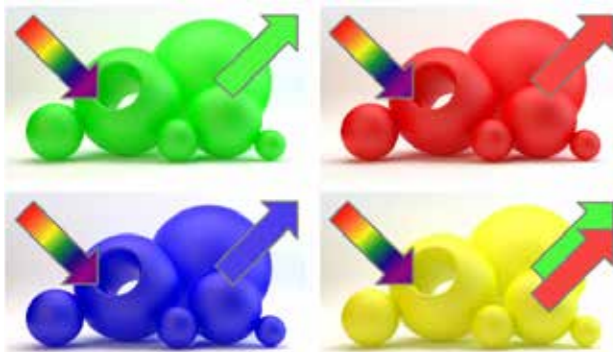
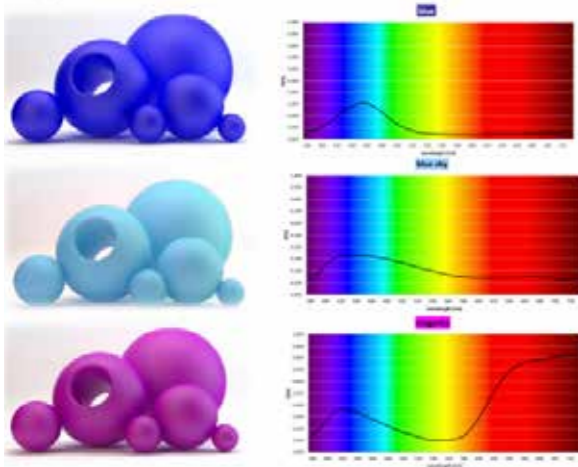




Хочется отдельно и чуть подробнее остановиться на таком простом, на первый взгляд, вопросе, почему трава зеленая и вообще откуда берется цвет у предметов? Ответ на этот вопрос крайне удачно проиллюстрирован картинкой ниже.



Предметы, которые нас окружают, отражают только свет (длину волны) соответствующего цвета, свет (длины волн) остальных цветов – поглощают. Характеристика отражающих свойств предмета называется кривой спектрального отражения. По сути, именно так кривая спектрального отражения и кривая относительная спектральной чувствительности определяют то, что мы видим, и какого оно цвета.



Объект может быть один и тот же, а его восприятие нашим глазом кардинально отличающимся.

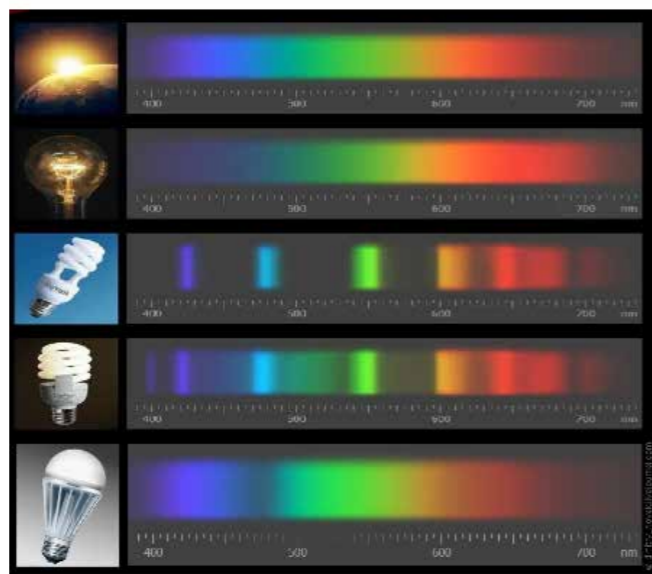


Для классификации качественных характеристик белого света (а следовательно, и источника света, в нашем случае, светодиодного светильника) используются цветовая температура CCT и индекс цветопередачи CRI.

Различные оттенки белого света



Цветовая температура – температура абсолютно черного тела, при которой оно испускает излучение того же цветового тона, что и рассматриваемое излучение. Индекс цветопередачи – относительная величина, показывающая степень близости спектральной характеристики источника света к спектральной характеристике естественного (или идеального) источника света. Зная два эти значения для светодиодного светильника – цветовой температуры и индекса цветопередачи можно понять насколько освещение будет близко к естественному.



Из данной иллюстрации хорошо видно, что свет от газоразрядных ламп имеет «рваный» спектр, иными словами, часть света в нем просто отсутствует, именно поэтому подобные источники света сильно уступают светодиодным источникам по качеству освещения. Также легко заметить, что наиболее близкими к солнечному спектру являются спектры лампочки накаливания и светодиодной лампочки, при это эффективность преобразования электрической энергии в световую выше у светодиодного источника света. В данный момент развития технологий освещения светодиодный источник света является абсолютным лидером по совокупности качественных и количественных характеристик в сравнении с классическими источниками света.

Может ли воздух создавать тени?



Хотя воздух почти идеально прозрачен, он все же может отбрасывать тени за счет преломления света. Эффект преломления возникает, когда показатель преломления среды изменяется по пути прохождения света. Если на пути луча встречаются разные среды, например, воздух и стекло линзы, изменение направления происходит на их границе. А однородные воздух и стекло сами лучи не отклоняют, т. к. внутри имеют постоянные показатели преломления.

Но когда области воздуха имеют разные показатели преломления, воздух действительно может отклонять свет от прямого направления и создавать тень. А возникает этот эффект, когда разные части воздуха имеют различную температуру. Когда воздух нагревается, он расширяется, и его показатель преломления изменяется. Таким образом, объем теплого воздуха и расположенный рядом объем холодного воздуха являются областями с разными показателями преломления. Таким образом, граница раздела между холодным и теплым воздухом искривляет свет и создает тени. Эффект создания теней хорошо заметен, когда сильный прямой солнечный свет проходит через окно, через холодный окружающий воздух, а затем через горячий воздух над обогревателем. Тень, которую эта воздушная система создает на дальней стене, состоит из волнистых катящихся линий, имитирующих турбулентное движение поднимающегося горячего воздуха.

Этот эффект часто возникает в земной атмосфере, называемый атмосферной рефракцией, и приводит к возникновению миражей, мерцающих объектов и других таинственных явлений.

Почему вода делает белую блузку прозрачной?



Правда, мокрая белая блузка иногда выглядит очень привлекательно! Разберемся, почему это происходит. Отдельные волокна, из которых состоит белая сухая ткань, на самом деле не такие белые. Они в основном прозрачные и отражают совсем небольшое количество света. И одиночное волокно выглядит прозрачным, а не белым. Важно понимать,

что отражение света происходит на границе раздела между материалом волокна и воздухом. Следовательно, материал, состоящий из множества мелких волокон, имеет большую площадь поверхности, что дает свету много возможностей для отражения. Кроме того, переплетение волокон создает множество слоев отражающих поверхностей. Следовательно, часть света, которая не отражаясь проходит через первое волокно, может отражаться нижними слоями. В результате большая часть белого света, падающего на неокрашенную ткань, в конечном итоге случайным образом от нее отражается. Таким образом, сухая блузка имеет диффузный белый цвет.

Но если в этой блузке окунуться в воду, ситуация изменится! Вода заполнит все маленькие воздушные карманы ткани и устраним множество отражающих поверхностей. При этом превращая ткань в сплошной кусок материала, который по большей части прозрачен. Вода не делает ткань химически темнее. Вместо этого вода лишь временно делает ткань более прозрачной.

В случае, если блузка окрашена, например, синим пигментом, в мокром состоянии цвет станет более насыщенным, темносиним. Красители поглощают одни цвета и эффективно отражают другие. Добавление воды в окрашенную ткань превращает множественные отражения падающего белого света непрокрашенными ворсинками волокна, поэтому больше света поглощается и отражается именно красителем.

Могут ли люди непосредственно видеть единичный фотон?



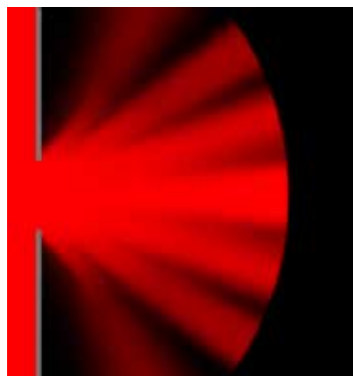
Да. Фактически, фотоны – единственное, что люди могут видеть напрямую. Фотон – это немного света, а человеческие глаза специально созданы для обнаружения света. Это происходит, когда фотоны попадают в глаз и поглощаются одной из палочек или колбочек, покрывающих сетчатку на внутренней задней поверхности глаза. Фотон имеет несколько свойств, и каждое из этих свойств несет информацию об источнике, создавшем фотон, или последнем объекте, который взаимодействовал с фотоном. Основные свойства фотона, несущего информацию, – это цвет (то есть частота), спин (то есть поляризация), местоположение, направление распространения и фаза волны. Анализируя полученную глазом информацию (кроме фазы вращения или волны), мы определяем цвет, местоположение, направление и яркость группы фотонов и формируем представление об объекте наблюдения.

Наши глаза могут видеть пучки фотонов, но могут ли они видеть один изолированный фотон? Каждая стержневая клетка в нашем глазу действительно способна обнаруживать одиночный изолированный фотон. Однако нейронная схема в нашем глазу передает сигнал в мозг только в том случае, если несколько фотонов обнаруживаются примерно в одно и то же время в соседних стержневых клетках. Следовательно, даже если наш глаз способен обнаруживать одиночный изолированный фотон, наш мозг не способен его воспринимать. Если бы это было возможно, изолированный фотон выглядел бы как короткая вспышка яркости в одной точке.





Может ли свет огибать углы?



Свет намного сложнее, чем многие думают. Лучевая картина света, которая описывает свет как пучок стрел, движущихся по прямым линиям и отражающихся от объектов, является понятной и даже полезной картиной, но она сильно упрощена. На самом деле свет – это квантованное колебание электромагнитного поля. Свет всегда колеблется внутри самого себя, что приводит к внутренней интерференции – смешению различных волновых компонентов света, что называется внутренней дифракцией. Эта дифракция заставляет луч света медленно расползаться по мере его движения, так что часть света отклоняется от прямолинейного движения основной части волны. Другие названия простой внутренней дифракции – «расширение луча» или «расходимость луча».

Даже кажущиеся идеальными лазерные лучи расползаются во время движения из-за внутренней дифракции. Это отклонение части света от прямого направления является формой «огибания углов», даже когда угол может не существовать. Луч света расширяется больше (больше поворачивает за угол), если ширина луча меньше его длины волны. Следовательно, можно добиться большего рассеяния света за счет уменьшения ширины луча или увеличения длины волны света. Длина волны видимого света настолько мала, что нам приходится использовать очень узкие лучи видимого света, чтобы заметить его дифракцию. Получается, что свет может огибать углы! Фактически, свет всегда в той или иной степени огибает углы. Это основное свойство света и всех других волн.

Оборотная сторона радуги выглядит так же, как ее лицевая сторона?



У радуги нет обратной стороны. Если бы вы полностью перешли на другую сторону тумана, создающего радугу, и повернулись, вы бы не увидели радугу. К сожалению, мы должны понимать, что радуга не является неподвижным физическим объектом. Это всего лишь световой узор, который становится стабильным изображением только тогда, когда мы смотрим на него под прямым углом. Каждый раз, когда мы смотрим прямо в центр радуги, солнце оказывается у нас за головой. Это потому, что радуга – это просто солнечный свет, который был преломлен и отражен. Преломление происходит, когда солнечный свет проникает и покидает маленькие

сферические капли воды, составляющие туман. Это преломление – причина того, что радуга разбрасывается по цветам и изгибается. Однако общее расположение радуги определяется главным процессом отражения солнечного света от внутренней задней поверхности капели воды. Солнечный свет, который отражается только один раз от внутренней тыльной стороны капели тумана, составляет первичную радугу. Кроме того, небольшое количество солнечного света дважды отражается от внутренней задней поверхности. Следовательно, этот свет выходит из капели тумана под немного другим углом, что приводит к вторичной дуге. Это второе отражение лишь немного меняет направление света. Однако и основную, и дополнительную арку можно увидеть только при взгляде в сторону от солнца. Ни одна из них не может быть видна с обратной стороны, если смотреть на солнце.

Как Архимед использовал зеркала, чтобы сжигать корабли римских захватчиков?



К сожалению фанатов Архимеда, приходится констатировать, что Архимед не использовал зеркала для сжигания кораблей римских захватчиков. Хотя в этом красивом мифе утверждается, что, фокусируя солнечные лучи, зеркала Архимеда подняли температуру кораблей настолько, что они загорелись. Проблема этой истории заключается в том, что:
• Если корабли находятся достаточно далеко, чтобы безопасно их атаковать с помощью солнечного света, то расстояние не позволит надежно сфокусировать солнечный свет.
• Солнечный свет может доставить достаточно энергии для воспламенения ткани парусов, только если он идеально сфокусирован. Чтобы сфокусировать солнечный свет до нужной Архимеду интенсивности, требуется очень большое и эффективное зеркало. В случае битвы под Сиракузами зеркало должно было бы быть площадью не менее 440 м². Несмотря на то, что защитники Сиракуз не могли использовать зеркала для сжигания римских кораблей, этот миф все же может иметь некоторое основание на самом деле. Возможно, зеркала использовались, чтобы ослепить и сбить с толку римские экипажи, а поджигали корабли горящие стрелы, попадающие в паруса.

Что делает пламя костра оранжевым?



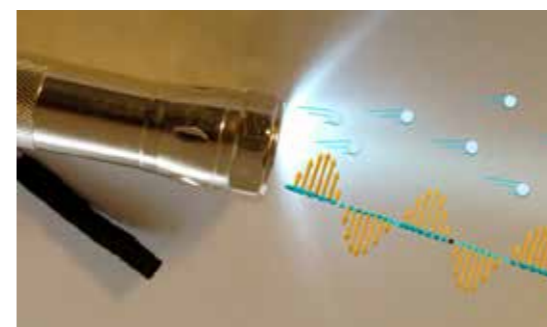
На первый взгляд кажется, что пространство, в котором существует пламя, содержит только нагретые газы, поэтому излучаемый свет должен быть линейчатым спектром только с несколькими различными цветами. Но это явно не так! Пламя имеет широкий диапазон цветов: от красного до оранжевого,

до желтого и всех цветов между ними. Так что свечение пламени вызывается иными механизмами, чем нагретые газы. Лучшее описание цвета пламени костра: беловато-оранжевый. Это в точности соответствует цвету теплового излучения лампы накаливания. Оказывается, в пламени костра есть маленькие твердые частицы полусгоревшего дерева, называемые «сажей», которые настолько горячие, что светятся.

Когда вы смотрите на беловато-оранжевое пламя, вы видите облако маленьких, горячих, светящихся твердых кусочков наполовину сгоревшего топлива. Горячий воздух, поднимаясь, захватывает эту раскаленную сажу и уносит ее вверх. По мере того, как сажа поднимается, она охлаждается, и ее тепловой спектр смещается ко все более красным оттенкам. Вот почему нижняя часть пламени светло-желтая, а когда вы смотрите выше, она меняется на светло-оранжевую, затем краснеет, а затем на инфракрасную (которую мы не видим, но можем почувствовать рукой).

Пламя костра на самом деле простирается на несколько метров в воздух, мы просто не можем видеть верхнюю часть, потому что сажа достаточно остыла и излучает в основном инфракрасной области.

Свет – это частица или волна?



Начнем с того, что свет – это и частица, и волна. Но в точном представлении свет – это не частица и не волна, а нечто более сложное.

В качестве метафоры представьте цилиндрическую консервную банку с горошком. Если вы держите банку боком, заставляете друга смотреть только на ее тень и спрашиваете, какую форму имеет объект, он ответит «прямоугольную». Но теперь поверните банку на девяносто градусов, попросите второго друга взглянуть только на тень, и он скажет вам, что банка «круглая». Проблема в том, что ваши друзья смотрели на тени консервной банки, а не на сам объект. Они оба правы и оба ошибаются. Тень – это двумерное свернутое представление трехмерного объекта.

Ситуация очень похожа, когда дело касается квантовых частиц, таких как свет. Сказать, что свет – это частица, – значит смотреть на него как на свернутое представление более сложной сущности. Точно так же, чтобы представить свет как волну, нужно рассматривать его как более простой объект, чем он есть на самом деле. Свет иногда действует как волна, а иногда действует как частица, в зависимости от ситуации. Например, свет далекой звезды на пути от звезды до глаза наблюдателя ведет себя как волна, а как только начинается взаимодействие с сетчаткой – частица.

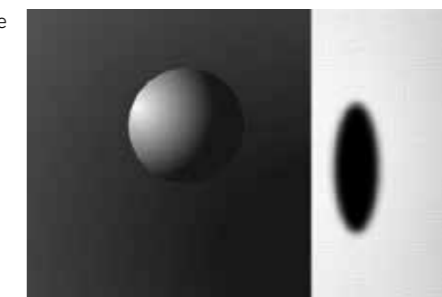
Самая малая частица света называется фотоном. Подробно волне, фотон испытывает дифракцию (изгибание углов), интерференцию (узоры с полосами), преломление (изгиб траектории при входе в материал), отражение, дисперсию (распространение формы волны), когерентность (выстраивание фаз), имеет частоту. Как частица, фотон характеризуется фиксированной энергией, фиксированным импульсом и фиксированным спином и занимает фиксированное положение в пространстве.

Какого цвета Солнце?



Цвет Солнца белый. Солнце излучает все цвета в видимом диапазоне более или менее равномерно, и в физике это сочетание называется «белым». Вот почему мы можем видеть так много разных цветов в мире природы при освещении солнечным светом. Если бы солнечный свет был чисто зеленым, то все снаружи выглядело бы зеленым или темным. Мы можем видеть красноту розы и голубизну крыльев бабочки под солнечным светом, потому что солнечный свет содержит и красный, и синий цвет, и все другие цвета. Тот факт, что вы видите все основные цвета, присутствующие в радуге (которая представляет собой солнечный свет, разделенный туманом), и ни один из цветов не пропадает, является прямым доказательством того, что солнечный свет белый. Солнце излучает все эти цвета, потому что оно является нагретым телом и излучает свет в процессе теплового излучения. Так же, как раскаленный уголь или светящийся элемент электрической лампы, Солнце светится всеми цветами из-за своей температуры. Вот почему лампы накаливания излучают свет, который так хорошо имитирует солнечный свет: они содержат раскаленную металлическую нить, которая светится так же, как Солнце.

Какая скорость у темноты?



Тьма движется со скоростью света. Точнее, тьма не существует сама по себе как уникальная физическая сущность, это просто отсутствие света. Темнота – это то, что вы получаете после того, как перестает приходить свет, и, следовательно, она движется со скоростью света. Если Солнце внезапно исчезнет, оно перестанет светить на Землю, и Земля потемнеет. Но солнечному свету требуется 8 минут 19 секунд, чтобы достичь Земли. Последнему лучу после исчезновения Солнца потребуется 8 минут и 19 секунд, чтобы достичь нас. Темноте, которая наступает сразу после последнего луча света, также потребуется 8 минут и 19 секунд, чтобы достичь нас. Мы на Земле увидим, как Солнце исчезает с неба только через 8 минут и 19 секунд после того, как оно исчезнет. Совсем мало...



Как проекторы проецируют черный цвет?



Проекторы не проецируют черный цвет. Это не имеет смысла, поскольку черный на самом деле означает отсутствие света, и вы не можете проецировать то, чего не существует. Когда проектор направляет луч света на стену или экран проектора, так что изображение формируется на стене или экране, части изображения, которые выглядят черными, на самом деле освещаются очень слабым белым цветом (который мы иногда называем серым). Проектор направляет свет на все части изображения, включая те, которые мы воспринимаем как черные. Некоторое количество белого света действительно излучается на части изображения, которые должны быть черными, но свет достаточно слаб в этих областях. Эти области выглядят черными, когда они окружены областями изображения, которые получают гораздо больше света и поэтому намного ярче. А оценка цвета глазами и мозгом происходит на основе того, как он выглядит по отношению к цветам окружающих объектов, а не на основе абсолютного спектрального содержания цвета.

Что произойдет, если вы поедете на машине со скоростью, близкой к скорости света, и включите фары?



Свет в вакууме всегда движется с одной и той же скоростью c , ровно $299\,792\,458$ м/с, независимо от того, как он создается или как наблюдается. Если вы разогнали автомобиль до скорости близкой к скорости света относительно земли и включите фары, то свет фар будет тоже двигаться со скоростью света. Для вас, мчащегося в машине, свет будет двигаться со скоростью c , и ваша подруга на земле также будет видеть этот свет, движущимся со скоростью c . Как такое возможно?

Когда предмет движется очень быстро (близко к скорости света) относительно системы отсчета, для него время замедляется! Физически происходит следующее: время в системе отсчета автомобиля, за которым наблюдает ваша подруга на земле, замедляется, и свету фар действительно потребуется много времени, чтобы уйти от машины. Именно это видит ваша мужественная подруга на земле. Этот релятивистский эффект известен как замедление времени. Чем ближе машина приближается к движению со скоростью c по отношению к Земле, тем медленнее ее время движется по отношению к земному, поэтому свет в фарах будет казаться застывшим. Да, и будьте готовы, что ваша подруга к вашему возвращению серьезно повзрослеет...!

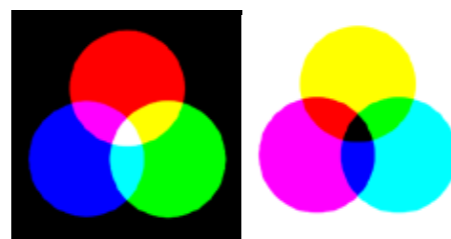
Почему вены синего цвета?



Сами вены у людей не синие, они в основном бесцветные. Цвет им придает кровь в венах, но и она не синяя и не голубая, даже у знатных людей. Кровь всегда красная. Кровь, насыщенная кислородом (в основном текущая по артериям), ярко-красная, а кровь, потерявшая кислород (в основном текущая по венам), темно-красная. Любой, кто сдавал кровь, может подтвердить, что венозная кровь темно-красная, а не синяя. Кровь в ваших венах кажется синей, потому что вы смотрите на свои вены через слои кожи и жира. Кожа рассеивает большую часть красной части белого света, прежде чем он сможет отразиться от крови, оставляя синий свет отражаться от крови и возвращаться обратно к нашим глазам. Это похоже на то, как белое Солнце кажется красным на закате из-за того, что синие цвета рассеиваются атмосферой.

Почему красный, желтый и синий являются основными цветами в живописи, а на экранах компьютеров используются красный, зеленый и синий?

Наиболее эффективные цветовые системы – это те, которые точно соответствуют физическому функционированию человеческого глаза, поскольку именно человеческий глаз воспринимает цвет. Сетчатка человеческого глаза содержит массив светочувствительных клеток в форме маленьких колбочек и палочек. Колбочки бывают трех видов: обнаруживают красный, зеленый и синий цвет. «Красная» колбочка преимущественно определяет красный цвет, но она также может обнаруживать немного других цветов. Следовательно, даже несмотря на то, что у людей нет «желтых» колбочек, мы все равно можем видеть желтый свет, когда он запускает работу «красной» колбочки и «зеленой» колбочки. Таким образом, у людей есть встроенный механизм декодирования цвета, который позволяет нам воспринимать миллионы цветов, хотя у нас есть только зрительные клетки, которые преимущественно видят красный, зеленый и синий цвет.



Мы можем либо создать цвет напрямую, используя источники света, либо отразить белый свет от материала, который поглощает определенные цвета. Система, которая создает свет напрямую, называется аддитивной цветовой системой, поскольку цвета от разных источников света (Красного, Зеленого, Синего (RGB)) складываются вместе, чтобы дать окончательный луч света. Примеры аддитивных цветовых систем – компьютерные экраны. Каждый пиксель изображения на экране компьютера – это всего лишь небольшая коллекция источников света, излучающих разные цвета. Если вы показываете изображение апельсина на экране своего компьютера, это не значит, вы включили на экране оранжевые источники света. Скорее, вы включили крошечные источники света с красным светом, а также крошечные источники света с зеленым светом на экране, а красный и зеленый свет сложились, чтобы получился оранжевый. В отличие от аддитивной системы цветовых систем, которые удаляют цвета за счет поглощения, называются субтрактивными цветовыми системами. Они называются так, потому что окончательный цвет достигается за счет

белого света (который содержит все цвета) и последующего вычитания определенных цветов, оставляя нужные цвета. Примерами субтрактивных цветовых систем являются краски, пигменты и чернила. Изображение апельсина, напечатанное в газете, не обязательно создается путем распыления оранжевых чернил на бумагу. Скорее, на бумагу распыляются желтые и пурпурные чернила. Желтые чернила поглощают синий свет, а также немного зеленого и красного из луча белого света, в то время как пурпурные чернила поглощают зеленый свет, немного синий и красный, оставляя только оранжевый, который отражается от изображения. Следовательно, основные цвета наиболее эффективной системы вычитания – это противоположности красного, зеленого и синего, которые оказываются голубым, пурпурным и желтым (СМУ).

Таким образом, наиболее эффективными цветовыми системами являются красный-зеленый-синий для аддитивных цветовых систем и голубой-пурпурный-желтый для субтрактивных цветовых систем. Так откуда же взялась красно-желто-синяя цветовая система, которой учат в начальных курсах живописи? Краска – это субтрактивная цветовая система, и поэтому наиболее эффективными основными цветами для рисования являются голубой, пурпурный и желтый.

Почему небо голубое?



Конечно, вы вспомнили про Рэлеевское рассеяние. Безусловно, да, но если бы действовал только этот эффект, то небо было бы не голубым, а фиолетовым. Разберемся, почему оно все-таки голубое!

Здесь действуют 4 фактора:

- Эффект Рэлеевского рассеяния возникает, когда свет отражается от объекта, размер которого намного меньше его длины волны. В атмосфере объектами, производящими рассеяние, в основном являются молекулы азота и кислорода. В результате более высокочастотные цвета солнечного спектра, такие как синий и фиолетовый, рассеиваются намного сильнее, чем низкочастотные цвета, такие как красный и оранжевый.
- Сам спектр солнечного света совсем не однороден. Температура поверхности Солнца составляет около 5800 Кельвинов, что дает тепловое распределение излучения с пиком в инфракрасном диапазоне. Таким образом, солнечный свет, попадающий в атмосферу, не является равным сочетанием всех цветов, а представляет собой сочетание всех цветов с преобладанием красно-оранжевого, а совсем не фиолетового.

Но и это еще не все!

- По мере прохождения солнечного света через толстую атмосферу он становится все слабее, потому что на всем пути он частично рассеивается. Скорость, с которой он становится слабее, выше для более высокочастотных цветов. Другими словами, поскольку синий и фиолетовый рассеивают больше всего, они также быстрее всего удаляются из движущегося вперед луча, когда он проходит через атмосферу. Этот эффект делает закаты красными и оранжевыми, т. е. свету до наблюдателя приходится проходить через гораздо большие слои атмосферы. При этом все зеленые, синие и фиолетовые цвета уже рассеяны более высокими слоями атмосферы, а остались в основном красные и апельсиновые.
- Финальный аккорд в голубой цвет неба вносят особенности восприятия цвета человеческим глазом. Наши глаза более чувствительны к синему свету, чем к фиолетовому.

Вот теперь небо стало реально голубым!

Почему от вспышки фотоаппарата глаза краснеют?



К счастью, вспышки фотоаппарата не заставляют глаза краснеть. Глаза внутри всегда красные. Яркий свет вспышки камеры только делает цвет более очевидным. По сути, наш глаз представляет собой полый шар, наполненный прозрачной жидкостью. Отверстие в передней части глаза, зрачок, пропускает свет в пустое пространство внутри глаза. Свет проходит через это пространство и затем попадает на внутреннюю заднюю поверхность глаза, известную как сетчатка. Сетчатка заполнена клетками, которые обнаруживают свет, превращают его в электрические сигналы и передают сигналы в мозг, где световой узор воспринимается как визуальное изображение. Приблизительно 100 миллионов светочувствительных клеток на сетчатке глаза человека дают нам потрясающее визуальное разрешение, но им также требуется колоссальное количество крови, чтобы поддерживать их работу. Эта кровь и придает сетчатке красный цвет.