Министерство образования РФ

Калужский государственный педагогический

университет им. К.Э. Циолковского

Кафедра физики

**Оптические явления в атмосфере**

Калуга 2009

**Введение**

Целью данной курсовой работы является рассмотрение оптических атмосферных явлений и их физической природы. Из – за ограниченного объема работы, в ней описывается лишь некоторая часть подобных явлений, таких как объяснение цвета неба (не затрагивая время утренней и вечерней зори), радуги, гало, «ложных солнц», миражей и полярных сияний. Данные явления описаны в работе достаточно подробно. Менее подробно описаны явления возникновения солнечных столбов, призраков Броккена, венцов, огней святого Эльма и блуждающих огоньков.

Во второй части работы содержатся методические аспекты, касающиеся возможностей применения использованного материала в средних общеобразовательных школах.

Для большей наглядности, мною разработана презентация, содержащая редкие фотографии оптических атмосферных явлений, которая может использоваться как приложение к существующей курсовой работе, и в дополнение к уже содержащимся в ней наглядным элементам.

Большим плюсом работы, на мой взгляд, является не только ее научная направленность, но и явно выраженная направленность эстетическая. Надеюсь, Вам чтение курсовой доставит не меньшее удовольствие, чем мне – ее составление.

**Представления об оптике**

Первые представления древних ученых о свете были весьма наивны. Считалось, что из глаз выходят особые тонкие щупальца и зрительные впечатления возникают при ощупывании ими предметов. Тогда под оптикой понимали науку о зрении. Именно такой точный смысл слова «оптика». В средние века оптика постепенно из науки о зрении превратилась в науку о свете. Этому способствовало изобретение линз и камеры-обскуры. В современное время оптика - это раздел физики, в котором исследуется испускание света, его распространение в различных средах и взаимодействие с веществом. Что же касается вопросов, связанных со зрением, устройство и функционирование глаза, то они выделились в специальное научное направление, называемое физиологической оптикой.

Понятие "оптика", в совремённой науке, имеет многогранное значение. Это и атмосферная оптика, и молекулярная оптика, и электронная оптика, и нейтронная оптика, и нелинейная оптика, и голография, и радиооптика, и пикосекундная оптика, и адаптивная оптика, и многие другие явления и методы научных исследований, тесно связанные с оптическими явлениями.

Большинство из перечисленных видов оптики, как физическое явление, доступны нашему наблюдению только при использовании специальных технических устройств. Это могут быть лазерные установки, излучатели рентгеновских лучей, радиотелескопы, плазменные генераторы и многие другое. Но наиболее доступным и, вместе с тем, наиболее красочным оптическими явлениями являются атмосферные. Огромные по своим масштабам, они суть - порождение взаимодействия света и атмосферы земли.

**Земная атмосфера, как оптическая система**

Наша планета окружена газовой оболочкой, которую мы называем атмосферой. Обладая наибольшей плотностью у земной поверхности и постепенно разрежаясь с поднятием вверх, она достигает толщины более сотни километров. И это не застывшая газовая среда с однородными физическими данными. Наоборот, атмосфера земли находится в постоянном движении. Под воздействием различных факторов, её слои перемешиваются, меняют плотность, температуру, прозрачность, перемещаются на большие расстояния с различной скоростью.

Для лучей света, идущих от солнца или других небесных светил, земная атмосфера представляет собой своеобразную оптическую систему с постоянно меняющимися параметрами. Оказываясь на их пути, она и отражает часть света, рассеивает его, пропускает его сквозь всю толщу атмосферы, обеспечивая освещённость земной поверхности, в определённых условиях, разлагает его на составляющие и искривляет ход лучей, вызывая, тем самим, различные атмосферные явления. Наиболее необычные красочные из них это солнечный закат, радуга, северное сияние, мираж, солнечное и лунное гало.

# Науки, занимающиеся изучением световых явлений в атмосфере

# Метеорологическая оптика – занимается изучением атмосферных явлений, связанных с погодой (явления цвета неба и его окраски, поляризация небесного свода, явления миража и неправильного преломления и отражения света в атмосфере, мерцание звезд, радуга, круги и венцы около светил).

# Астрономия – подробно изучает явление рефракции (преломления света в атмосфере).

# Атмосферное электричество – занимается изучением атмосферных явлений электрического происхождения (молния, огни святого Эльма и др.).

# Атмосферная оптика – изучает преобразование солнечной энергии и теплового излучения самой атмосферы и подстилающейповерхности.

**Цвет неба**

Явление голубой окраски неба в течение дня, зависит исключительно от рассеяния света теми мелкими частицами, которые постоянно находятся в более чем достаточном количестве во взвешенном состоянии не только в нижних, но и в сравнительно высоких слоях атмосферы. Лордом Рэйлеем (Rayleigh) теоретически было доказано, что при достаточно малых размерах такие частицы обладают свойством отражать исключительно только лучи короткой длины волны, т. е. лучи голубые, синие, фиолетовые*.* Для понимания некоторых явлений субатомного мира полезно представить себе электроны прикрепленными к ядрам на жестких пружинах. Реакция электрона на воздействии электрического поля световой волны зависит от того, как частота волны соотносится с частотами собственных колебаний этой воображаемой пружины. Расчеты показывают, что чем короче длина световой волны, тем выше вероятность ее попадания в резонанс с собственными частотами возбуждения электронов и, соответственно, тем чаще электроны будут поглощать и вновь испускать фотоны соответствующей частоты. Следствием этого же эффекта взаимодействия света с атомами является и рассеяние света в среде. Свет, не вступавший во взаимодействие с атомами, доходит до нас напрямую. Поэтому, когда мы глядим не на источник света, а на рассеянный свет от этого источника, мы наблюдаем в нем преобладание коротких волн синей части спектра.

Вот почему небо выглядит синим, а Солнце желтоватым! Когда мы смотрим на небо в стороне от Солнца, вы видите там рассеянный солнечный свет, где преобладают короткие волны синей части спектра. Когда же вы смотрите непосредственно на Солнце, вы наблюдает спектр его излучения, из которого, путем рассеяния на атомах воздуха, удалена часть синих лучей, и изначально белый спектр Солнца смещается в желто-красную область при прохождении через атмосферу

[Чем](http://dic.academic.ru/dic.nsf/brokgauz_efron/113061/Чем) больше частиц в воздухе, тем ярче кажется нам его голубая окраска; чем дальше удаляемся мы по небесному своду от светила, служащего источником света, тем больше, следовательно, отражений от частиц претерпит дошедший до нас луч и тем синее покажется нам небесный свод. Наоборот, чем дальше удаляемся мы от земной поверхности, тем меньше взвешенных частиц встречают в атмосфере доходящие до нас лучи и тем темнее кажется нам небо; при подъемах на очень высокие горы, при высоких полетах на воздушных шарах наблюдатели видят почти совершенно черное небо.

При морозах, когда воздух переполнен плавающими в нем капельками тумана, окраска небосклона является очень яркой, — особенно, если условия, например. в больших городах, где воздух содержит массу пыли и копоти, благоприятствуют появлению тумана. Явления окраски неба в голубой цвет наблюдаются только при достаточно малых размерах отражающих лучи частиц; как только размеры этих последних перейдут некоторый предел, отражаемые ими лучи будут содержать и лучи других длин волн; — голубая окраска неба в этих случаях начинает переходить в белесоватую; а при достаточном количестве сравнительно крупных частиц небо может принять совершенно белый цвет, как это наблюдается, напр., при образовании обширных скоплений мелких ледяных кристалликов и иголочек, наблюдаемых нами в виде растянутых покровов перисто-слоистых облаков.

**Гало**

**Гало** (от [греч.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) χαλοσ — «круг», «диск»; также **а́ура**, **нимб**, **орео́л**) - это явление преломления и отражения света в ледяных кристалликах облаков верхнего яруса; представляют собой светлые или радужные круги вокруг Солнца или Луны, отделенные от светила темным промежутком. Гало часто наблюдаются в передней части циклонов (в [перисто-слоистых](http://meteoweb.ru/cl004-1-2.php) облаках на высоте 5-10 км их теплого фронта) и поэтому могут служить признаком их приближения. Иногда можно наблюдать и лунные гало.

Появляясь в воздухе при замерзании водяных капелек, ледяные кристаллы принимают обыкновенно одну из трех форм шестисторонних правильных призм: призмы, в которых длина очень велика по сравнению с их сечением; это (фиг. А на черт. 1) — всем известные ледяные иголочки, в морозные зимние дни массами реющие в самых нижних слоях атмосферы. Падая свободно в воздухе, такие иголочки располагаются длинной осью вертикально. Плоскости этих кристаллов, которые кружась, постепенно опускаются на землю, большую часть времени ориентированы параллельно поверхности. На восходе или закате, луч зрения наблюдателя может проходить через эту самую плоскость, и каждый кристалл может вести как миниатюрная линза, преломляющая солнечный свет.

А. Б. В.

[Черт](http://dic.academic.ru/dic.nsf/brokgauz_efron/113491/Черт). 1.

В другого рода призмах высота очень мала сравнительно с сечением; тогда получаются шестисторонние плоские таблички (фиг. Б на черт. 1). Иногда, наконец, ледяные кристаллики принимают форму призмы, сечение которой представляет собой шестилучевую звезду (ф. В на черт. 1). Падая на ледяные кристаллики, луч света, в зависимости от вида кристалла и его положения относительно луча, может прямо или пройти через него без преломления, или лучи должны претерпеть в них не только преломление, но и целый ряд полных внутренних отражений. Так как две смежные грани подобного кристалла образуют угол в 120°, то произвольно падающий на одну из них луч света вообще не может выйти через соседнюю грань, не претерпев полного внутреннего отражения; для того, чтобы он вышел, необходимо, чтобы при показателе преломления 1,31 (для льда) призма имела преломляющий угол не более 90°31'. Через две несмежные грани луч света пройти может, так как они составляют между собой углы в 60°, но при этом должен претерпеть преломление и разложение на цвета. Наконец, встречая ребро призмы, образуемое пересечением основания с боковыми гранями под углом в 90°, луч пройдет через кристалл после преломления. Приложенный рисунок схематически изображает наиболее часто наблюдаемые явления. В действительности очень редко, конечно, удается наблюдать явление, все части которого были бы одинаково ярки и отчетливо видны: обыкновенно то та, то другая его часть развита ярче и характернее, остальные или наблюдаются весьма слабо, или даже отсутствуют.

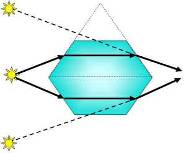


[Черт](http://dic.academic.ru/dic.nsf/brokgauz_efron/113491/Черт). 2.

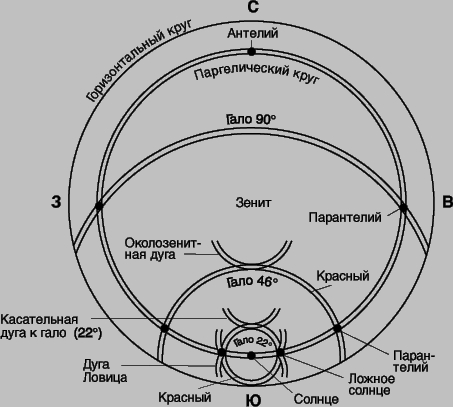
Обыкновенный круг или малое гало — это блестящий круг (черт. 2), окружающий светило, его радиус — около 22°; он окрашен в красноватый цвет с внутренней стороны, затем слабо заметен желтый, далее цвет переходит в белый и постепенно сливается с общим голубоватым тоном неба. [Пространство](http://dic.academic.ru/dic.nsf/brokgauz_efron/84063/Пространство) внутри круга кажется сравнительно темным; внутренняя граница круга резко очерчена. Круг этот образуется преломлением света в ледяных иглах, носящихся во всевозможных положениях в воздухе. Угол наименьшего отклонения лучей в ледяной призме — приблизительно 22°, поэтому все лучи, прошедшие сквозь кристаллики, должны показаться наблюдателю отклоненными от источника света по крайней мере на 22°; отсюда — темнота внутреннего пространства. Красный цвет, как наименее преломляемый, покажется и наименее отклоненным от светила; за ним идет желтый; остальные лучи, смешиваясь между собой, дадут впечатление белого цвета. Реже встречается гало с угловым радиусом 46градусов, располагающееся концентрически вокруг 22-градусного гало. Его внутренняя сторона тоже имеет красноватый оттенок. Причиной этого также является преломление света, происходящее в этом случае в ледяных иглах, обращенных к светилу углами в 90°; круг этот обыкновенно бледнее малого, но цвета в нем разделены резче. Ширина кольца такого гало превышает 2,5 градуса. Как 46-градусные, так и 22-градусные гало, как правило, имеют наибольшую яркость в верхней и нижней частях кольца. Изредка встречающееся 90-градусное гало представляет собой слабо светящееся, почти бесцветное кольцо, имеющее общий центр с двумя другими гало. Если оно окрашено, то имеет красный цвет на внешней стороне кольца. Механизм возникновения такого типа гало до конца не выяснен.

**Ложные солнца.**

Паргелический круг (или круг ложных солнц) - белое кольцо с центром в точке зенита, проходящее через Солнце параллельно горизонту. Он образуется из-за отражения солнечного света от граней поверхностей кристаллов льда. Если кристаллы достаточно равномерно распределены в воздухе, становится видимым полный круг. Паргелии, или ложные солнца, - это ярко светящиеся пятна, напоминающие Солнце, которые образуются в точках пересечения паргелического круга с гало, имеющими угловые радиусы 22, 46. и 90 градусов. Наиболее часто образующийся и самый яркий паргелий формируется на пересечении с 22-градусным гало, обычно окрашенный почти во все цвета радуги. Ложные солнца на пересечениях с 46- и 90-градусными гало наблюдаются гораздо реже.

* *

*А. Б.*

**

*В.*

Черт.3.

Говоря более подробно, паргелический круг — горизонтальная полоса (черт. 3), проходящая чрез светило, обязанная своим происхождением отражению света от вертикально направленных граней медленно падающих (черт. 3 А.) шестигранных кристалликов льда. Пересекаясь с малым гало, круг этот образует яркие, окрашенные пятна, — паргелии. В точках парагелия на расстоянии 46° от светила иногда наблюдаются подобные же, но более слабые пятна, это — вторичные паргелии. Касательные дуги получаются от преломления света, вступающего в кристаллы через одно из оснований, а выходящего через одну из граней. Различают околозенитную дугу касательную к большому гало сверху и обращенную вогнутостью к зениту; если светило достаточно высоко, удается иногда наблюдать соответственную дугу и снизу большого гало. Подробное строение парагелия можно рассмотреть на черт.3 В.

**Светящийся столб**

Бывает, что такое отражение солнечного света от маленьких кристалликов льда, плавающих в морозном воздухе, порождает светящийся столб.

**Световой**, или **солнечный**, **столб** представляет собой вертикальную полосу света, тянущуюся от [солнца](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%86%D0%B5) во время [заката](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D1%82) или [восхода](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D1%81%D1%85%D0%BE%D0%B4). Явление вызывается шестиугольными плоскими либо столбовидными ледяными кристаллами. Подвешенные в воздухе плоские кристаллы вызывают солнечные столбы, если солнце находится на высоте 6 градусов над горизонтом, либо позади него, столбовидные — если солнце находится на высоте 20 градусов над [горизонтом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%82). Кристаллы стремятся занять горизонтальную позицию при падении в воздухе, и вид светового столба зависит от их взаимного расположения.

**Венцы**

Следует отличать гало от венцов. Последние имеют меньший угловой размер (он обратно пропорционален диаметрам капель в облаке, поэтому по нему можно определить размеры капель в облаках) и объясняются дифракционным рассеянием лучей источника света на водяных каплях, образующих облако или туман. Явления венцов возникают в тонких водяных облаках, состоящих из мелких однородных капель (обычно это высококучевые облака) и закрывающих диск светила, за счет дифракции. Венцы возникают также в тумане около искусственных источников света. Основная, а часто единственная часть венца - светлый круг небольшого радиуса, окружающий вплотную диск светила (или искусственный источник света). Круг в основном имеет голубоватый цвет и лишь по внешнему краю - красноватый. Его называют также ореолом или короной. Он может быть окружен одним или несколькими дополнительными кольцами такой же, но более светлой окраски, не примыкающими вплотную к кругу и друг к другу. Радиус ореола 1-5°. Он обратно пропорционален диаметрам капель в облаке, поэтому по нему можно определить размеры капель в облаках.. В других случаях за пределами ореола видно не менее двух концентрических колец большего диаметра, очень слабо окрашенных. Это явление сопровождается радужными облаками. Иногда края очень высоко расположенных облаков окрашены в яркие цвета.

**Радуга**

В религиозных представлениях народов древности радуге приписывалась роль моста между землей и небом. В греко-римской мифологии известна даже особая богиня радуги – Ирида. Греческие ученые Анаксимен и Анаксагор считали, что радуга возникает за счет отражения Солнца в темном облаке. Аристотель изложил представления о радуге в специальном разделе своей «Метеорологии». Он считал, что радуга возникает благодаря отражению света, но не просто от всего облака, а от его капель.

В 1637 году знаменитый французский философ и ученый Декарт дал математическую теорию радуги, основанную на преломлении света. Впоследствии эта теория была дополнена Ньютоном на основании его опытов по разложению света на цвета с помощью призмы. Дополненная Ньютоном теория Декарта не могла объяснить одновременного существования нескольких радуг, различной их ширины, обязательного отсутствия в цветных полосах некоторых цветов, влияния размеров капель облака на внешний вид явления. Точную теорию радуги на основе представлений о дифракции света дал в 1836 году английский астроном Д. Эри. Рассматривая пелену дождя как пространственную структуру, обеспечивающую возникновение дифракции, Эри объяснил все особенности радуги. Его теория полностью сохранила свое значение и для нашего времени.

Радуга – это оптическое явление, возникающее в атмосфере и имеющее вид разноцветной дуги на небесном своде. Наблюдается она в тех случаях, когда солнечные лучи освещают завесу дождя, расположенную на противоположной Солнцу стороне неба. Центр дуги радуги находится в направлении прямой, проходящей через солнечный диск (хотя бы и скрытый от наблюдения тучами) и глаз наблюдателя, т.е. в точке, противоположной Солнцу. Дуга радуги представляет собой часть круга, описанного вокруг этой точки радиусом в 42°30' (в угловом измерении).

Наблюдатель иногда может одновременно увидеть несколько радуг – главную, побочную и вторичные. Главная радуга представляет собой цветную дугу на каплях удаляющейся дождевой пелены и возникает она всегда со стороны неба, противоположной Солнцу. При Солнце на горизонте высота верхнего края главной радуги составляет в угловой мере 42°30'. При подъеме Солнца над горизонтом видимая часть радуги понижается. Когда Солнце достигает высоты 42°30', для наблюдателя на земной поверхности радуга будет не видна, однако если в момент ее исчезновения подняться на башню или мачту корабля, то радугу можно увидеть снова.

При наблюдении с высокой горы или с самолета радуга может иметь вид полной окружности. Еще Аристотель математически доказал, что Солнце, местонахождение наблюдателя и центр радуги находятся на одной прямой. Поэтому чем выше над горизонтом поднимается Солнце, тем ниже опускается центр радуги. В пересеченной местности радугу можно наблюдать и на фоне ландшафта.

Интересно расположение цветов в радуге. Оно всегда постоянно. Красный цвет главной радуги расположен на ее верхнем крае, фиолетовый – на нижнем. Между этими крайними цветами следуют друг за другом остальные цвета в такой же последовательности, как в солнечном спектре. В принципе в радуге никогда не бывают представлены все цвета спектра. Чаще всего в ней отсутствуют или слабо выражены синий, темно-синий и насыщенный чисто красный цвета. С увеличением размеров капель дождя происходит сужение цветных полос радуги, сами же цвета становятся более насыщенными. Преобладание в явлении зеленых тонов обычно указывает на последующий переход к хорошей погоде. Общая картина цветов радуги имеет размытый характер, так как образуется она протяженным источником света.

Над главной радугой располагается побочная с чередованием цветов, обратным главной. Угловая высота верхнего края побочной радуги составляет 53°32'. Кроме того, со стороны фиолетового конца главной радуги иногда можно наблюдать радуги вторичные, преимущественной их окраской является зеленая и розовая. В редких случаях вторичные радуги отмечаются и со стороны фиолетового края побочной радуги. Вторичные радуги более широки в высоких слоях дождевой пелены, где капли дождя имеют меньшие размеры.

При искусственном воспроизведении явления в лаборатории удавалось получать до 19 радуг. Над водоемом могут наблюдаться дополнительные радуги, расположенные друг относительно друга неконцентрично. Для одной из них источником света является Солнце, для другой – его отражение от водной поверхности. В этих условиях могут встречаться и радуги, расположенные «вверх ногами».

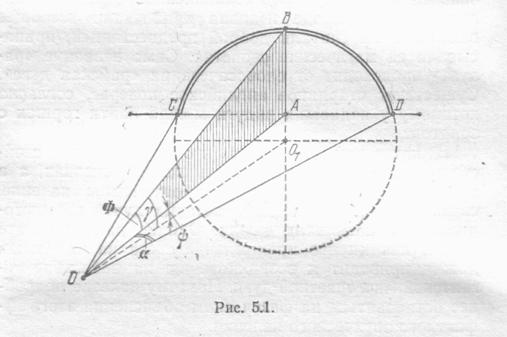
Ночью при лунном освещении и туманной погоде в горах и на берегах морей можно наблюдать белую радугу. Такой тип радуги может возникать и при воздействии солнечного света на туман. Она имеет вид блестящей белой дуги, с внешней стороны окрашенной в желтоватый и оранжево-красный цвета, а изнутри – в сине-фиолетовый.

Если радуга образована действием лунного света на капли дождя, то она выглядит белой. В некоторых случаях она кажется белой только вследствие малой интенсивности света. Такого типа радуга при укрупнении капель дождя может перейти в цветную. Наоборот, цветная радуга может потерять окраску, если дождь превратится в мелкокапельный туман. Как правило, при наличии мелких капель окраска радуги выражена слабо.

Радуга наблюдается не только на пелене дождя. В меньших масштабах ее можно увидеть на каплях воды у водопадов, фонтанов и в морском прибое. При этом в качестве источника света могут служить не только Солнце и Луна, но и прожектор.

***Строение радуги.***

Радуга может рассматриваться как гигантское колесо, которое как на ось надето на воображаемую прямую линию, проходящую через Солнце и наблюдателя.



На рисунке эта прямая обозначена как прямая OO1; O — наблюдатель, ОСD — плоскость земной поверхности, ÐAOO1 = j — угловая высота Солнца над горизонтом. Чтобы найти tg(j), достаточно разделить рост наблюдателя на длину отбрасываемой им тени. Точка O1 называется противосолнечной точкой, она находится ниже линии горизонта СD. Из рисунка видно, что радуга представляет собой окружность основания конуса, ось которого есть ОO1; j - угол, составляемый осью конуса с любой из его образующих (угол раствора конуса). Разумеется, наблюдатель видит не всю указанную окружность, а только ту часть ее (на рисунке участок СВD), которая находится над линией горизонта. Заметим, что ÐАОВ = Ф есть угол, под которым наблюдатель видит вершину радуги, а ÐАОD = a — угол, под которым наблюдатель видит каждое из оснований радуги. Очевидно, что

Ф + j = g (2.1).

Таким образом, положение радуги по отношению к окружающему ландшафту зависит от положения наблюдателя по отношению к Солнцу, а угловые размеры радуги определяются высотой Солнца над горизонтом. Наблюдатель есть вершина конуса, ось которого направлена по линии, соединяющей наблюдателя с Солнцем. Радуга есть находящаяся над линией горизонта часть окружности основания этого конуса. При передвижениях наблюдателя указанный конус, а значит, и радуга, соответствующим образом перемещаются.

Здесь необходимо сделать два пояснения. Во-первых, когда мы говорим о прямой линии, соединяющей наблюдателя с Солнцем, то имеем в виду не истинное, а наблюдаемое направление на Солнце. Оно отличается от истинного на угол рефракции.

Во-вторых, когда мы говорим о радуге над линией горизонта, то имеем в виду относительно далекую радугу — когда завеса дождя удалена от нас на несколько километров.

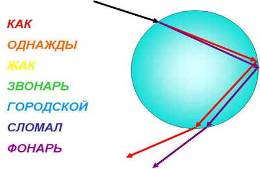
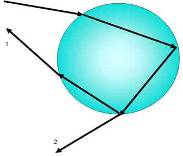
Можно наблюдать также и близкую радугу, на пример, радугу, возникающую на фоне большого фонтана. В этом случае концы радуги как бы уходят в землю. Степень удаленности радуги от наблюдателя не влияет, очевидно, на ее угловые размеры. Из (2.1) следует, что Ф = g - j.

Для основной радуги угол у равен примерно 42° (для желтого участка радуги) а для вторичной этот угол составляет 52°. Отсюда ясно, почему земной наблюдатель не может любоваться основной радугой, если высота Солнца над горизонтом превышает 42°, и не увидит вторичную радугу при высоте Солнца, превышающей 52°.

***Образование радуги.***

Основная радуга образуется за счёт отражения света в каплях воды. А побочная радуга образуется в результате двукратного отражения света внутри каждой капли. В этом случае лучи света выходят из капли под другими углами, чем те, которые дают основную радугу, и цвета в побочной радуге располагаются в обратной последовательности.

Ход лучей в капле воды: а - при одном отражении, б - при двух отражениях

А) Б)

Можно рассмотреть простейший случай: пусть на капли, имеющих форму шара, падает пучок параллельных солнечных лучей. Луч, падающий на поверхность капли, преломляется внутри нее по закону преломления:

**n1 sin α=n2 sin β**

где **n1=1, n2=1,33** - соответственно показатели преломления воздуха и воды, **α** - угол падения, а **β** - угол преломления света.

Внутри капли идет по прямой. Затем происходит частичное преломление луча и частичное его отражение. Надо заметить, что, чем меньше угол падения, тем меньше интенсивность отраженного луча и тем больше интенсивность преломленного луча. Луч после отражения попадает в другую точку, где также происходит частичное отражение и частичное преломление света. Преломленный луч выходит из капли под некоторым углом, а отраженный может пройти дальше и т. д. Таким образом, луч света в капле претерпевает многократное отражение и преломление. При каждом отражении некоторая часть лучей света выходит наружу и интенсивность их внутри капли уменьшается. Наиболее интенсивным из выходящих в воздух лучей является луч, первым вышедший из капли. Но наблюдать его трудно, так как он теряется на фоне ярких прямых солнечных лучей.

При рассмотрении образования радуги нужно учесть еще одно явление - неодинаковое преломление волн света различной длины, то есть световых лучей разного цвета. Это явление носит название дисперсии. Вследствие дисперсии углы преломления и угла отклонения лучей в капле различны для лучей различной окраски. Чем больше внутренних отражений испытают лучи в капле, тем слабее радуга. Наблюдать радугу можно, если Солнце находится позади наблюдателя. Поэтому самая яркая, первичная радуга формируется из лучей, испытавших одно внутреннее отражение. Они пересекают падающие лучи под углом около 42°. Геометрическим местом точек, расположенных под углом 42° к падающему лучу, является конус, воспринимаемый глазом в его вершине как окружность. При освещении белым светом будет получаться цветная полоса, причем красная дуга всегда выше фиолетовой.

**Призраки Броккена**

В некоторых районах земного шара, когда тень находящегося на возвышенности наблюдателя при восходе или заходе Солнца сзади него падает на облака, расположенные на небольшом расстоянии, обнаруживается поразительный эффект: тень приобретает колоссальные размеры. Это происходит из-за отражения и преломления света мельчайшими капельками воды в тумане. Описанное явление носит название "призрак Броккена" по имени вершины в горах Гарц в Германии.

**Огни святого Эльма**

Некоторые оптические явления в атмосфере (например, свечение и самое распространенное метеорологическое явление - молния) имеют электрическую природу. Гораздо реже встречаются огни святого Эльма - светящиеся бледно-голубые или фиолетовые кисти длиной от 30 см до 1 м и более, обычно на верхушках мачт или концах рей находящихся в море судов. Иногда кажется, что весь такелаж судна покрыт фосфором и светится. Огни святого Эльма порой возникают на горных вершинах, а также на шпилях и острых углах высоких зданий. Это явление представляет собой кистевые электрические разряды на концах электропроводников, когда в атмосфере вокруг них сильно повышается напряженность электрического поля.

**Блуждающие огоньки**

Слабое свечение голубоватого или зеленоватого цвета, которое иногда наблюдается на болотах, кладбищах и в склепах. Они часто выглядят как приподнятое примерно на 30 см над землей спокойно горящее, не дающее тепла, пламя свечи, на мгновение зависающее над объектом. Огонек кажется совершенно неуловимым и при приближении наблюдателя как бы перемещается в другое место. Причиной этого явления служит разложение органических остатков и самовозгорание болотного газа метана (СН4) или фосфина (РН3). Блуждающие огоньки имеют разную форму, иногда даже шаровидную.

(Mirage, Luftspiehelung) — атмосферическое явление, благодаря которому при известных обстоятельствах делаются в какой-либо местности видными предметы, действительное местонахождение которых вдали от места их наблюдения зрителем. Оно объясняется полным отражением лучей на границе двух слоев воздуха, имеющих различные температуры, если луч света падает с очень сильным наклоном на граничную плоскость.

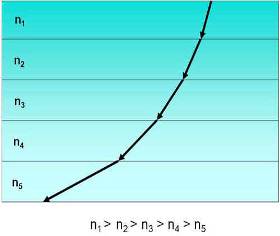
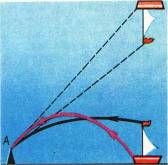
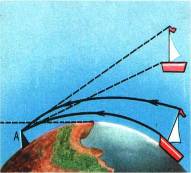
 

Рис. 1. А. Б.

Если зритель и отдаленный предмет находятся на лишь немного повышенных точках и между ними лежит сильно нагретая солнцем песчаная почва, сообщающая свою теплоту ближайшим слоям воздуха и тем нагревающая их сильнее слоев, выше расположенных, зритель видит предмет в его действительном положении при посредстве лучей, прямо от предмета идущих к нему, и во-вторых, в перевернутом положении, при посредстве лучей, сначала идущих от предмета книзу, потом, при встрече с более теплыми и поэтому более редкими слоями воздуха, подвергающихся отражению и идущих к глазу наблюдателя, видящего предмет как бы отраженным в воде. Это объяснение дал еще Монж в "M é moires de l'Institut d'Egypte". Если сильно нагретый теплый слой не внизу, но вверху наблюдателя и наблюдаемого предмета, находящихся в более плотном холодном слое, — может также получиться явление миража, но только по направлению кверху.

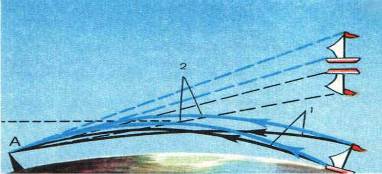


Рис.2. В.

Таким образом наблюдаемые в опрокинутом виде над горизонтом, например, корабли, башни, замки и т. д. суть изображения действительных предметов.

В некоторых местностях, в Неаполе, [Реджио](http://dic.academic.ru/dic.nsf/brokgauz_efron/86569/Реджио), на берегу Сицилийского пролива, на больших песчаных равнинах (утром, когда еще нижние слои воздуха холоднее верхних, уже согретых солнцем), в Персии, Туркестане, Египте, часто наблюдается это явление, называемое *фата-морганой*.

**Фата – моргана**

**Фа́та-морга́на** ([итал.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%8F%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *fata Morgana* — [фея Моргана](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%8F_%D0%9C%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B0), по преданию, живущая на морском дне и обманывающая путешественников призрачными видениями) — редко встречающееся сложное оптическое явление в [атмосфере](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0_%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B8), состоящее из нескольких форм [миражей](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D1%80%D0%B0%D0%B6), при котором отдалённые объекты видны многократно и с разнообразными искажениями.

Фата-моргана возникает в тех случаях, когда в нижних слоях атмосферы образуется (обычно вследствие разницы температур) несколько чередующихся слоёв воздуха различной плотности, способных давать зеркальные отражения. В результате отражения, а также и преломления лучей, реально существующие объекты дают на горизонте или над ним по нескольку искажённых изображений, частично накладывающихся друг на друга и быстро меняющихся во времени, что и создаёт причудливую картину фата-морганы.

**Некоторые виды миражей**

Из большего многообразие миражей выделим несколько видов: «озерные» миражи, называемые также нижними миражами, верхние миражи, двойные и тройные миражи, миражи сверхдальнего видения.

Нижние («озерные») миражи возникают над сильно нагретой поверхностью. Верхние миражи возникают, наоборот, над сильно охлажденной поверхностью, например над холодной водой. Если нижние миражи наблюдают, как правило, в пустынях и степях, то верхние наблюдают в северных широтах.

Верхние миражи отличаются разнообразием. В одних случаях они дают прямое изображение, в других случаях в воздухе появляется перевернутое изображение. Миражи могут быть двойными, когда наблюдаются два изображения, простое и перевернутое. Эти изображения могут быть разделены полосой воздуха (одно может оказаться над линией горизонта, другое под ней), но могут непосредственно смыкаться друг с другом. Иногда возникает еще одно - третье изображение (рис. 2.).

Особенно удивительны миражи сверхдальнего видения.

Известны случаи, когда они наблюдались и на расстояниях – до 1000км.

**Объяснение нижнего («озерного») миража**

Если воздух у самой поверхности земли сильно нагрет и, следовательно, его плотность относительно мала, то показатель преломления у поверхности будет меньше, чем в более высоких воздушных слоях. Изменение показателя преломления воздуха n с высотой h вблизи земной поверхности для рассматриваемого случая показано на рисунке 1, Б.

В соответствии с установленным правилом, световые лучи вблизи поверхности земли будут в данном случае изгибаться так, чтобы их траектория была обращена выпуклостью вниз.

Световой луч от некоторого участка голубого неба попадет в глаз наблюдателя, испытав указанное искривление. А это означает, что наблюдатель увидит соответствующий участок небосвода не над линией горизонта, а ниже ее. Ему будет казаться, что он видит воду, хотя на самом деле перед ним изображение голубого неба.

Если представить себе, что у линии горизонта находятся холмы, пальмы или иные объекты, то наблюдатель увидит и их перевернутыми, благодаря отмеченному искривлению лучей, и воспримет как отражения соответствующих объектов в несуществующей воде. Так возникает иллюзия, представляющая собой «озерный» мираж.

**Простые верхние миражи**

Можно предположить, что воздух у самой поверхности земли или воды не нагрет, а, напротив, заметно охлажден по сравнению с более высокими воздушными слоями; изменение n с высотой h показано на рисунке 1, а. Световые лучи в рассматриваемом случае изгибаются так, что их траектория обращена выпуклостью вверх. Поэтому теперь наблюдатель может видеть объекты, скрытые от него за горизонтом, причем он будет видеть их вверху как бы висящими над линией горизонта. Поэтому такие миражи называют верхними.

Верхний мираж может давать как прямое, так и перевернутое изображение. Прямое изображение возникает, когда показатель преломления воздуха уменьшается с высотой относительно медленно. При быстром уменьшении показателя преломления образуется перевернутое изображение.

**Двойные и тройные миражи**

Если показатель преломления воздуха изменяется сначала быстро (область 1), а затем медленно (область 2), то в этом случае лучи в области 1 будут искривляться быстрее, чем в области 2. В результате возникают два изображения. Световые лучи, распространяющиеся в пределах воздушной области 1, формируют перевернутое изображение объекта. Лучи, распространяющиеся в основном в пределах области 2, искривляются в меньшей степени и формируют прямое изображение (рис 2. Б.).

Чтобы понять, как появляется тройной мираж, нужно представить три последовательный воздушные области: первая (у самой поверхности), где показатель преломления уменьшается с высотой медленно, следующая, где показатель преломления уменьшается быстро, и третья область, где показатель преломления снова уменьшается медленно. На рисунке 2.В. показано, как возникает тройной мираж.

**Мираж сверхдальнего видения**

Природа этих миражей изучена менее всего. Ясно, что атмосфера должна быть прозрачной, свободной от водяных паров и загрязнений. Но этого мало. Должен образоваться устойчивый слой охлажденного воздуха на некоторой высоте над поверхностью земли. Ниже и выше этого слоя воздух должен быть более теплым. Световой луч, попавший внутрь плотного холодного слоя воздуха, как бы “запертым” внутри него и распространяется в нем как по своеобразному световоду. Траектория луча должна быть все время обращена выпуклостью в сторону менее плотных областей воздуха.

**Полярные сияния**

Полярное сияние — свечение (люминесценции) верхних слоёв атмосфер планет, обладающих магнитосферой, вследствие их взаимодействия с заряженными частицами солнечного ветра.

В эскимосских и индийских легендах говорится, что это духи животных танцуют в небе, или что это духи падших врагов, которые хотят пробудиться вновь.

В большинстве случаев полярные сияния имеют зеленый или сине-зеленый оттенок с изредка появляющимися пятнами или каймой розового или красного цвета.

Полярные сияния наблюдают в двух основных формах - в виде лент и в виде облакоподобных пятен. Когда сияние интенсивно, оно приобретает форму лент. Теряя интенсивность, оно превращается в пятна. Однако многие ленты исчезают, не успев разбиться на пятна. Ленты как бы висят в темном пространстве неба, напоминая гигантский занавес или драпировку, протянувшуюся обычно с востока на запад на тысячи километров. Высота этого занавеса составляет несколько сотен километров, толщина не превышает нескольких сотен метров, причем он так нежен и прозрачен, что сквозь него видны звезды. Нижний край занавеса довольно резко и отчетливо очерчен и часто подкрашен в красный или розоватый цвет, напоминающий кайму занавеса, верхний - постепенно теряется в высоте и это создает особенно эффектное впечатление глубины пространства.

**Различают четыре типа полярных сияний**

*Однородная дуга* - светящаяся полоса имеет наиболее простую, спокойную форму. Она более ярка снизу и постепенно исчезает кверху на фоне свечения неба;

*Лучистая дуга* - лента становится несколько более активной и подвижной, она образует мелкие складки и струйки;

*Лучистая полоса* - с ростом активности более крупные складки накладываются на мелкие;

При повышении активности складки или петли расширяются до огромных размеров, нижний край ленты ярко сияет розовым свечением. Когда активность спадает, складки исчезают и лента возвращается к однородной форме. Это наводит на мысль, что однородная структура является основной формой полярного сияния, а складки связаны с возрастанием активности.

Часто возникают сияния иного вида. Они захватывают весь полярный район и оказываются очень интенсивными. Происходят они во время увеличения солнечной активности. Эти сияния представляются в виде беловато-зеленой шапки. Такие сияния называют *шквалами.*

По яркости сияния разделяют на четыре класса, отличающиеся друг от друга на один порядок (то есть в 10 раз). К первому классу относятся сияния, еле заметные и приблизительно равные по яркости Млечному Пути, сияние же четвертого класса освещают Землю так ярко, как полная Луна.

Надо отметить, что возникшее сияние распространяется на запад со скоростью 1 км/сек. Верхние слои атмосферы в области вспышек сияний разогреваются и устремляются вверх. Во время сияний в атмосфере Земли возникают вихревые электрические токи, захватывающие большие области. Они возбуждают дополнительные неустойчивые магнитные поля, так называемые магнитные бури. Во время сияний атмосфера излучает рентгеновские лучи, которые, по-видимому, являются результатом торможения электронов в атмосфере.

Интенсивные вспышки сияния часто сопровождаются звуками, напоминающими шум, треск. Полярные сияния вызывают сильные изменения в ионосфере, что в свою очередь влияет на условия радиосвязи. В большинстве случаев радиосвязь значительно ухудшается. Возникают сильные помехи, а иногда полная потеря приема.

**Как возникают полярные сияния**



Земля представляет собой огромный магнит, южный полюс которого находится вблизи северного географического полюса, а северный - вблизи южного. Силовые линии магнитного поля Земли, называемые геомагнитными линиями, выходят из области, прилегающей к северному магнитному полюсу Земли, охватывает земной шар и входят в него в области южного магнитного полюса, образуя тороидальную решетку вокруг Земли.

Долго считалось, что расположение магнитных силовых линий симметрично относительно земной оси. Теперь выяснилось, что так называемый «солнечный ветер» - поток протонов и электронов, излучаемых Солнцем, налетают на геомагнитную оболочку Земли с высоты около 20000 км, оттягивает ее назад, в сторону от Солнца, образуя у Земли своеобразный магнитный «хвост».

Электрон или протон, попавшие в магнитное поле Земли, движутся по спирали, как бы навиваясь на геомагнитную линию. Электроны и протоны, попавшие из солнечного ветра в магнитное поле Земли, разделяются на две части. Часть из них вдоль магнитных силовых линий сразу стекает в полярные области Земли; другие попадают внутрь тероида и движутся внутри него, вдоль замкнутой кривой. Эти протоны и электроны в конце концов по геомагнитным линиям также стекают в область полюсов, где возникает их увеличенная концентрация. Протоны и электроны производят ионизацию и возбуждение атомов и молекул газов. Для этого они имеют достаточно энергии, так как протоны прилетают на Землю с энергиями 10000-20000 эв (1эв = 1.6 10 дж), а электроны с энергиями 10-20 эв. Для ионизации же атомов нужно: для водорода - 13,56 эв, для кислорода - 13,56 эв, для азота - 124,47 эв, а для возбуждения еще меньше.

Возбужденные атомы газов отдают обратно полученную энергию в виде света, наподобие того, как это происходит в трубках с разреженным газом при пропускании через них токов.

Спектральное исследование показывает, что зеленое и красное свечение принадлежит возбужденным атомам кислорода, инфракрасное и фиолетовое - ионизованным молекулам азота. Некоторые линии излучения кислорода и азота образуются на высоте 110 км, а красное свечение кислорода - на высоте 200-400 км. Другим слабым источником красного света являются атомы водорода, образовавшие в верхних слоях атмосферы из протонов прилетевших с Солнца. Захватив электрон, такой протон превращается в возбужденный атом водорода и излучает красный свет.

Вспышки сияний происходят обычно через день-два после вспышек на Солнце. Это подтверждает связь между этими явлениями. В последнее время ученые установили, что полярные сияния более интенсивны у берегов океанов и морей.

Полярные сияния могут возникать не только на Земле, но и на других планетах.

Полярное сияние на [Сатурне](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD_(%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B0)), комбинированный снимок в ультрафиолете и видимом свете (Hubble Space Telescope)

Но научное объяснение всех явлений, связанных с полярными сияниями, встречает ряд трудностей. Например, неизвестен точно механизм ускорения частиц до указанных энергий, не вполне ясны их траектории в околоземном пространстве, не все сходится количественно в энергетическом балансе ионизации и возбуждения частиц, не вполне ясен механизм образования свечения различных видов, неясно происхождение звуков.

**Парад суеверий. Методические аспекты**

В школьном курсе физики оптические атмосферные явления изучаются мало и достаточно поверхностно. Это объясняется определенной сложностью материала и сравнительно небольшим количеством часов физики, предусмотренным в средних общеобразовательных школах. Однако дополнительное изучение предмета все же возможно на факультативных занятиях. При этом большое значение играет наглядность материала и обращение к личному опыту учащихся по наблюдению за тем или иным оптическим явлением (если речь идет об учащихся средней полосы России, то чаще всего это касается наблюдение цвета неба, в том числе и при утренней и вечерней заре, радуги, реже – венцов или гало).

Изучение оптических явлений в школьном курсе осложняется еще и тем, что не все из них можно объяснить только с точки зрения физики. Иногда для объяснения приходится прибегать к другим наукам (например, при изучении северного сияния используются сведения из астрономии, которая преподается не во всех школах).

Если дело касается обучения в профильных филологических классах, то тут большее внимание следует уделять не подробному рассмотрению физических причин возникновения того или иного оптического явления, а связанных с ними легендах и суевериях. Это же относится и к учащимся 7-ых и 8-ых классов.

В профильных физико-математических классах, напротив, возможно наиболее полное и всестороннее рассмотрение указанных явлений.

Большой интерес у учащихся вызывают также оптические явления, до сих пор не получившие четкого физического объяснения. Здесь можно упомянуть о миражах сверхдальнего видения, хрономиражах, миражах-следовиках и других не совсем научных явлениях. Подобный материал лучше всего рассмотреть в специально проведенном уроке-заблуждении, либо если не позволяет время, можно затронуть его в рефераторной форме.

На современном этапе развития человечества, несложно объяснить, как возникают на небе светящиеся кресты, которые и в наш век пугают иных людей.

Научное объяснение гало - яркий пример того, как обманчива бывает порой внешняя форма какого-либо природного явления. Кажется, что-то крайне загадочное, таинственное, но при более подробном рассмотрении от «необъяснимого» не остается и следа.

Однако, на поиски рациональных объяснений пугающих оптических явлений порой уходили годы, десятилетия и даже века. Сегодня каждый человек, заинтересовавшись чем-либо, может заглянуть в справочник, полистать учебник, погрузиться в изучение специальной литературы. Но такие возможности у человечества появились совсем недавно. Конечно, в средние века все было совсем по-другому. Ведь тогда и знаний таких еще не накопили, и наукой занимались одиночки. Господствующим мировоззрением была религия, а привычным мироощущением - вера.

Французский ученный К. Фламмарион просмотрел под этим углом зрения исторические хроники. И вот что выяснилось: составители хроник нисколько не сомневались в существовании прямой причинной связи между таинственными явлениями природы и делами земными.

В 1118 году, в царствование короля английского Генриха I, на небе появились одновременно две полные луны, одна на западе, а другая на востоке. В том же году король победил в битве.

В 1120 году среди кроваво-красных облаков появились крест и человек, состоявшие из пламени. Все ожидали светопреставления, но дело кончилось только гражданской войной.

В 1156 году несколько часов подряд блестели вокруг солнца три радужных круга, а когда они исчезли, возникли три солнца. Составитель хроники усмотрел в этом явлении намек на ссору короля с епископом Кентерберийским в Англии и на разрушение после семилетней осады Милана в Италии.

В следующем году опять появились три солнца, а посредине луны был виден белый крест; понятное дело, летописец это тотчас связал с раздорами, сопровождавшими избрание нового папы римского.

В январе 1514 года в Вюртемберге были видны три солнца, из коих среднее больше боковых. В то же время на небе появлялись окровавленные и пылающие мечи. В марте того же года опять были видны три солнца и три луны. Тогда же турки были разбиты персами в Армении.

Чаще всего небесным явлениям приписывалось дурное значение.

В связи с этим в истории человечества зафиксирован любопытный факт. В 1551 году немецкий город Магдебург был осажден войсками испанского короля Карла V. Стойко держались защитники города, уже больше года длилась осада. Наконец раздраженный король отдал приказ готовиться к решительной атаке. Но тут произошло невиданное: за несколько часов до штурма над осажденным городом засияли три солнца. Смертельно напуганный король решил, что Магдебург защищают небеса, и приказал снять осаду.

Нечто подобное известно и в Русской истории. Так, в [«Слове о полку Игореве»](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE_%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BA%D1%83_%D0%98%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B5) упоминается, что перед наступлением половцев и пленением Игоря «четыре солнца засияли над русской землей». Воины восприняли это как знак надвигающейся большой беды.

В других преданиях сообщается о том, что Иван Грозный увидел предзнаменование своей смерти в «крестном знамении на небе».

Были ли все эти явления на самом деле - не так уж для нас теперь важно. Важно, что с их помощью, на их основе истолковывались реальные исторические события; что люди смотрели тогда на мир сквозь призму своих искаженных представлений и потому видели то, что хотели видеть. Их фантазия порой не знала границ. Фламмарион назвал невероятные фантастические картины, нарисованные авторами хроник, «образчиками артистического преувеличения».

**Хрономиражи**

Хрономиражи – таинственные явления, не получившие научного объяснения. Никакими известными законами физики нельзя объяснить, почему миражи могут отражать события, происходящие на некотором расстоянии не только в пространстве, но и во времени. Особую известность получили миражи когда-то прошедших на земле сражений и битв. В ноябре 1956 года несколько туристов заночевали в горах Шотландии. Часа в три утра они проснулись от странного шума, выглянули из палатки и увидели десятки шотландских стрелков в старинной военной форме, которые, стреляя, бежали через каменистое поле! Потом видение исчезло, не оставив никаких следов, но уже через сутки повторилось. Шотландские стрелки, все израненные, брели по полю, спотыкаясь о камни.

И это не единственное свидетельство подобного явления. Так, знаменитую битву при Ватерлоо (18 июня 1815 года) наблюдали неделю спустя жители бельгийского городка Вервье. Расстояние от Ватерлоо до Вервье по прямой линии составляет более 100 км. Известны случаи, когда подобные миражи наблюдались и на больших расстояниях - до 1000 км.

По одной из теорий, при особом стечении природных факторов зрительная информация запечатлевается во времени и пространстве. А при совпадении определенных атмосферных, погодных и т.п. условий она вновь становится зримой для посторонних наблюдателей.

**Миражи - следовики**

Класс явлений, также не получивший научного обоснования. К нему относят миражи, которые после своего исчезновения оставляют материальные следы. Известно, что в марте 1997 г. С неба в Англии падали свежие зрелые орехи. Выдвигают несколько объяснений природы возникновения данных следов.

Первое – эти следы не имеют к миражу непосредственного отношения. «После этого» - не значит «вследствие этого». Самое сложное – установление общей достоверности самих фактов подобных явлений.

Другое объяснение – разность температурных слоев приводит к образованию вихревого эффекта, засасывающего в атмосферу различный мусор. Движение воздушных потоков доставляет «поглощенное» в область образования миража. После выравнивания температур «небесная картина» исчезает, а мусор выпадает на землю.

Сложно говорить о достоверности таких явлений. Но определенный «мистический» интерес они все же вызывают. А потому вполне могут рассматриваться на уроке-заблуждении.

Изучая различные явления, связанные с прохождением света в атмосфере, ученые используют добытые знания для развития науки. Так, наблюдение венцов помогает определять величину кристалликов льда и капель воды, из которых образуются различные облака. Наблюдения венцов и гало дает также возможность предсказания погоды. Так, если появившийся венец постепенно уменьшается, можно ожидать осадки. Увеличение венцов, наоборот, предвещает наступление сухой и малооблачной погоды.

**Заключение**

Физическая природа света интересовала людей с незапамятных времён. Многие выдающиеся ученные, на всём протяжении развития научной мысли, бились над решением этой проблемы. Со временем, была открыта и сложность обыкновенного белого луча, и его способность менять своё поведение в зависимости от окружающей среды, и его умение проявлять признаки, присущие как вещественным элементам, так и природе электромагнитных излучений. Световой луч, подвергнутый различным техническим воздействиям, стал применяться в науке и технике в диапазоне от режущего инструмента, способного с точностью до микрона обработать нужную деталь, до невесомого канала передачи информации с, практически, неисчерпаемыми возможностями.

Но, прежде чем утвердился совремённый взгляд на природу света, и световой луч нашёл своё применение в жизни человека, были выявлены, описаны, научно обоснованы и экспериментально подтверждены многие оптические явления, повсеместно возникающие в атмосфере земли, от известной каждому радуги, до сложных, периодических миражей. Но, не смотря на это, причудливая игра света всегда привлекала и привлекает человека. Никого не оставляет равнодушным ни созерцание зимнего гало, ни яркого солнечного заката, ни широкой, в пол неба, полосы северного сияния, ни скромной лунной дорожки на водной глади. Световой луч, проходя сквозь атмосферу нашей планеты, не просто освещает её, но и придаёт ей неповторимый вид, делая прекрасной.

Конечно, в атмосфере нашей планеты происходит значительно больше оптических явлений, чем рассматривается в этой курсовой работе. Среди них есть как хорошо знакомые нам и разгаданные учёными, так и те, которые ещё ждут своих первооткрывателей. И нам остаётся лишь надеяться, что, со временем, мы станем свидетелями всё новых и новых открытий в области оптических атмосферных явлений, свидетельствующих о многогранности обыкновенного светового луча.

**Список использованной литературы**

* «Физика в природе», автор - Л. В. Тарасов, издательство «Просвещение», Москва, 1988 год.
* Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Мансуров А.Н. «Курс общей физики»
* Королев Ф.А. «Курс физики» М., «Просвещение» 1988 г.
* «Физика 10», авторы - Г. Я. Мякишев Б. Б. Буховцев, издательство «Просвещение», Москва, 1987 год.
* Ресурсы интернет.