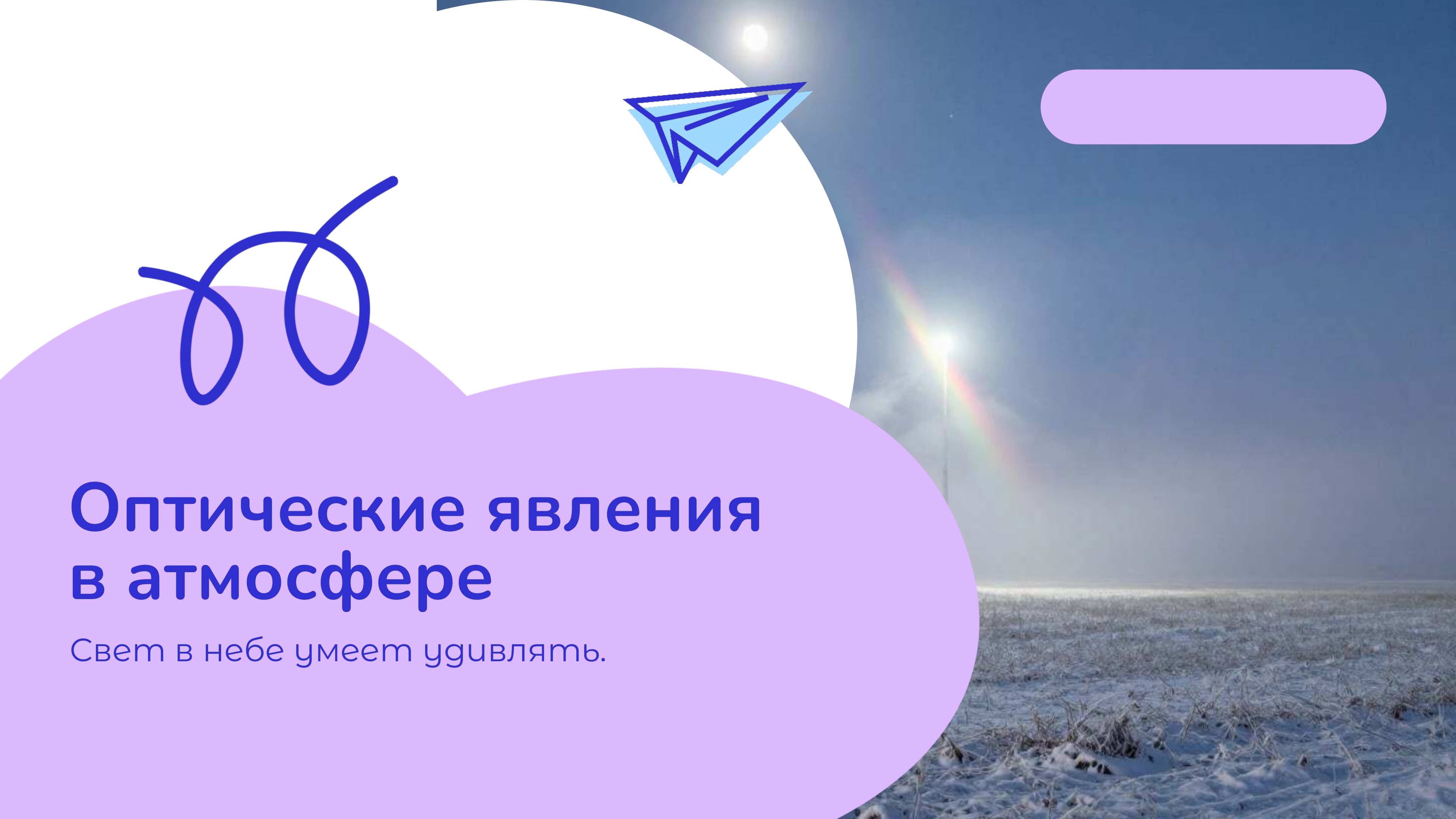




Оптические явления в атмосфере

Свет в небе умеет удивлять.

Почему небо и свет меняются

Атмосфера состоит не только из воздуха: в ней есть молекулы, капли и кристаллы. Они по-разному влияют на свет, поэтому небо, закаты и сияние вокруг светил выглядят необычно.

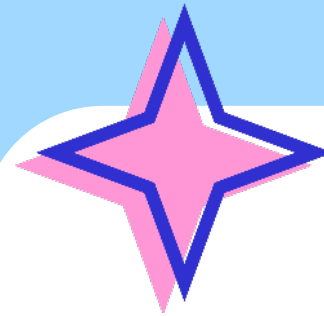


Атмосфера как «лаборатория» для света



Неоднородный воздух

В однородной среде свет идёт почти по прямой. В атмосфере условия постоянно меняются, поэтому лучи отклоняются, дрожатся и создают заметные оптические эффекты.



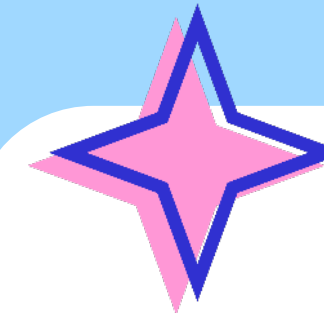
Разные частицы — разный эффект

Молекулы воздуха особенно сильно действуют на короткие волны, а капли и кристаллы меняют направление лучей иначе. Из-за этого появляются цветные полосы, дуги и кольца.



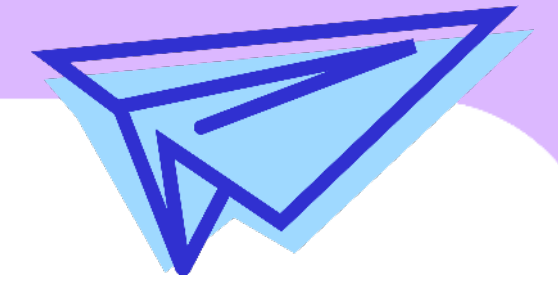
Цвет и формы в небе

Когда свет рассеивается и преломляется, мы видим голубое небо, яркие ореолы и световые столбы. Эти явления складываются из одних и тех же физических процессов.



Движение слоёв воздуха

Если воздух движется и слои быстро меняют плотность, изображение начинает дрожать. Так возникают мерцание звёзд, миражи и размытые контуры далёких предметов.



Мини-конструктор: 4–5 свойств света



Прямой путь света

Если свет идёт по прямой, предмет отбрасывает чёткую тень. Это помогает понять, что в обычных условиях луч сохраняет направление, пока не встретит препятствие или границу среды.



Отражение

От зеркала и спокойной воды свет может отражаться, возвращая изображение к глазам. В атмосфере похожий принцип работает на границах облаков, льда и других частиц.



Преломление

Когда луч переходит из одной среды в другую, он меняет направление. Поэтому ложка в стакане выглядит надломленной, а в небе световые лучи могут изгибаться.



Рассеяние

Мелкие частицы заставляют свет расходиться во все стороны. Из-за этого молоко кажется мутным, а небо днём — светлым и равномерно окрашенным.

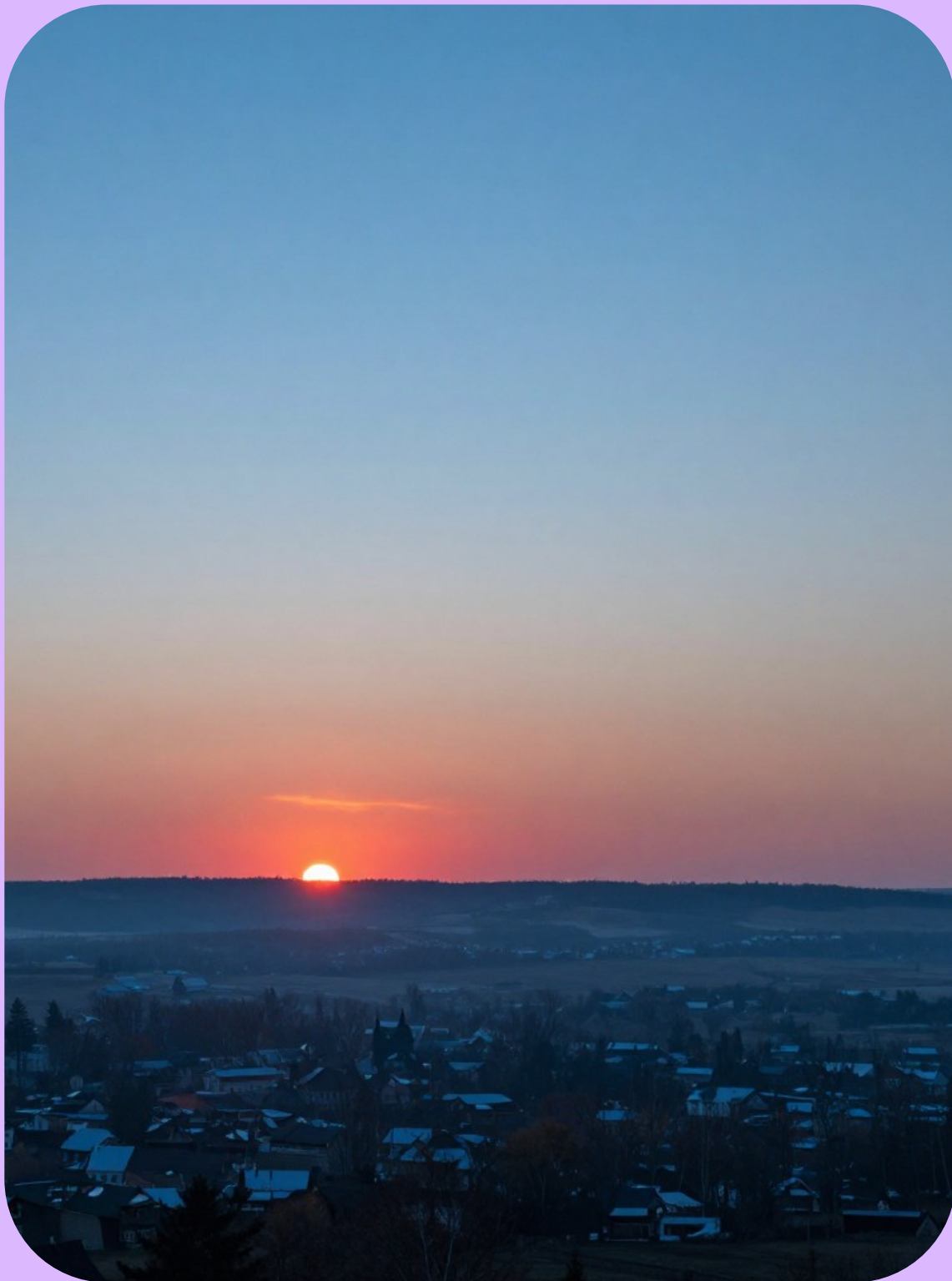


Интерференция

Если световые волны накладываются друг на друга, появляются яркие и тусклые полосы. Так переливаются мыльные пузыри и тонкие плёнки на поверхности воды.



Почему небо голубое и закат красный



1

Белый свет состоит из цветов

Солнечный свет кажется белым, но на самом деле он состоит из многих цветов спектра. Каждый цвет рассеивается в воздухе по-разному, и это меняет вид неба.

2

Почему небо голубое

Короткие волны — синие и фиолетовые — рассеиваются молекулами воздуха сильнее. Поэтому со всех сторон к нам приходит больше именно такого света, и небо кажется голубым.

3

Почему закат красный

На закате свет проходит через более толстый слой атмосферы. Короткие волны успевают рассеяться, а до наблюдателя лучше доходят красные и оранжевые лучи.

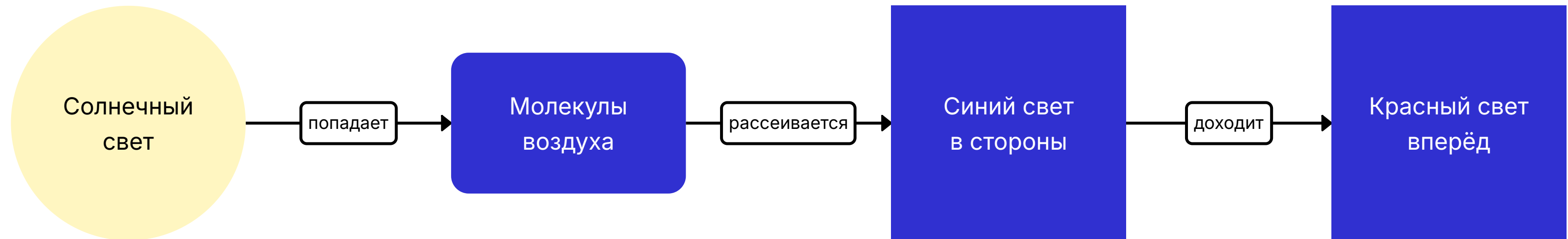
4

Почему оттенки отличаются

Облака, пыль и водяной пар могут усиливать или ослаблять эффект. Поэтому оттенки неба меняются в разные дни, но общий механизм остаётся тем же.

Рассеяние в атмосфере: путь лучей

Схема показывает, как разные длины волн ведут себя в воздухе и почему меняется цвет неба.



Радуга и двойная радуга



Как возникает дуга

Радуга появляется, когда солнечный свет входит в каплю дождя, преломляется, отражается внутри и снова выходит наружу. Каждый цвет уходит под своим углом, поэтому видна дуга.



Порядок цветов

Цвета в радуге расположены не случайно: красный обычно оказывается снаружи, а фиолетовый — внутри. Это связано с тем, как по-разному свет выходит из капли.



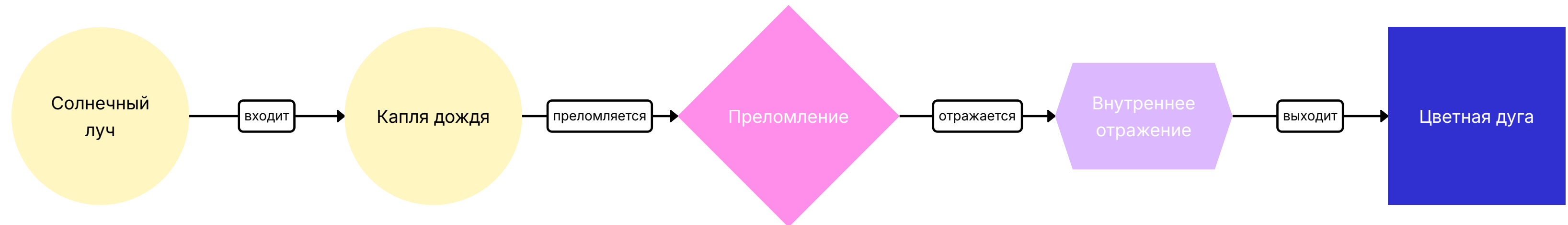
Почему радуга бывает двойной

Двойная радуга возникает реже и выглядит бледнее. Её создаёт дополнительное внутреннее отражение, поэтому вторая дуга слабее и её цвета идут в обратном порядке.



Как капля создаёт дугу

Схема показывает путь света в капле дождя и объясняет появление основной и двойной радуги.



Гало и солнечные столбы

1

Гало из кристаллов

Гало появляется, когда свет проходит через множество шестигранных ледяных кристаллов в высоких перистых облаках. Они преломляют лучи под почти одинаковыми углами и создают световое кольцо.

Столб над светилом

Солнечный или лунный столб выглядит как вертикальная полоса света над светилом. Его обычно образуют плоские кристаллы льда, которые отражают свет от своих граней.

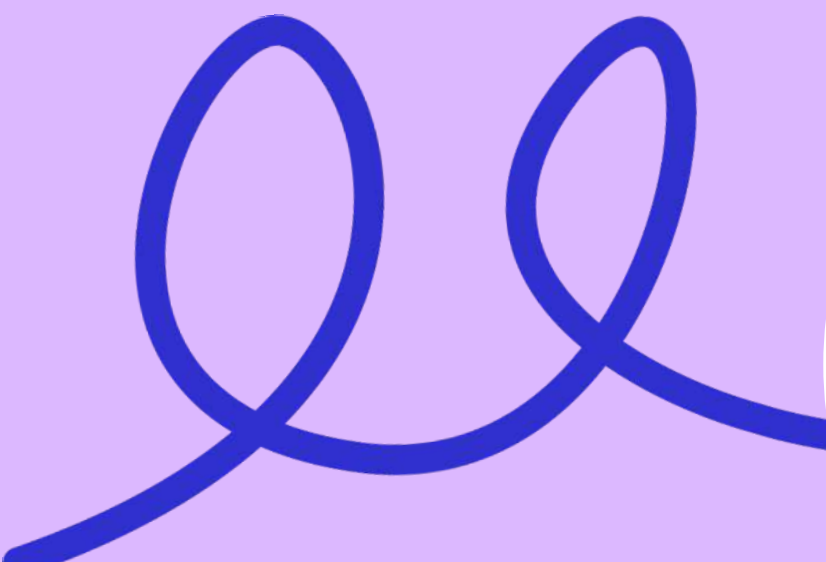
3

Почему они различаются

Форма и яркость зависят от ориентации кристаллов и состояния облаков. Чем ровнее и многочисленнее кристаллы, тем чётче заметен ореол или световая колонна.

2





6 граней

у большинства кристаллов льда,
поэтому они особенно хорошо
преломляют свет.

Энциклопедические сведения о шестигранной кристаллической
структуре льда

Именно такая форма помогает льду работать
как природная призма и создавать гало.

Миражи и слои воздуха

1 Жаркий асфальт

В жаркий день над асфальтом воздух у поверхности сильнее нагревается, поэтому световые лучи изгибаются. Глаз продолжает их прямой путь и видит блестящую «лужу», которой на самом деле нет.

2 Холодные слои

При резком охлаждении воздуха картина тоже меняется: слои становятся разной плотности, и лучи отклоняются неравномерно. Из-за этого вдаль могут появляться перевёрнутые фрагменты берега, корабля или дороги.

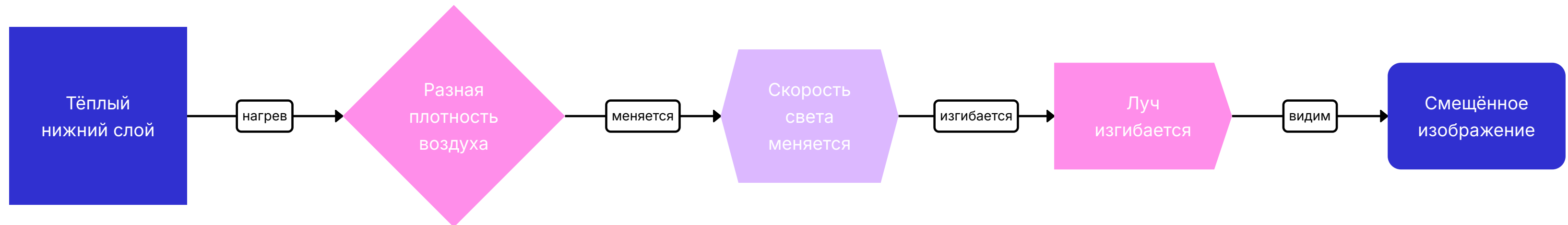


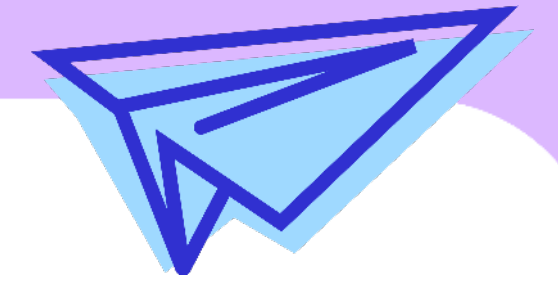
3 Обман зрения

Мираж — это не отражение настоящей воды, а ошибка восприятия, вызванная преломлением света. Чем сильнее контраст температур между слоями, тем заметнее дрожание горизонта и смещение изображения.

Почему луч изгибается в воздухе

Переход от температурных слоёв к видимому смещению луча





Солнечный круг и бриллиантовая пыль



Тонкие облака

Солнечный круг часто появляется в тонких перистых облаках, где свет преломляется на множестве ледяных кристаллов. Кольцо выглядит большим и бледным, потому что лучи отклоняются под близкими углами.



Ночной вариант

Лунный круг устроен так же, но ночью он заметнее на тёмном небе. Слабый свет Луны делает кольцо более спокойным по цвету, хотя механизм остаётся тем же.



Морозное свечение

Бриллиантовая пыль возникает, когда мельчайшие ледяные кристаллы висят в очень холодном воздухе. Они отражают и преломляют свет, создавая сверкающее облачко, особенно в ясную морозную погоду.



Подсказка небу

Эти явления помогают заметить не только сам свет, но и состояние воздуха. Если небо чистое, а вокруг светила появляется ровное кольцо, значит в верхних слоях есть тонкие кристаллы.



Почему звёзды мигают

1

Точечный источник

Звезда находится очень далеко и выглядит почти точкой. Поэтому малейшие изменения плотности воздуха по пути к наблюдателю сразу заметны как колебания яркости и положения.

2

Нестабильный воздух

Турбулентные потоки постоянно смешивают тёплый и холодный воздух. Световые лучи то немного отклоняются, то возвращаются, и звезда кажется мигающей, хотя она светит ровно.

3

Изменение оттенка

Иногда мерцание меняет и цвет: в один миг звезда кажется белее, затем желтоватой или голубоватой. Это происходит из-за того, что разные участки луча преломляются по-разному.

4

Почему планеты ровнее

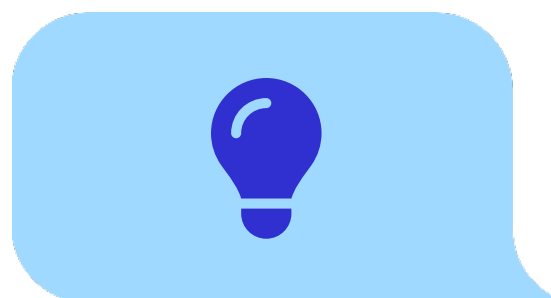
Планеты мигают слабее, потому что их видимый диск больше, чем у звёзд. Отдельные отклонения света усредняются, и изображение выглядит спокойнее даже в неспокойной атмосфере.

Где в атмосфере работает дифракция



Огибание препятствий

Дифракция становится заметнее, когда свет проходит очень близко к краю облачной капли или мелкой частице. Тогда волна слегка огибает препятствие и делает световое пятно мягче.



Размытые края

Вблизи яркого фонаря или Солнца через дымку дифракция добавляет расплывчатый край. Она не создаёт явление полностью, но усиливает заметность светового круга и его переходов.



Ореолы вокруг светил

У тонких облаков дифракция помогает возникать бледным ореолам вокруг Солнца и Луны. Особенно хорошо это видно, когда капли или кристаллы почти одинакового размера.



Мелкие узоры

По тем же причинам на тонких облаках иногда видны мелкие узоры и полосы. Они возникают из-за взаимодействия света с очень маленькими частицами, когда размеры сравнимы с длиной волны.

Интерференция и цветные переливы



Сложение волн

Интерференция появляется, когда две световые волны приходят в одну точку и усиливают либо ослабляют друг друга. Из-за этого поверхность может казаться полосатой или переливчатой.



Мыльная плёнка

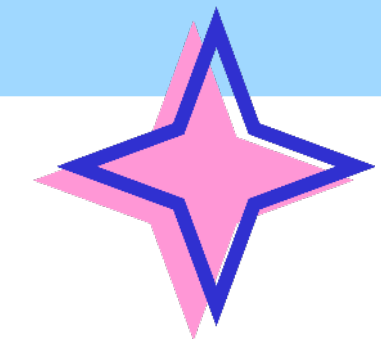
На мыльной плёнке толщина меняется неравномерно, поэтому разные цвета усиливаются в разных местах. Отсюда радужные пятна, которые быстро меняются при движении пузыря.



Слабый атмосферный след

В атмосфере похожий эффект иногда заметен на очень тонких облаках и каплях. Он не главный, но помогает понять, почему некоторые поверхности и облачные слои кажутся цветными.





Как отличать явления по признакам

Таблица помогает быстро связать наблюдаемое явление с главным механизмом и условиями его появления.

Капли, лёд и слои воздуха помогают отличать явления по характерным признакам.

Признак	Явление	Где видно
Капли дождя	Радуга	После дождя
Лёд в облаках	Гало	Вокруг Солнца



Классификация по физическому механизму и условиям наблюдения

Простые наблюдения и мини-опыты



1 Мыльный пузырь

Возьмите мыльный пузырь и посмотрите на его поверхность при хорошем освещении. Цветные полосы и пятна покажут, как интерференция меняет вид света.

2 Ложка в воде

Поставьте ложку в стакан с водой и посмотрите сбоку: она будет казаться сломанной. Так легко увидеть преломление света на границе сред.

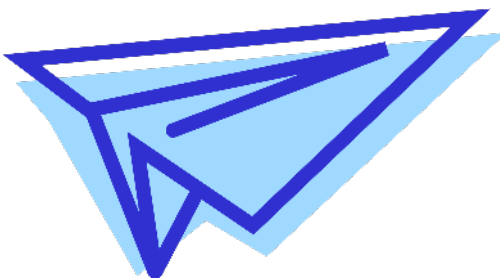
3 Фонарик в тумане

Посветите фонариком через дымку, пар или туман. Луч станет заметнее, потому что мелкие частицы рассеивают свет во все стороны, а не пропускают его прямо.

4 Наблюдение неба

На улице сравните дневное небо и закат, а вечером понаблюдайте за яркой звездой. Эти простые наблюдения помогают связать явление с условиями в атмосфере.

Механизм → явление → где видно

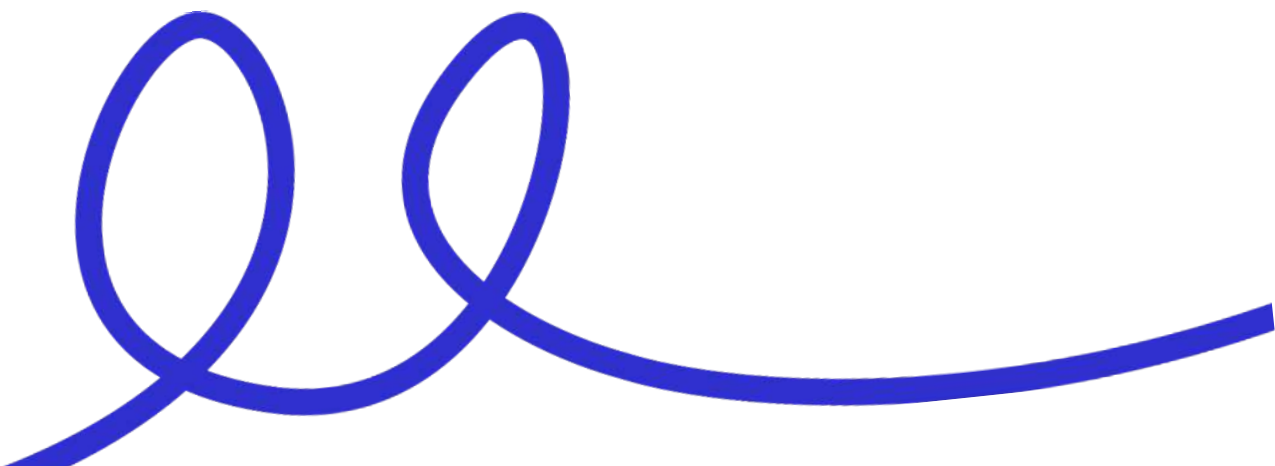


✦ Эта таблица показывает, как один физический механизм помогает распознать конкретное атмосферное явление и место, где его легче всего увидеть.

✦ Один и тот же принцип может проявляться по-разному, но условия наблюдения подсказывают правильный ответ.

Механизм	Явление	Где заметно
Рассеяние	Голубое небо	Днём
Преломление	Радуга	После дождя
Кристаллы льда	Гало	У светила
Слои воздуха	Мираж	Над землёй
Турбулентность	Мерцание звёзд	Ночью

Связь физических механизмов с наблюдаемыми атмосферными явлениями



Один свет — много открытий

Атмосфера превращает обычный свет в множество зрелищных явлений: от голубого неба до радуги и гало. Если помнить о рассеянии, преломлении, отражении и турбулентности, легче понять, что именно мы видим.

