парят в воздухе, их грани хорошо отражают свет. Свет, отражённый от разных граней, интерферирует, и снова мы видим устойчивую цветную картину, образованную наложением световых волн.

## 5. Применения структурной окраски

Природные технологии — самые совершенные. Повторить их трудно, но начиная с 60-х годов XX века совместные исследования биологов, зоологов, физиков, химиков, математиков начали давать результаты в теоретической и практической биомиметике. В области колористики также начались первые попытки имитации структурной окраски. Безусловно, такая технология имела бы свои преимущества. Во-первых, синтез красителей — это довольно энергоёмкое и малоэкологичное производство. Во-вторых, структурная краска устойчива к свету в отличие от традиционной, которая практически всегда выцветает со временем. Но пока структурная окраска — это новая сложнейшая нанотехнология с кучей нерешенных проблем.

Например, уже описана технология получения из раствора пленок со структурной окраской. Первоначально полученные пленки были белыми — свет очень сильно рассеивался из-за дефектов в структуре кристаллической пленки. Но потом туда добавили частицы, которые поглощали рассеянный свет, и проявилась структурно окрашенная в синий цвет пленка. Кстати, крыло бабочек *Morpho* водоотталкивающие, ни в чем не уступает лотосу, и эту пленку тоже удалось сделать гидрофобной. Перспектива использования нового материала — самоочищающиеся окрашенные поверхности.

Исследовательская группа университета Калифорнии (Сан-Диего) в 2009 году получила новые полимерные материалы, изменяющие окраску под действием магнитного поля. В магнитном поле микросферы (наночастицы

оксидов железа), добавленные в полимер, ориентируются определенным образом и формируют фотонный кристалл, дающий цвет. Возможные области применения этой технологии — дисплеи, многократно используемая бумага со стирающимся текстом, защита ценных бумаг, экологически чистые пигменты, краски, косметика, чернила для печати и т. д.

Можно найти примеры случайной биомиметики в производстве текстиля. Так, определенная периодичность в структуре поверхности синтетических волокон приводит к интересным цветовым и тактильным эффектам. Такую ткань сделали в Японии — она называется «*shingosen*» (что буквально значит «новое синтетическое волокно» и созвучно названию известного сборника японской средневековой поэзии). Появились новые волокна с наноструктурированной геометрией поверхности. Специальная технология прядения, условия продавливания через фильеры расплава или раствора полимера и осаждения не только дают повышенную плотность волокон, но и формируют периодическую структуру на их поверхности. Такие волокна благодаря интерференции и рассеянию света ярко и радужно окрашены, как крылья бабочек. Кроме того, подобная структура поверхности улучшает смачиваемость гидрофобных синтетических волокон.

Текстильщики предлагают также «микроратерные» волокна, поверхность которых покрыта углублениями с диаметром несколько сот нанометров. Они хорошо рассеивают падающий свет, что углубляет окраску. Этот принцип в природе используют многие насекомые черного цвета.

Пока природа лучше, чем человек, справляется со многими задачами. Но человек понемногу учится делать все более сложные вещи, поэтому, может быть, завтра производство тканей цвета крыла тропической бабочки или морского перламутра станут рядовыми технологиями.

### ***Выводы:***

1. *В крыльях некоторых бабочек нет краски, они окрашены за счет интерференции света.*
2. *Цвета многих оптических явлений можно объяснить строением тел – это структурная окраска.*
3. *Ученые пытаются использовать явление структурной окраски для создания таких же ярких и невыцветающих, как в природе, красок.*

Литература:

1. П27. Физика: 9 класс: Учебник/ А.В. Перышкин, Е.М. Гутник-7-ое изд., перераб-Дрофа, 2019.-350,[2]с.
2. М99. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М Чаругин; под ред. Н.А. Парфентьевой.-М. : Просвещение, 2014. - 432 с.
3. Научно популярный журнал «Химия и жизнь» №11, 2010 г. Сайт <https://www.hij.ru/>  
[https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/431273/Strukturnaya\\_okraska](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431273/Strukturnaya_okraska)

Приложения:

1. Видеофрагмент Бабочка1 Trim-1
2. Видеофрагмент Волна В Пружине-1
3. Видеофрагмент Поляризация Мех 2-1
4. Видеофрагмент Поляризация Света2-1
5. Видеофрагмент Сложение Мех Волн-1