

# Оптические явления в природе

...Отдельно взятые черты  
Всецельно дышащей природы!  
Какая вас связала нить,  
Одна другой светлей и краше?  
Каким законом объяснить  
Родство таинственное наше?  
А.К.Толстой

Голик Иван, МОУ Аннинский лицей

# Оптические явления в атмосфере

- Многообразиие оптических явлений в атмосфере обусловлено различными причинами. К наиболее распространенным феноменам относятся весьма живописные северное и южное полярные сияния. Кроме того, особенно интересны радуга, гало, паргелий (ложное солнце) и дуги, корона, нимбы и призраки Броккена, миражи, светящиеся облака, зелёные и сумеречные лучи.
- Сокращённая версия посвящена вопросам образования радуги, рассеяния света в земной атмосфере и рефракции солнечных лучей, образованию сумеречных лучей и т. н. зелёного луча и др.

# Рассеяние света

- Рассеяние света - отклонение распространяющегося в среде светового пучка во всевозможных направлениях. Свет рассеивается на неоднородностях среды, на частицах и молекулах, при этом меняется пространственное распределение интенсивности, частотный спектр, поляризация света. Рассеяние света зависит от частоты света, размера рассеивающих частиц. Рассеянием солнечного света на молекулах воздуха объясняется голубой цвет неба, а рассеянием на частицах пыли и водяных парах — яркие зори при восходе и заходе Солнца.

# Рассеяние света в атмосфере





Сумерки - оптическое явление, наблюдаемое в атмосфере перед восходом и после заката солнца; плавный переход от дневного света к ночной тьме (вечерние сумерки) и наоборот (утренние сумерки). Продолжительность сумерек зависит от склонения Солнца и географической широты места наблюдений: чем ближе к экватору, тем они короче. В высоких широтах в период летнего солнцестояния (июнь в Северном полушарии, декабрь в Южном) вечерние сумерки смыкаются с утренними и наблюдаются белые ночи.

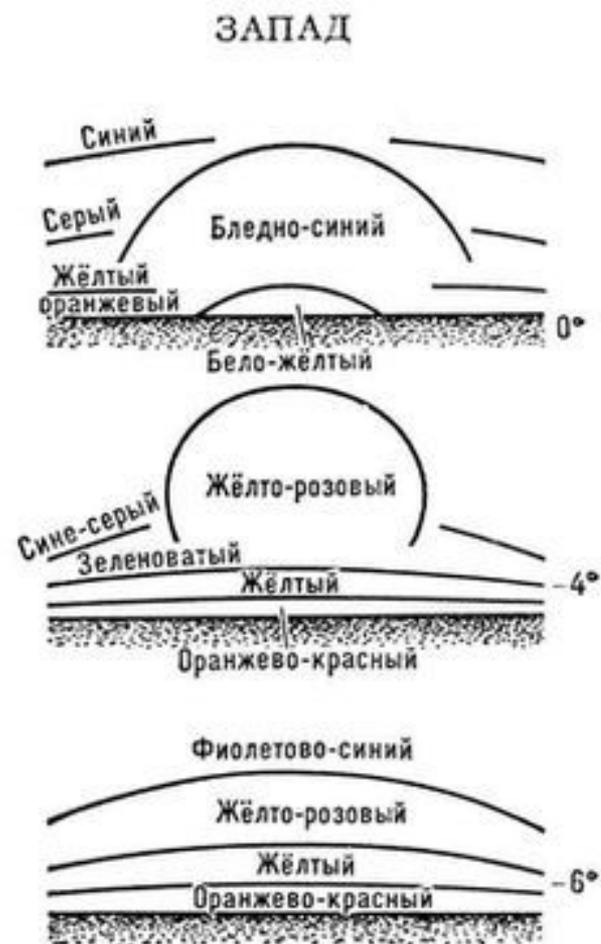
- Постепенность перехода от дневного света к ночной темноте объясняется постепенностью в ослаблении, по мере понижения солнца под горизонтом, света, отражённого находящимся над горизонтом воздуха. На планетах, не имеющих атмосферы, нет и сумерек.
- Если воздух влажнее или более загрязнен пылью (после сильных вулканических извержений), сумерки продолжительнее. Утром относительная влажность воздуха меньше, чем вечером, а летом меньше, чем зимой, почему утренние сумерки короче вечерних, а летние короче зимних.

# Цвет неба в сумерках

- Во время сумерок небо последовательно принимает разнообразные цветные оттенки. Это явление называют зарёй. Заря - совокупность красочных световых явлений в атмосфере при заходе Солнца или перед его восходом; представляет собой закономерную смену окраски неба, которая зависит от положения Солнца относительно линии горизонта.
- Соответственно сумеркам, зарю различают вечернюю и утреннюю. Они сходны между собою, лишь ход цветных оттенков обратный. Последние наблюдаются не только в западной, но и в восточной части неба.
- После сильных вулканических извержений наблюдаются ненормальные зори (оптические возмущения в атмосфере). Они отличаются от нормальных необыкновенной яркостью всех цветных оттенков неба, а иногда и появлением новых цветов, большей продолжительностью, а также некоторыми особенными явлениями, которые обыкновенно не наблюдаются.

# Цвет неба во время заката

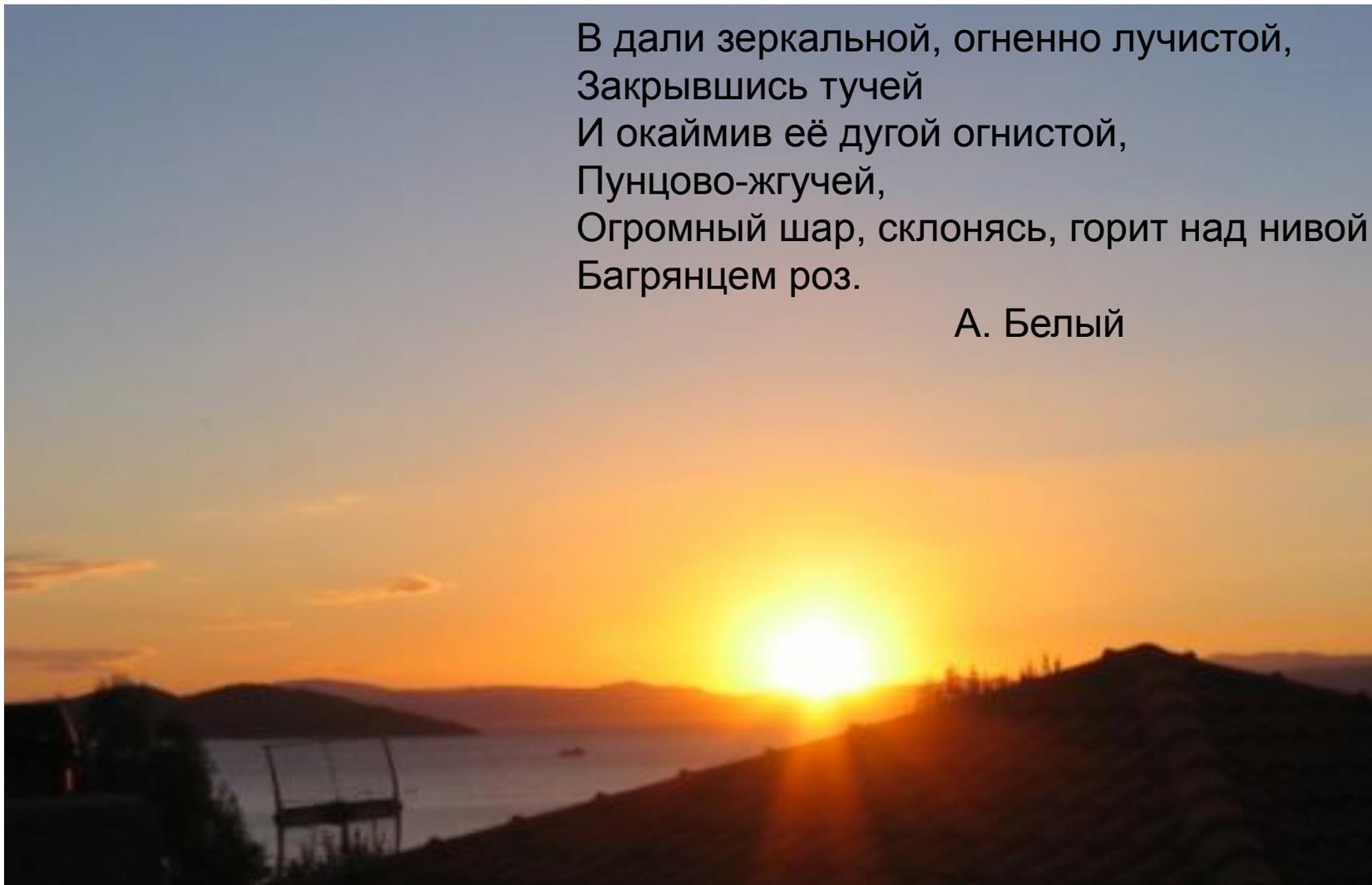
Цифры сбоку указывают положение центра Солнца по отношению к горизонту (выше горизонта со знаком +, ниже горизонта со знаком -).



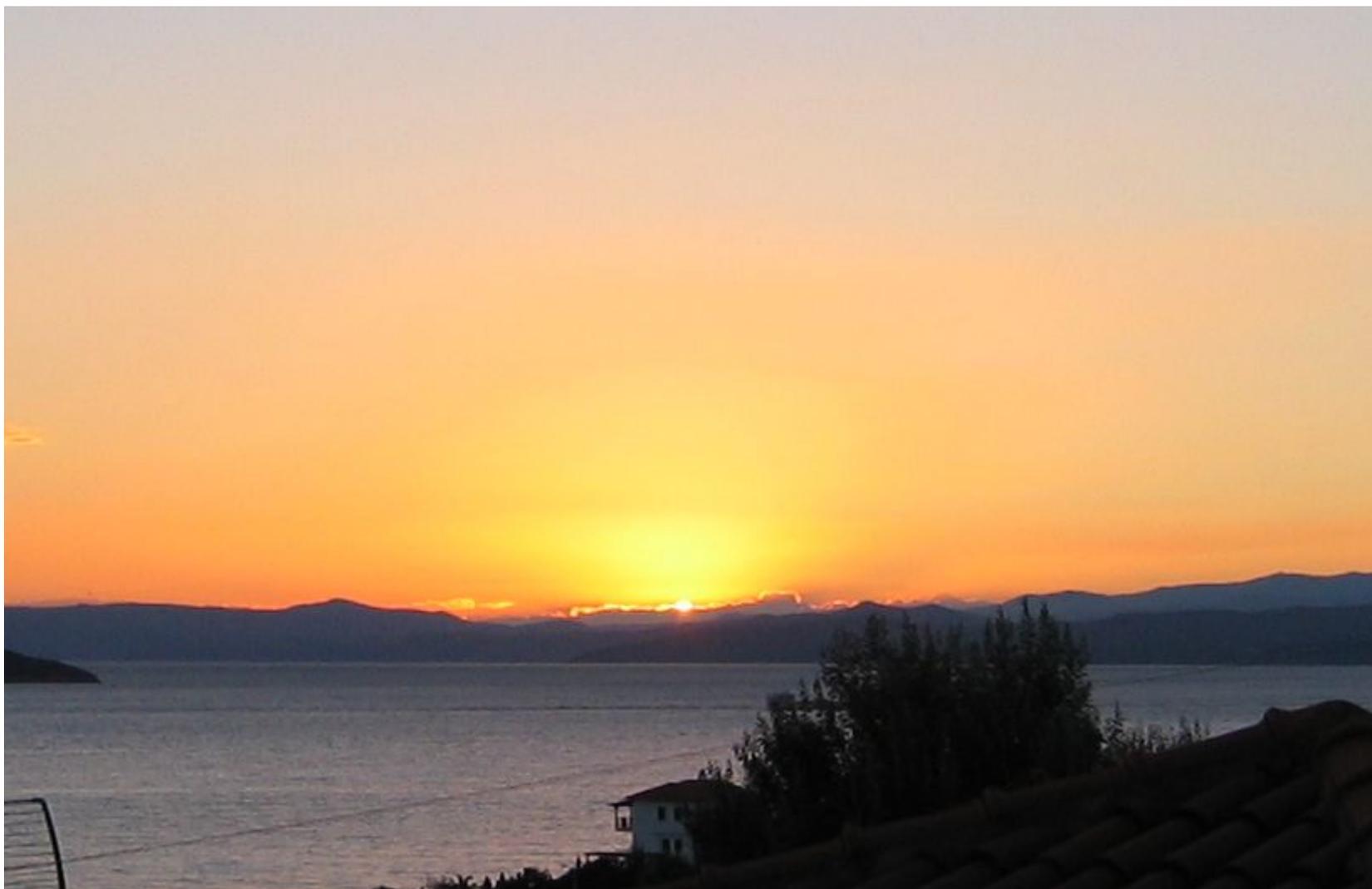
# Закат Солнца

В дали зеркальной, огненно лучистой,  
Закрывшись тучей  
И окаймив её дугой огнистой,  
Пунцово-жгучей,  
Огромный шар, склоняясь, горит над нивой  
Багрянцем роз.

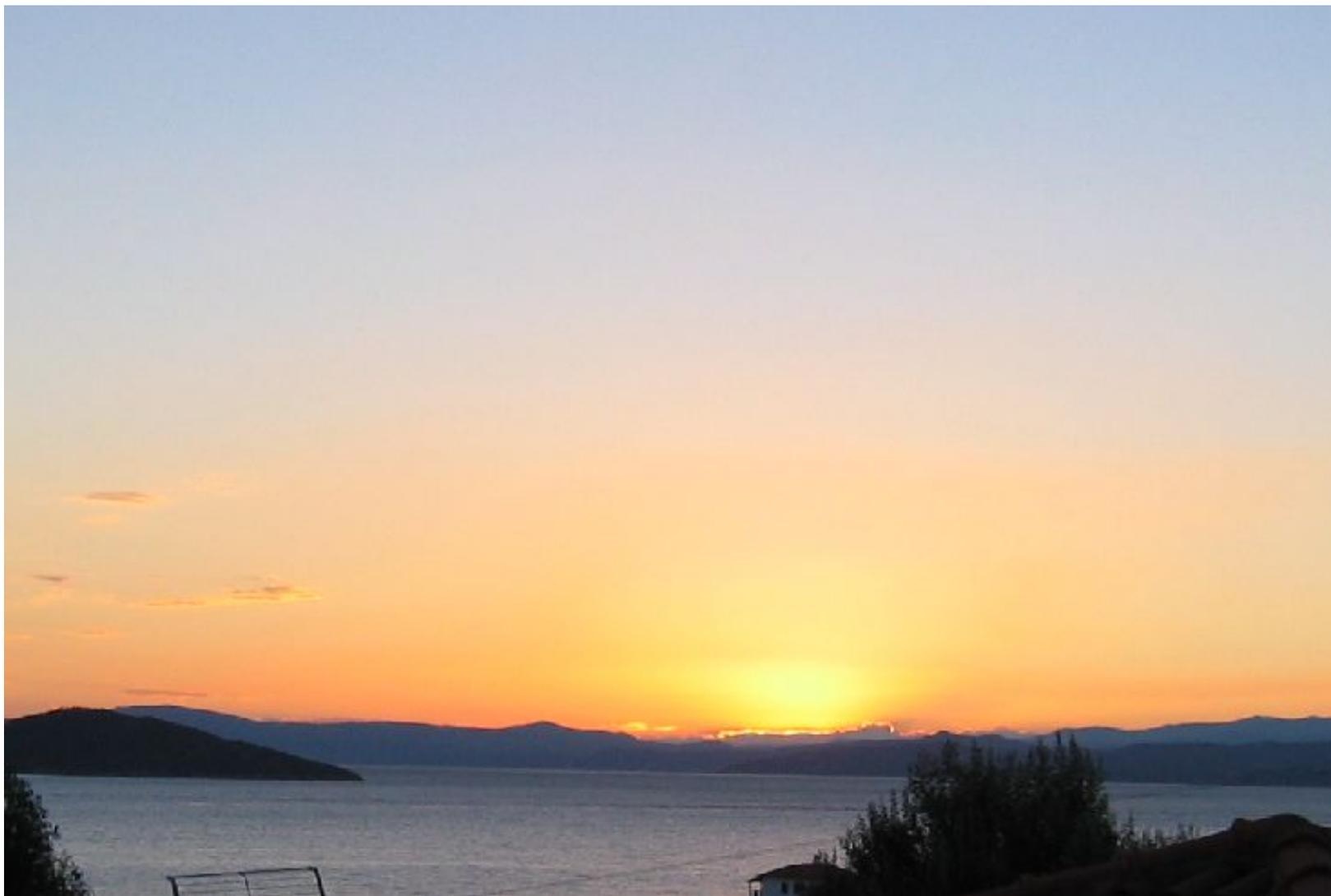
А. Белый



# Изменение цвета неба



# Изменение цвета неба



# Сумеречные лучи

- Сумеречные лучи – расходящиеся пучки солнечного света, которые становятся видимыми благодаря освещению ими пыли в высоких слоях атмосферы. Тени от облаков образуют темные полосы, а между ними распространяются лучи. Этот эффект наблюдается, когда Солнце находится низко над горизонтом перед рассветом или после заката.

Сумеречные лучи – расходящиеся потоки солнечного света, видимые при освещении Солнцем пыли в высоких слоях атмосферы



# Рефракция

- Рефракция — атмосферно-оптическое явление, вызываемое преломлением световых лучей в атмосфере и проявляющееся в кажущемся смещении удалённых объектов, а иногда и в кажущемся изменении их формы. Если бы атмосфера была однородна, то лучи света, преломившись на её пределе, распространялись бы далее прямолинейно. На самом деле плотность воздуха от границы атмосферы до поверхности земли постепенно увеличивается, лучи света преломляются непрерывно, и их пути представляют кривые, вогнутостью обращенные к земле.
- Наблюдатель видит звезду по направлению касательной к траектории луча, поэтому рефракция изменяет видимое положение всех светил на небесном своде. Вследствие рефракции всякое светило, в том числе Солнце, появляется над горизонтом ещё до истинного восхода и остаётся видимым некоторое время после истинного захода. Диски Солнца и Луны у горизонта кажутся сплюснутыми, наблюдается мерцание звёзд, дрожание далёких земных предметов в жаркий день.

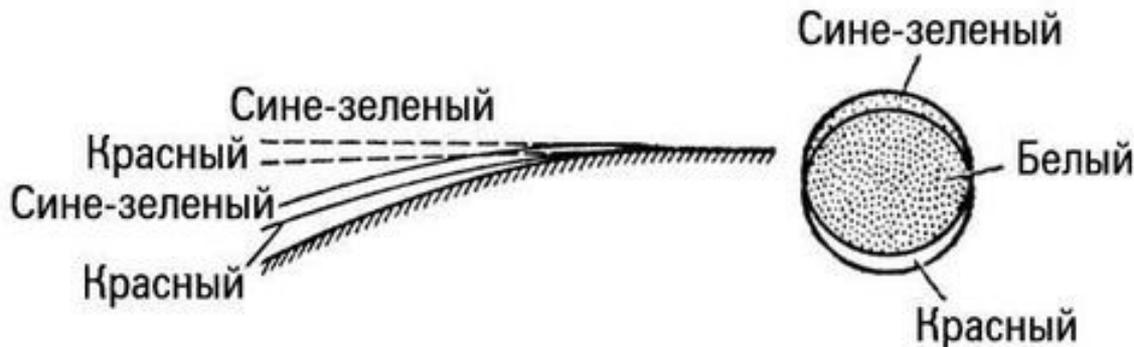
# Солнце: вид с Земли

## Рефракция солнечного диска



# Зеленый луч

- Зеленый луч – вспышка солнечного света изумрудно-зелёного цвета в тот момент, когда последний луч Солнца скрывается за горизонтом. Вследствие рефракции солнечные лучи искривляются и разлагаются на основные цвета. На длинном пути солнечных лучей сквозь нижние слои атмосферы большая часть жёлтых и оранжевых лучей поглощается водяным паром и молекулами кислорода, фиолетовые и голубые — значительно ослабляются вследствие рассеяния, так что остаются главным образом зелёные и красные лучи. Это приводит к тому, что видны два солнечных диска, зелёный и красный, в большей части, но не полностью перекрывающие друг друга. Поэтому в последний момент перед полным исчезновением солнечного диска, когда его красное изображение оказывается под горизонтом, короткое время виден верхний край зелёного изображения.



# Просто радуга

...Блестает радуга дугою  
То вся видна, то вновь во тьме теряясь,  
И всюду брызжет свежую росую!  
Всю нашу жизнь она воспроизводит:  
Всмотрись в неё – и ты поймёшь душою,  
Что жизнь на отблеск красочный  
походит.

И. В. Гёте.

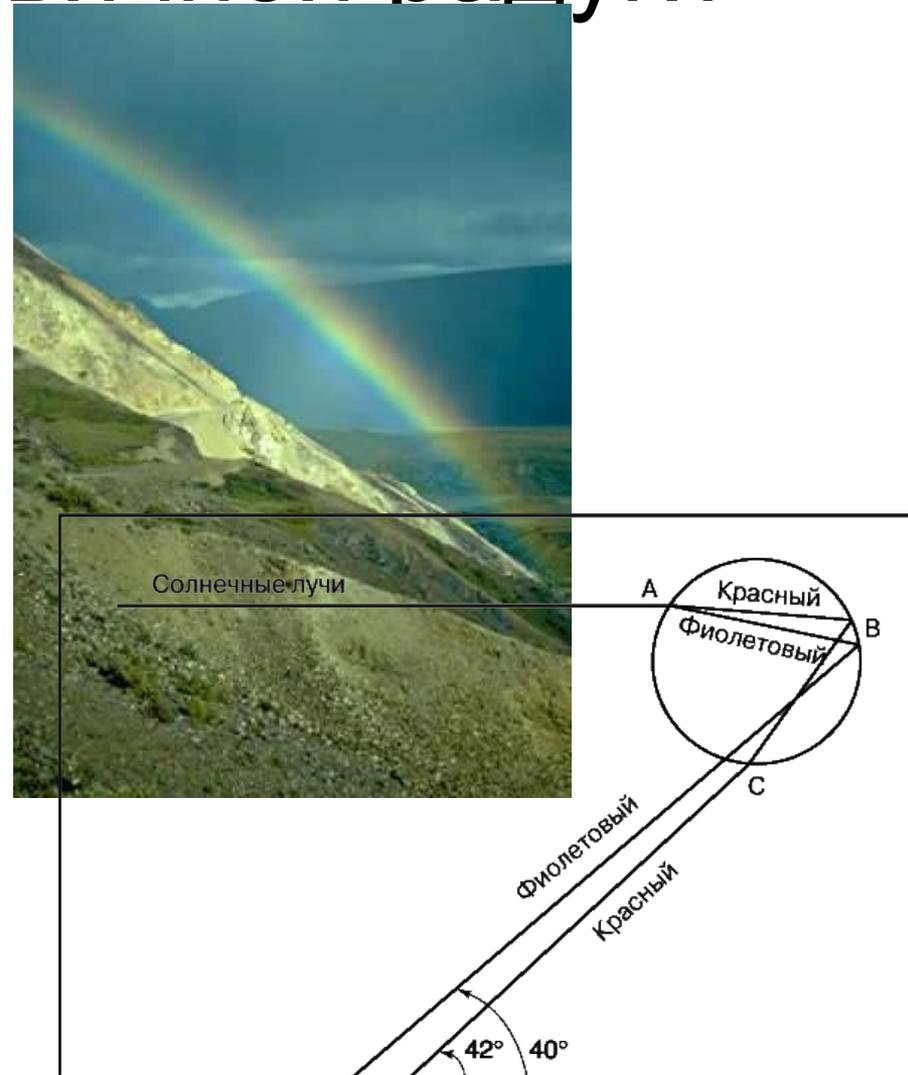


# Радуга

- Радуга – самое красивое атмосферное явление. Обычно это огромная арка, состоящая из разноцветных полос, наблюдаемая, когда Солнце освещает лишь часть небосвода, а воздух насыщен капельками воды, например во время дождя. Разноцветные дуги располагаются в последовательности спектра (красная, оранжевая, желтая, зеленая, голубая, синяя, фиолетовая), однако цвета почти никогда не бывают чистыми, поскольку полосы взаимно перекрываются. Как правило, физические характеристики радуг существенно различаются, поэтому и по внешнему виду они весьма разнообразны. Их общей чертой является то, что центр дуги всегда располагается на прямой, проведенной от Солнца к наблюдателю.
- Главная радуга представляет собой дугу, состоящую из наиболее ярких цветов – красного на внешней стороне и фиолетового – на внутренней. Иногда видна только одна дуга, но часто с внешней стороны основной радуги появляется побочная.

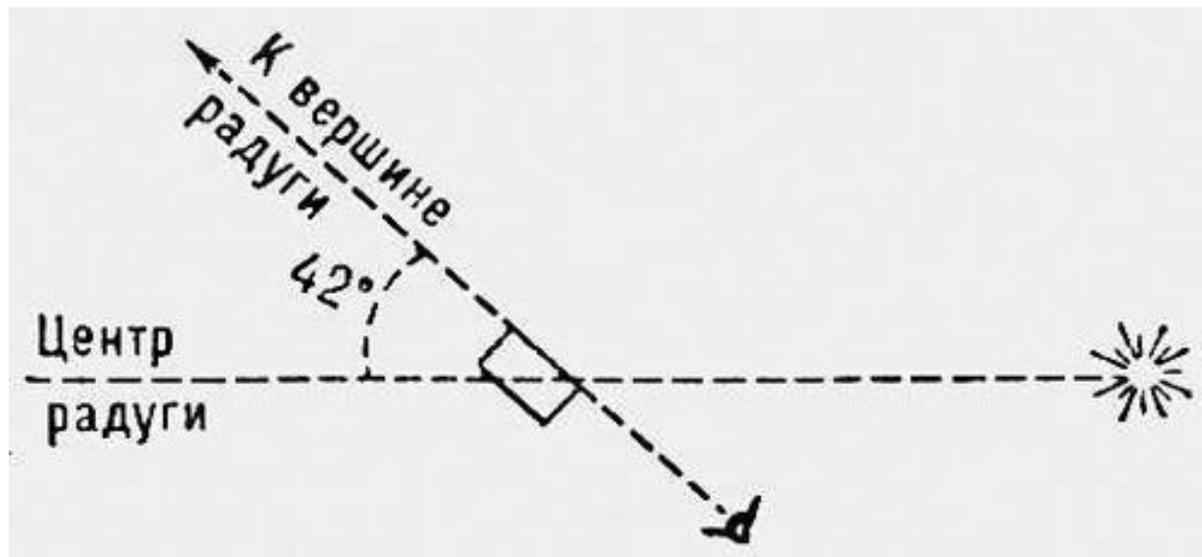
# Образование первичной радуги

- Образование главной радуги объясняется двойным преломлением и однократным полным внутренним отражением лучей солнечного света. Проникая внутрь капли воды (А), луч света преломляется и разлагается, как при прохождении сквозь призму. Затем он достигает противоположной поверхности капли (В), отражается от нее и выходит из капли наружу (С). При этом луч света прежде, чем достичь наблюдателя, преломляется вторично. Исходный белый луч разлагается на лучи разных цветов с углом расхождения  $2^\circ$ .



# Схема определения вершины и центра радуги

Центр дуги радуги находится в направлении прямой, проходящей через солнечный диск и глаз наблюдателя, т. е. в точке, противоположной Солнцу. Дуга радуги представляет собой часть круга, описанного вокруг этой точки радиусом в  $42^\circ$ ; по наружному краю располагается красный цвет, по внутреннему — фиолетовый. Со стороны внутреннего края иногда бывают видны вторичные цветовые дуги, примыкающие к главной радуге.



# Можно ли наблюдать в Воронеже радугу в полдень?

- Видимая часть дуги радуги определяется положением Солнца. На восходе и закате Солнца наблюдатель видит радугу в виде дуги, равной половине окружности, так как ось радуги параллельна горизонту. Если Солнце располагается выше над горизонтом, дуга радуги меньше половины окружности. Когда Солнце поднимается выше  $42^\circ$  над горизонтом, радуга исчезает. Везде, кроме высоких широт, радуга не может появиться в полдень, когда Солнце стоит слишком высоко.
- Явление, подобное радуге, можно наблюдать в брызгах фонтанов, водопадов. Возможно появление лунной радуги и от искусственных источников света.

# Радуга над океаном

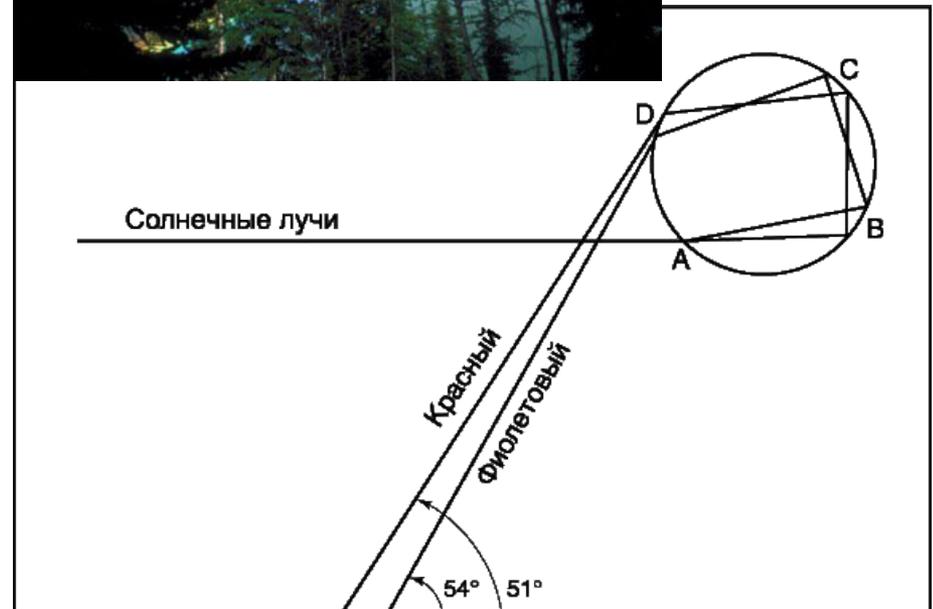
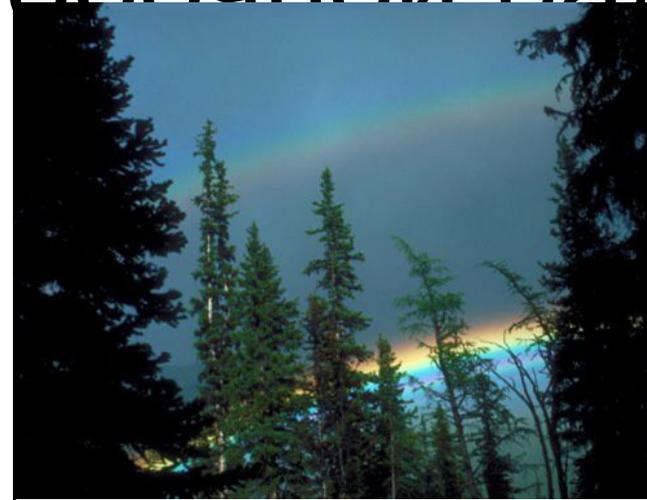


# Побочная радуга

- Иногда на небосводе видна только одна дуга, но часто с внешней стороны основной радуги появляется побочная. Она имеет не столь яркие цвета, как первая, а красная и фиолетовая полосы в ней меняются местами: красная располагается с внутренней стороны.
- Центр дуги побочной радуги находится в направлении прямой, проходящей через солнечный диск и глаз наблюдателя, т. е. в точке, противоположной Солнцу. Дуга побочной радуги представляет собой часть круга, описанного вокруг этой точки с угловым радиусом около  $52^\circ$ .

# Образование побочной радуги

- При образовании побочной радуги происходит двойное преломление и двойное отражение солнечных лучей. В этом случае свет преломляется, проникая внутрь капли через ее нижнюю часть (А), и отражается от внутренней поверхности капли сначала в точке В, затем в точке С. В точке D свет преломляется, выходя из капли в сторону наблюдателя.



# Каково расстояние до радуги?

- Интересно оценить расстояние до радуги. Хотя кажется, что разноцветная дуга расположена в одной плоскости, это – иллюзия. На самом деле радуга имеет огромную глубину, и ее можно представить в виде поверхности пустотелого конуса, в вершине которого находится наблюдатель. Ось конуса соединяет Солнце, наблюдателя и центр радуги. Наблюдатель смотрит как бы вдоль поверхности этого конуса. Два человека никогда не могут увидеть совершенно одинаковую радугу. Конечно, можно наблюдать в целом один и тот же эффект, но две радуги занимают различное положение и образованы разными капельками воды.

# Как возникает радуга

- Первая теория радуги была дана Р. Декартом в 1637. Более точная теория была разработана в 1836 английским астрономом Дж. Эри и в конце 19 в. развита австрийским геофизиком Й. М. Пернтером. Эта теория основана на расчете явлений дифракции и интерференции, сопровождающих встречу солнечных лучей с решеткой, образуемой дождевыми каплями.
- Когда дождь или водяная пыль образуют радугу, полный оптический эффект достигается за счет суммарного воздействия всех капелек воды, пересекающих поверхность конуса радуги с наблюдателем в вершине. Роль каждой капли мимолетна. Поверхность конуса радуги состоит из нескольких слоев. Быстро пересекая их и проходя при этом через серию критических точек, каждая капля мгновенно разлагает солнечный луч на весь спектр в строго определенной последовательности – от красного до фиолетового цвета. Множество капель таким же образом пересекает поверхность конуса, так что радуга представляется наблюдателю непрерывной как вдоль, так и поперек ее дуги.



Природа милая, тебе одной я внемлю,  
Ты подарила мне и небеса и землю,  
И их помощником я буду век за веком  
Лишь потому, что я родился человеком.

М. Чоконаи

# Использованные информационные ресурсы:

1. Большая энциклопедия Кирилла и Мефодия 2006, 10 CD.
2. Иллюстрированный энциклопедический словарь, 2 CD.
3. Энциклопедия «Мир вокруг нас», CD.
4. Детская энциклопедия Кирилла и Мефодия 2006, 2 CD.
5. Физика, 7 – 11 классы. Библиотека наглядных пособий, CD и др.