



Федеральное государственное казенное образовательное учреждение
Высшего образования
Волгоградская академия МВД России

«Цветоведение и основы колориметрии»
Мультимедийная презентация к фондовой
лекции по теме № 5

«Психология зрительного восприятия.
Особенности восприятия цвета
человеком» (2 часа)

Начальник кафедры
криминалистической техники УНК ЭКД
полковник полиции А.А. Курин

Обсуждена и одобрена
на заседании ПМС-3
протокол № 4
от «01» декабря 2016 г.

Волгоград 2016

План лекции:

- 1. Природа трехцветного зрения.**
- 2. Работа глаза.**
- 3. Субъективность восприятия окружающего мира.**
- 4. Различимость деталей объектов. Дневное и сумеречное зрение.**
- 5. Законы Грассмана, цветовые модели. Метамерия цвета.**
- 6. Особенности восприятия цвета человеком, типовые ошибки и способы их устранения.**

1. Основы трехцветного зрения

Природа цвета

Причиной возникновения цветовых ощущений является световое излучение, создаваемое источником либо отражаемое объектом.

Большинство предметов сами ничего в видимом диапазоне не излучают, а только отражают свет, поэтому цвета как такового не имеют.

Цвет появляется лишь после того, как предмет будет освещен излучением того или иного спектрального состава.

Трехцветная теория цветового зрения рассматривает любой цвет как результат воздействия на органы зрения синего, зеленого и красного световых потоков, смешанных в различных соотношениях. Она определяет и возможность путем синтеза получать множество цветовых оттенков из ограниченного их набора.

– Цвета (излучения), посредством которых при синтезе формируется цветное изображение, являются **основными**.

– Цвета, которые при смешении дают белый или черный цвет называются **дополнительными**.

Световые излучения, объективно существующие как физическое явление, вызывают ощущения определенных цветов, но сами цвета не имеют.

Понятие цвета как физического явления неразрывно связано с физиологией человека. Цветовые ощущения не существуют независимо от органов зрения человека, органов его восприятия.

Цвет – это свойство тел вызывать определенные зрительные ощущения в органах зрения человека в соответствии со спектральным составом и интенсивностью испускаемого источником или отражаемого предметом видимого излучения.

Восприятие цвета человеком включает три стадии:

– на **физической стадии** оптическая система глаза отображает на сетчатку глаза – оптическое изображение, под действием которого возникают первичные сигналы о цвете наблюдаемого объекта;

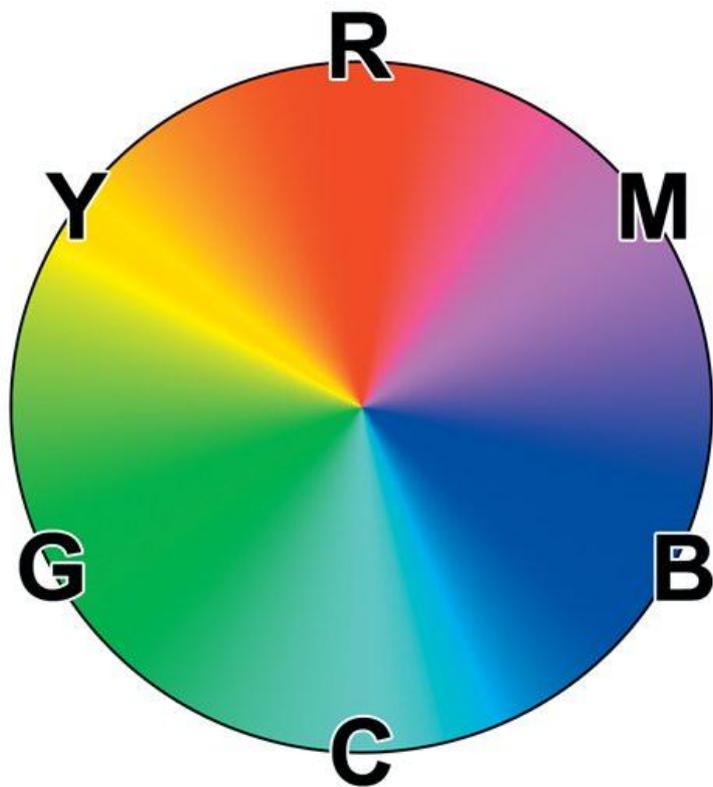
– на **физиологической стадии** происходит адаптация глаза к тем или иным условиям освещения;

– **психофизиологическая стадия** включает сложные процессы формирования зрительного образа предмета в коре головного мозга, его опознавание.

Способы выражения цвета

Цвет определяется длиной световой волны. С помощью призмы «белый» солнечный свет разлагается на множество цветовых оттенков, образуя **спектр солнечного света** (от красного до фиолетового).

В нем можно выделить те или иные участки и получить одноцветные **монохроматические излучения**. Цвета монохроматических излучений, выделенных при разложении света в спектр, называются **спектральными**.



**Белый цвет – это смесь
из семи основных
цветов:**

**красного (red),
оранжевого (orange),
желтого (yellow),
зеленого (green),
голубого (cyan),
синего (blue),
фиолетового (violet).**

**Черный цвет – это
отсутствие любого из
цветов.**

**Графическая модель зрения
человека в виде цветового круга**

В спектре солнечного света при разложении, например, в радуге, отчетливо наблюдаются синяя, зеленая, красная области, разделенные небольшими по величине участками сине-голубых и желто-красных цветов.

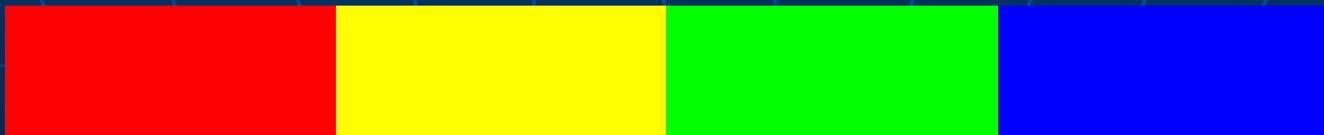
Спектральный состав света источника можно приблизительно представить **триема зонами излучений – синей, зеленой и красной, которые имеют равномерное распределение энергии в пределах зоны, составляющей примерно третью часть оптического спектрального диапазона.**

Все оттенки цвета, существующие в природе, делятся на две группы:

– **ахроматические** (черно-белые или бесцветные) – белый, черный и все оттенки серого. Отличаются друг от друга только яркостью (светлотой);

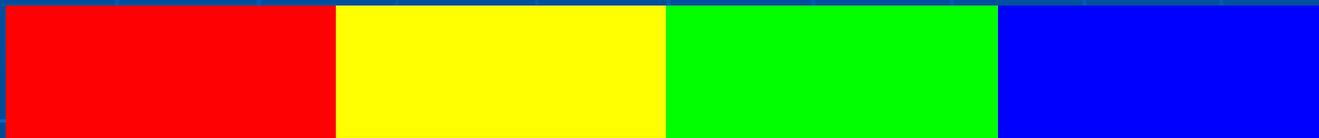


– **хроматические** (цветные) – все спектральные цвета и все оттенки между ними.



Каждый хроматический цвет (оттенок) характеризуется тремя свойствами:

– цветовой тон (оттенок) – это свойство, отличающее один хроматический цвет от других.



Оно определяет место цвета в спектре и позволяет различать собственно цвета (красный, зеленый и т. д.). Различные тона создаются светом различной длины волны;

– **насыщенность** характеризует чистоту цвета, степень близости к спектральному, отличие хроматического цвета от разбавленного белым при их смешивании, степень его заметности.

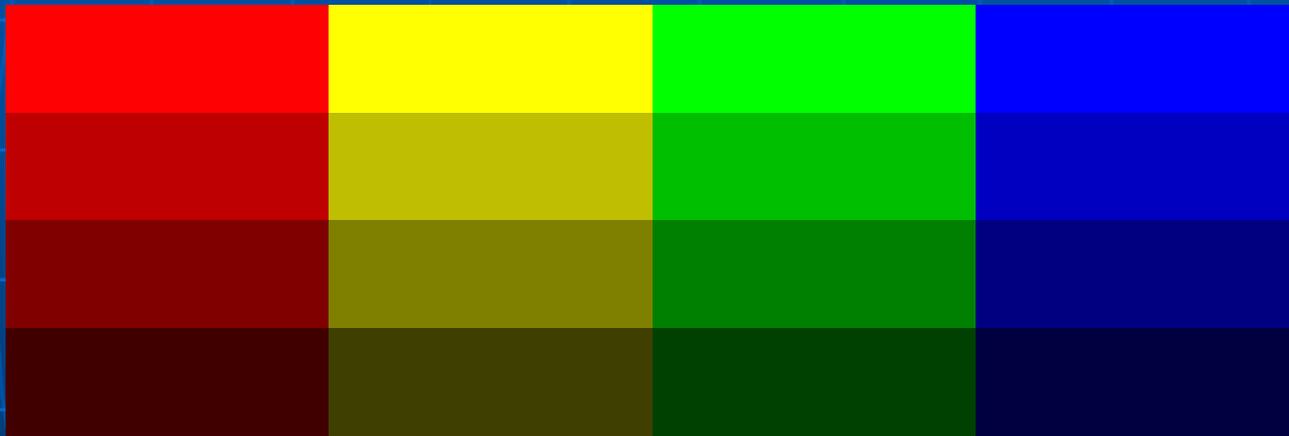
Насыщенными являются чистые спектральные цвета.



С уменьшением насыщенности цвет светлеет, будто к нему добавляют белую краску. При минимальной насыщенности (0%) любой цвет становится белым;

– **светлота** выражает относительную яркость цвета. Это количественная характеристика зрительного ощущения, определяемая действующим на глаз излучением.

Светлота определяет освещенность (затемненность) цвета – степень добавления черной краски (светлый – темный).



Яркость дает представление об интенсивности, как о факторе, не зависящем от цветового тона и насыщенности. Уменьшение яркости цвета означает его затемнение. При минимальной яркости (0%) любой цвет становится черным.

2. Работа глаза

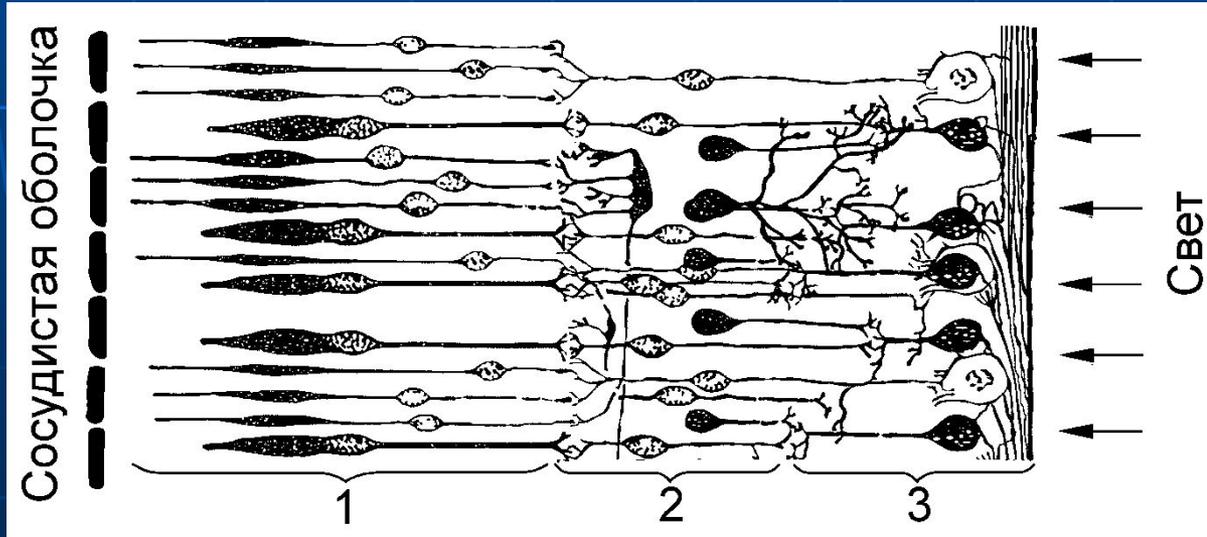
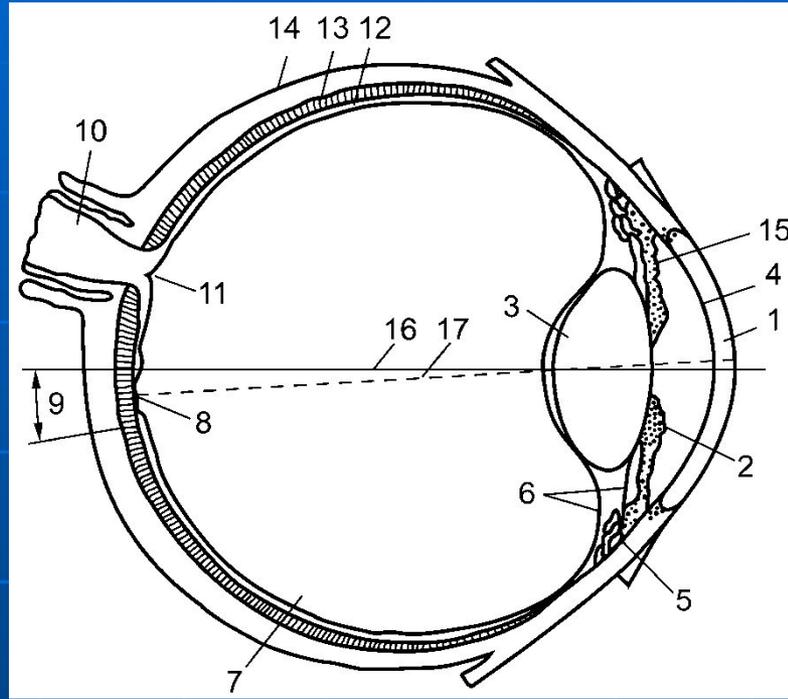
Цветовое зрение – способность глаза различать цветность освещенных объектов.

Зрительная система человека – система нервных окончаний – **фоторецепторов**, чувствительных к электромагнитным излучениям в интервале 380–720 нм.

За цветовое зрение отвечают две группы фоторецепторов:

- палочный аппарат зрения – ночное (510 нм);
- колбочковый аппарат – дневное (554 нм).

Сумеречное зрение – при средних освещенностях – оба вида рецепторов.



Механизм цветового зрения человека основывается на способности рецепторов (колбочек) по-разному реагировать на излучения оптического диапазона.

Колбочки различных групп вызывают цветовые ощущения чувствительные к излучениям с длиной волны :

- 380–510 нм (мах 437 нм) – синего цвета;**
- 470–560 нм (мах 533 нм) – зеленого;**
- 540–720 (мах 564 нм) – красного.**

В основе механизма восприятия цвета человеком лежат три процесса:

– **цветоделение** – деление оптического изображения на три составляющие – синюю, зеленую и красную ;

– **градационный** – включает получение сведений о распределении яркостей в каждой точке изображения на основе степени возбуждения рецепторов светом;

– **синтез цвета** – поступающие в мозг от каждого типа рецепторов сигналы формируют ощущения синего, зеленого и красного цвета.

Суммарно они ассоциируются с цветом каждой точки предмета.

3. Субъективность восприятия окружающего мира

Цвет/тон	Ассоциации и воздействие
<i>Яркие тона</i>	Живость, яркость
<i>Неяркие (пастельные) тона</i>	Спокойствие, мягкость
<i>Желтый</i>	Приветливость, веселость, энергичность, живость. «солнечная» атмосфера. При использовании на большой площади создает ощущение «дешевизны» и вызывает беспокойство
<i>Оранжевый</i>	Тепло, уверенность, свет. При использовании на большой площади также создает ощущение «дешевизны»

<i>Синий</i>	Действует расслабляюще, успокаивающе. Сам по себе или в сочетании с белым голубой цвет внушает ощущение холода, стерильности, некоммуникабельности. Ассоциируется с льдом, морем. Цвет верности
<i>Зеленый</i>	Стабильность, надежность. Воздействует освежающе, успокаивающе либо нейтрально. Ассоциируется с природой и весной. Цвет жизни
<i>Коричневый</i>	Создает атмосферу уюта и безопасности. Оттенки коричневого воспринимаются как приятные и располагающие к коммуникации. Бежевый цвет воспринимается как претенциозный. Кроме того, это цвет традиции. Также ему приписывают значения «бедность», «лень», «глупость» и «мещанство»
<i>Красный</i>	Активизирует и возбуждает. Теплый цвет, который издавна считается краской страсти, провокации, опасности. Это цвет экстремизма, крайности
<i>Розовый</i>	Этот цвет гораздо спокойнее, чем красный. С розовым ассоциируются интимность и счастье
<i>Серый</i>	Достоинство, уверенность. Однако этот цвет может воздействовать депрессивно, внушать мысли о старости. Эмоционально — нейтральный
<i>Черный</i>	Передает глубину, однако может воздействовать депрессивно, наводить на мысли о болезнях и смерти (траур). Кроме того, ассоциируется с властью
<i>Белый</i>	Символизирует невинность, божественность, нейтральность, при использовании на большой площади создает ощущение стерильности.

Для работы в области судебной фотографии практическое значение представляют пары цветов, один из которых в трехцветной системе является первичным (основным), а другой дополнительным к нему:

- К и З дают Ж цвет, дополнительный к С;**
- К и С дают П цвет, дополнительный к З;**
- З и С дают Г цвет, синий дополнительный к К.**

Аддитивный (слагательный) способ синтеза цвета

Основан на смешении потоков световых излучений трех спектральных зон – синей, зеленой и красной. Излучения этих зон спектра являются **основными цветами** аддитивного синтеза.

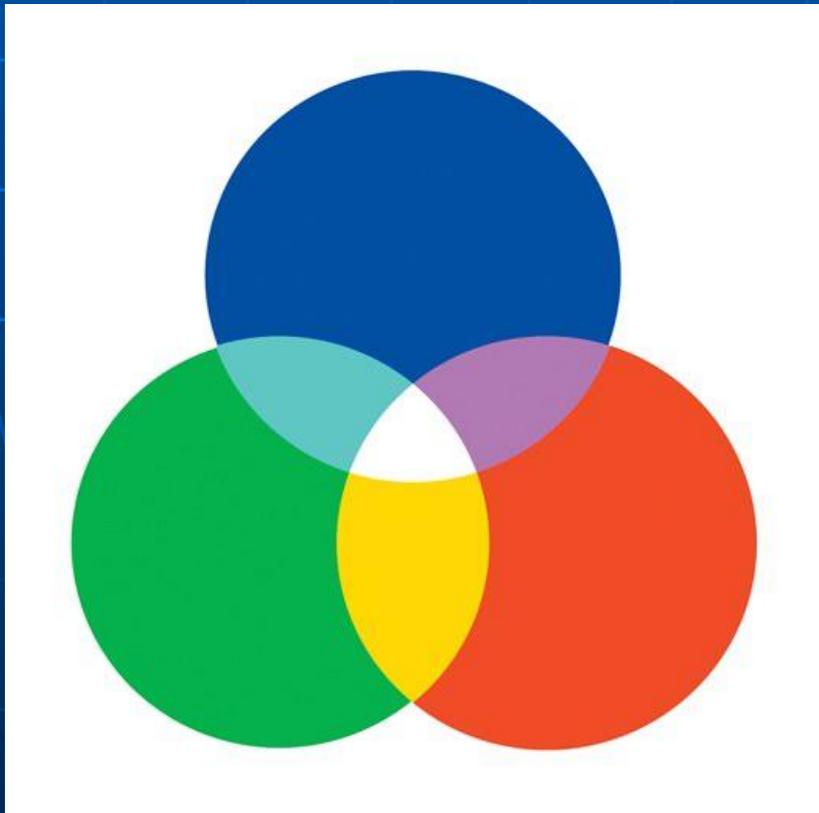


Схема аддитивного синтеза цвета

Субтрактивный (вычитательный) способ синтеза цвета

Основан на вычитании из потока белого света составляющих его излучений – синей, зеленой и красной с помощью физических сред – светофильтров (красителей), поглощающих один из первичных цветов и пропускающих два других.

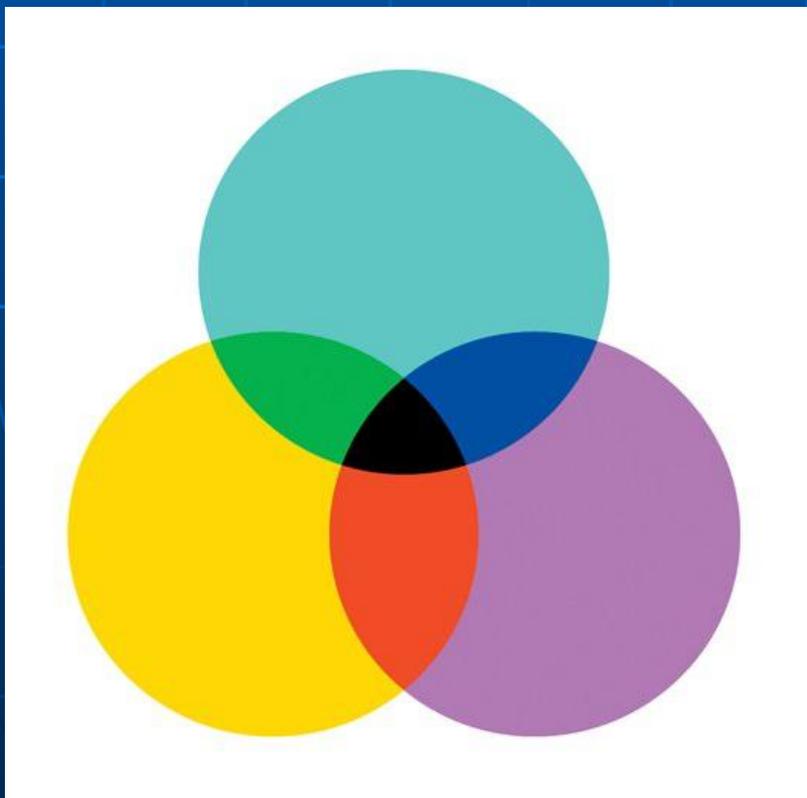
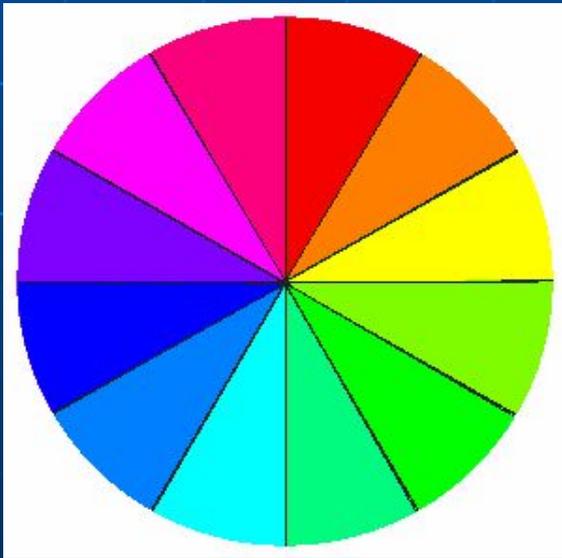


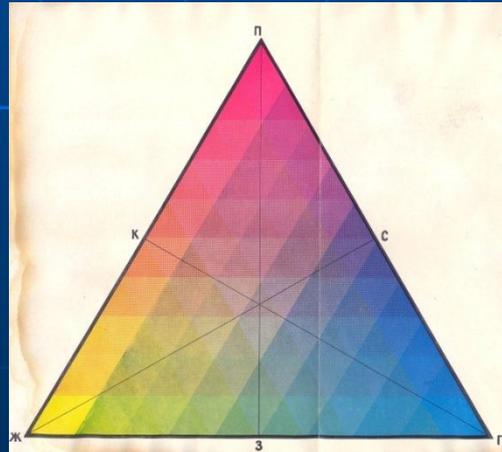
Схема субтрактивного синтеза цвета

Графическое выражение цветовых соотношений

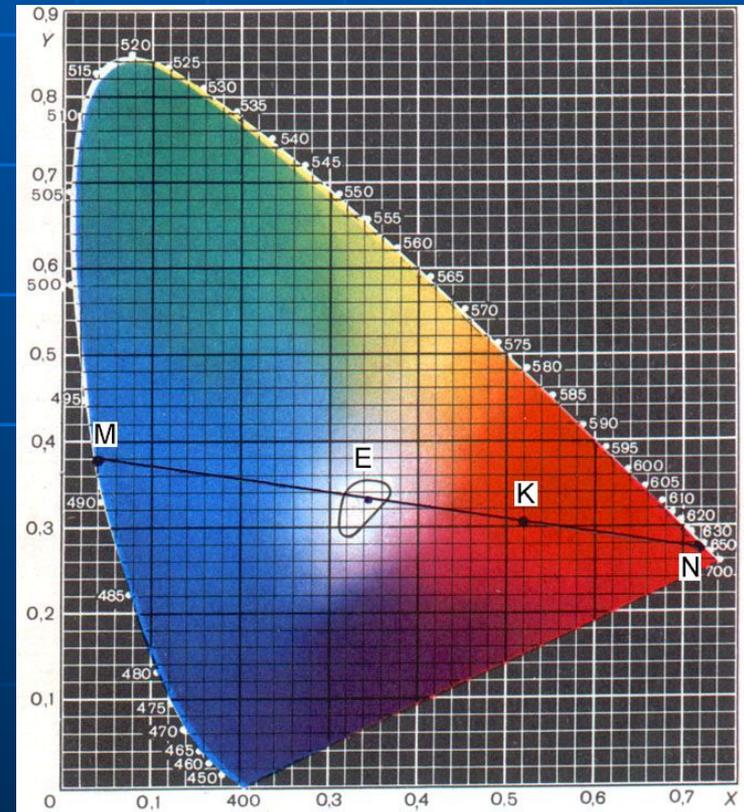
Соотношение цветовых оттенков, получаемых при том или ином способе синтеза цвета, удобно выражать графически в виде цветового треугольника (цветового круга). Такая форма выражения цвета принята в международной колориметрической системе.



Цветовой круг с двенадцатью основными цветами



Цветовой треугольник



Цветовой график в Международной колориметрической системе (МКС)

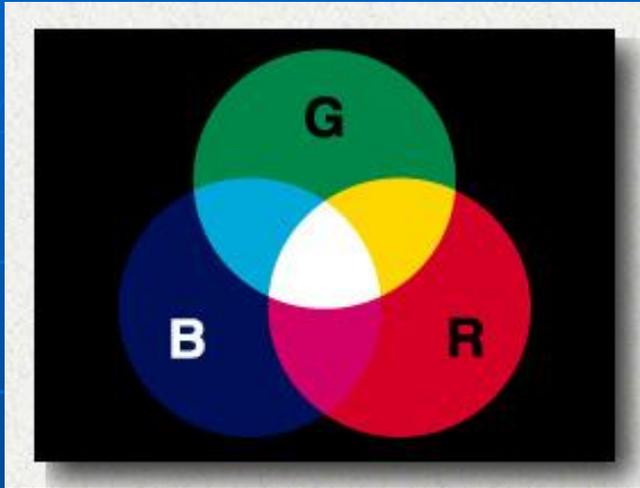
5. Законы Грассмана, цветовые модели. Метамерия цвета.

Цветовые системы (цветовые модели) представляют собой набор первичных цветов, используемых для получения всех всевозможных оттенков.

Они используются для описания цвета, полученного излучением и отражением, и дают наглядное и количественное представление о параметрах цвета в зависимости от конкретных практических требований.

Цветовая модель – это метод для определения цветов, с помощью которых можно рассчитать и построить на бумаге любой цвет и оттенок.

Цветовая система *RGB*



Система *RGB* является аддитивной моделью представления цвета с основными цветами (Red Green Blue – Красный Зеленый Синий).

Используется в светящихся мониторах, телевизорах и аналогичных устройствах.

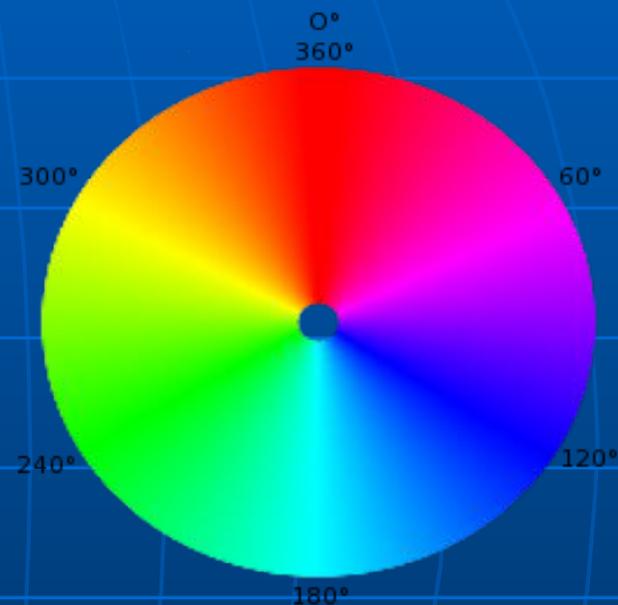
При синтезе цвета в *RGB*-модели каждая точка изображения (*пиксел*) включает в себе три точки, светящиеся красным, зеленым и синим цветом.

В зависимости от конструкции мониторы могут передавать различную глубину цвета. Для так называемых **полноцветных палитр** различают 16-битную, 24-битную, 32-х и 48-и битную глубину цвета.

Цветовая система *HSB*

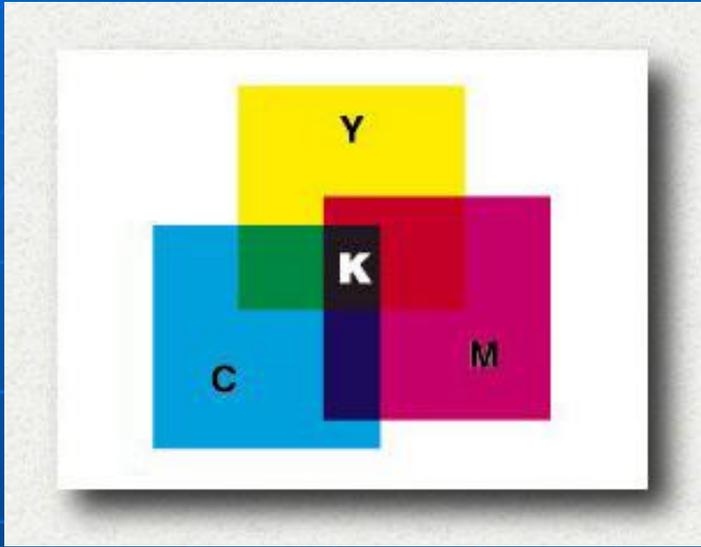
Построена на основе параметров графической модели зрения человека.

HSB – первые буквы параметров:
– цветовой тон (*Hue*);
– насыщенность (*Saturation*);
– светлота (*Brightness*).



Любой цветовой оттенок может быть получен из чистого спектрального цвета с добавлением определенного процента белой и черной красок.

Цветовая система *CMY*



Система *CMY* формирует цвета в отраженном свете. Является субтрактивной (вычитательной) моделью выражения цвета с характерными цветами: Голубой Пурпурный Желтый.
Применяется при печати снимков.

Принцип синтеза цвета противоположен *RGB* – цветовые оттенки формируются за счет поглощения красителями цветовых составляющих падающего на предмет света:

- Г поглощает К лучи, отражает С и З;
- Ж поглощает С лучи, отражает К и З;
- П поглощает З лучи, отражает С и К.

Цветовая система *СМУК*

В системе *СМУК* базовыми цветами являются – Голубой
Пурпурный Желтый Черный.

Ключевой (key) черный цвет имеет важное значение для формирования цветовых оттенков. С его помощью получают не только черный цвет, но и «темные» оттенки любого цвета.

Более качественные изображения при печати получают применением систем из 6 и более красителей – системы с добавлением светло-голубой, светло-пурпурной красок в струйных принтерах.

6. Особенности восприятия цвета человеком, типовые ошибки и способы их устранения

1. Влияние прямых раздражителей (УФЛ), вызывающих воспаление роговицы и соединительных оболочек глаза, флуоресценцию хрусталика, помутнение хрусталика и выгорание сетчатки. Для исключения данного рода помех необходимо избегать длительного воздействия на зрительный аппарат коротковолнового излучения, оказывающего сильное биологическое воздействие.
2. Влияние непрямых раздражителей - вкусовые, слуховые, тепловые, обонятельные, нестабильные эмоциональные состояния. В помещении лаборатории не допускается посторонний шум, музыка, запахи химических реактивов. Для этого должны быть созданы комфортные температурные условия, удобное положение эксперта при работе за микроскопом или иным прибором наблюдения и исследования. Запрещается на рабочем месте принимать пищу, жевать жевательную резинку.
3. Условия освещения должны быть комфортными: естественное или искусственное; степень удаленности источника от рабочего места. В зависимости от спектрального состава излучения нарушается правильность цветовосприятия объекта, а при использовании технических средств фиксации – правильность передачи цвета на изображении.

4. Цветовое утомление наступает после длительного микроскопирования, что затрудняет восприятие деталей определенного цвета, эксперт длительное время не различает определенных цветов при работе в одной зоне спектра. Для исключения данной причины необходимо сначала определить цвет объекта невооруженным глазом, а затем приступить к микроскопированию, делая перерывы в работе.

5. Освещенность сетчатки глаза. При слабой освещенности синие цвета начинают казаться более светлыми по сравнению с желтыми и красными, тогда как при сильном освещении они были одинаково яркими. Если после работы с микроскопом эксперт различает желтый цвет и не различает синий и зелёный цвет – цветные метки на объективах микроскопов, следует сделать перерыв в работе для восстановления зрительных функций.

6. Зрительная инерция – быстро перемещая предметный столик при микроскопировании в поле зрения появляются новые цвета, отличающиеся от действительно присутствующих цветов. Необходимо избегать одновременного наблюдения микроморфологических признаков объекта и быстрого перемещения их в поле зрения микроскопа.

7. Светлотный контраст – визуально белый объект на черном фоне кажется больше, чем черный объект на белом фоне.

8. Последовательный контраст – после прекращения действия какого-либо излучения действовать на глаз другим излучением, то последовательный образ от первого объекта сложится с ощущением второго объекта.

9. Краевой контраст (контуры, зрительно возникающие на границах разноярких объектов, подчёркивают разницу граничащих участков, что облегчает восприятие разницы. Отрицательное значение данного эффекта проявляется в том, что при наблюдении одновременно нескольких объектов в одном поле зрения могут обнаруживаться несущественные различия.

10. Одновременный контраст – влияние цвета фона на цвет объекта и влияние размера окружающих объектов на восприятие размеров наблюдаемых объектов на восприятие размера наблюдаемого объекта. Серый объект на красном фоне приобретает зелёный оттенок, на синем – желтый, желтый объект на красном фоне зрительно становится зеленым, на зеленом – оранжевым.

Воспроизведение цвета в цифровом фотопроцессе

Цифровые сенсоры сами чувствительностью к цвету не обладают.

Получение цветного изображения, как и в аналоговом фотопроцессе, основано на процессах цветоделения и синтеза цвета.

Цветоделение достигается применением в процессе съемки светофильтров, соответствующих основным цветам аддитивного или субтрактивного синтеза цвета.

Мультиэкспозиционные системы



Основаны на трехкратном экспонировании объекта. Для цветоделения применяют красный, синий и зелёный светофильтры. Их смена осуществлялась с помощью цветового диска, в радиально расположенных отверстиях которого они размещаются.

Полученные изображения с помощью программного обеспечения преобразуются в компьютере в один полноцветный кадр.

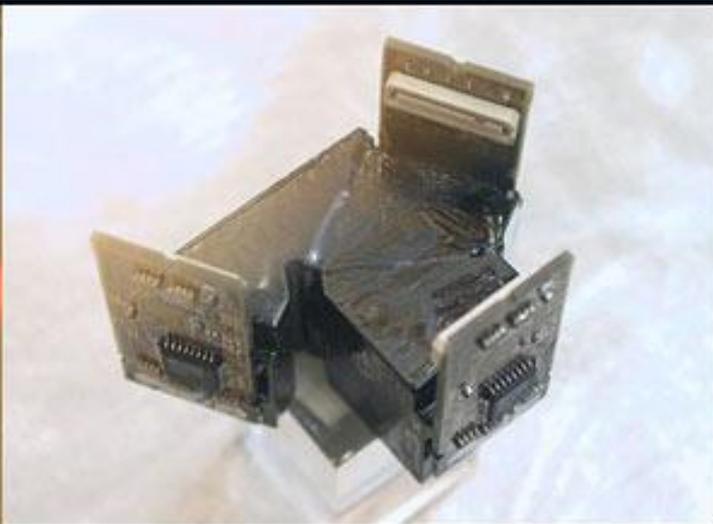
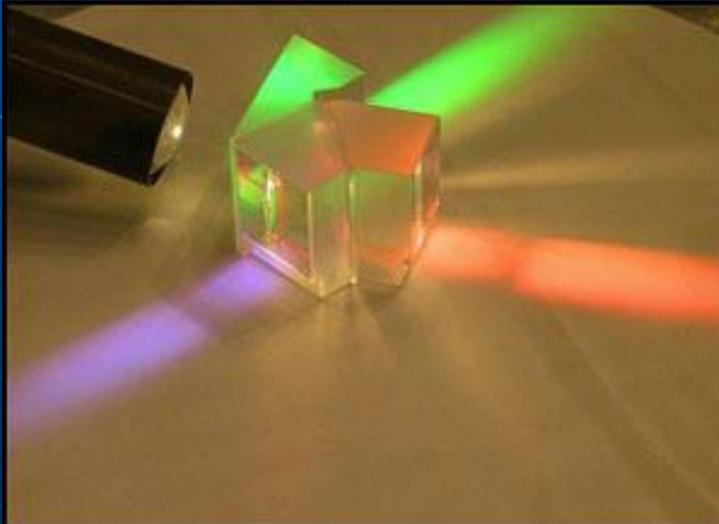
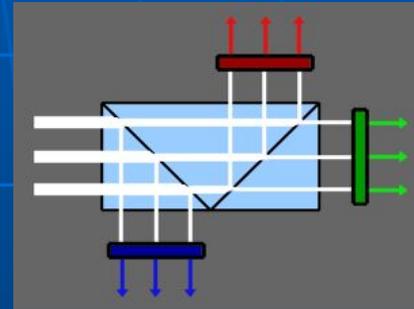
Мультиэкспозиционная цифровая фотокамера, оборудованная цветовым диском

Системы с расщеплением светового потока в призме

Во время съёмки световой поток делят на три части при помощи системы призм, каждая из которых выделяет одну из цветовых составляющих спектра – синюю, зелёную и красную. За одну экспозицию получают полноцветное изображение.

Для такой схемы съёмки характерны:

- громоздкость конструкции фотокамеры;
- ее резкое удорожание;
- дополнительные погрешности – аберрации;
- наложение шумов от каждой из матриц.



Система призм расщепляет свет на три области

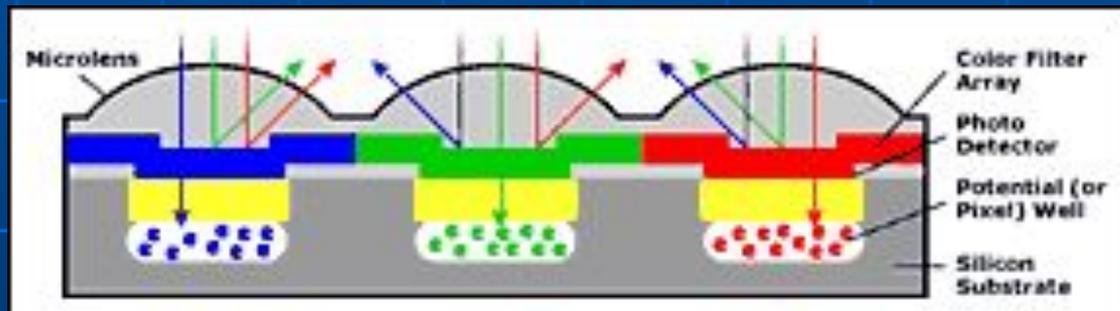
Применение в видеокameraх, не требующих высокого, как в фотографии, разрешения

Система матриц камеры с расщеплением светового потока в призме (Foveon II)

Байеровские системы

Сформированное объективом изображение регистрируется одной матрицей при однократном экспонировании.

Реализуется за счет применения миниатюрных светофильтров, размеры которых соответствуют габаритам элемента матрицы (пиксела), а цвет – основным цветам аддитивного или субтрактивного синтеза и при этом определённым образом объединяют в одной матрице три.



Светофильтры располагаются над каждым светочувствительным элементом сенсора, образуя своеобразную «мозаику» цветных пикселов.

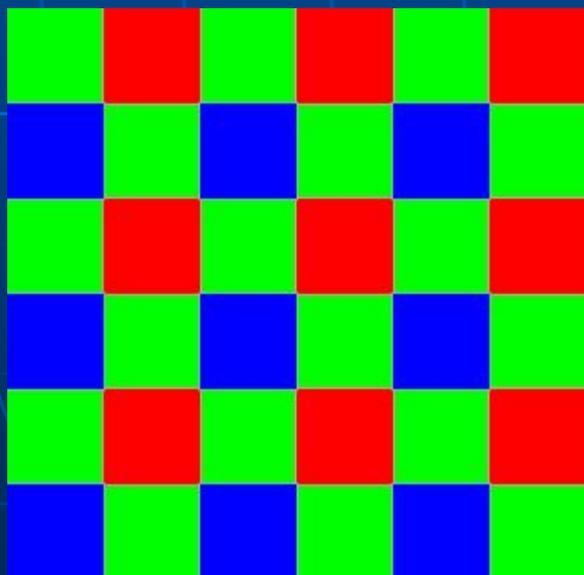
Каждый элемент матрицы улавливает световое излучение строго определённой спектральной зоны.

Аддитивная Байеровская схема, основанная на цветовой модели –RGB

Светофильтры составляют опорную группу из четырех элементов в форме квадрата, чередующихся в следующем порядке – верхний ряд R–G, нижний ряд G–B или R–G–B–G (красный–зеленый–синий–зеленый).

Соотношение с лишним «зеленым» элементом характерно для зрения человека, более чувствительного к зеленой спектральной области.

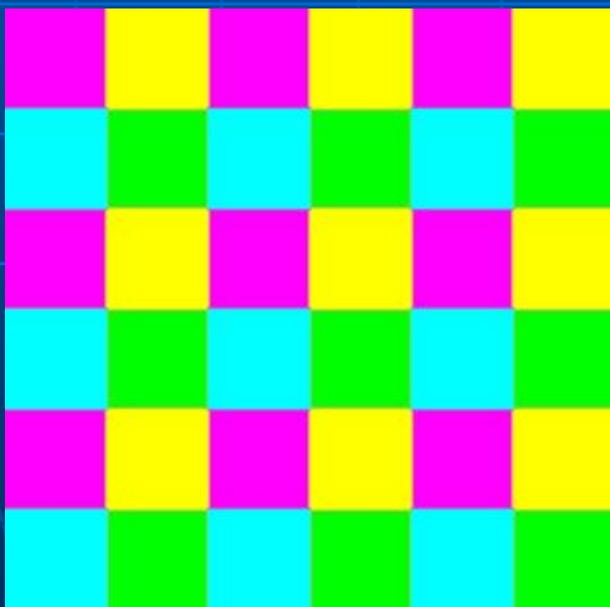
Шахматный порядок размещения светофильтров обеспечивает одинаковые по цвету изображения независимо от положения камеры при съемке.



Расположение светофильтров в аддитивной Байеровской схеме

Субтрактивная Байеровская схема, основанная на цветовой модели – CMY

В первоначальном варианте матриц применялись голубой, пурпурный, жёлтый светофильтры. Но практически сразу была дополнена зелёным – схема *C-M-Y-G* (голубой пурпурный жёлтый зелёный).



Расположение светофильтров в субтрактивной Байеровской схеме

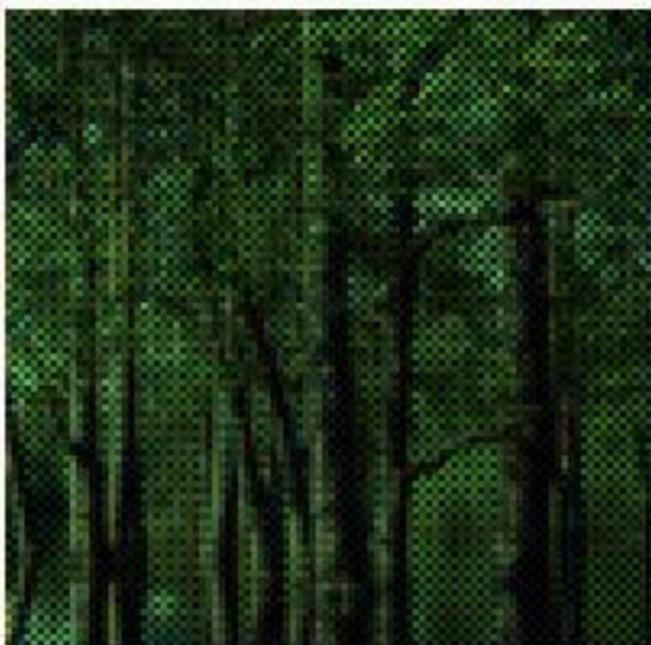
Сенсоры не воспринимают падающее на них излучение как цвет. Они реагируют на интенсивность светового потока и могут передавать лишь градации серого.

В цифровом фотопроцессе синтез цвета основан на математических операциях, выполняемых ЭВМ. По значениям яркостей, соответствующим основным цветам аддитивного или субтрактивного синтеза, с помощью математических алгоритмов, рассчитываются цветовые оттенки аналогичные объекту съемки.

В общем виде считываемые с матрицы данные представляют три изображения, каждое из которых включает оттенки одного из основных цветов – на 50% зеленого, на 25% синего и на 25% красного.

Этот процесс называется **интерполяцией цвета**.

Интерполяция цвета – это математическая операция по восстановлению значений всех основных цветов во всех точках изображения. Основываясь на значениях, окружающих единичный элемент, пикселов интерполяция позволяет достичь наилучшего приближения в яркости и цвете для каждой точки изображения.



Исходное "мозаичное" изображение

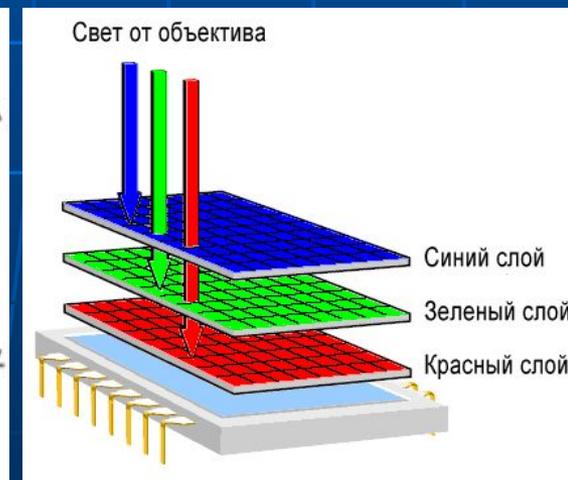
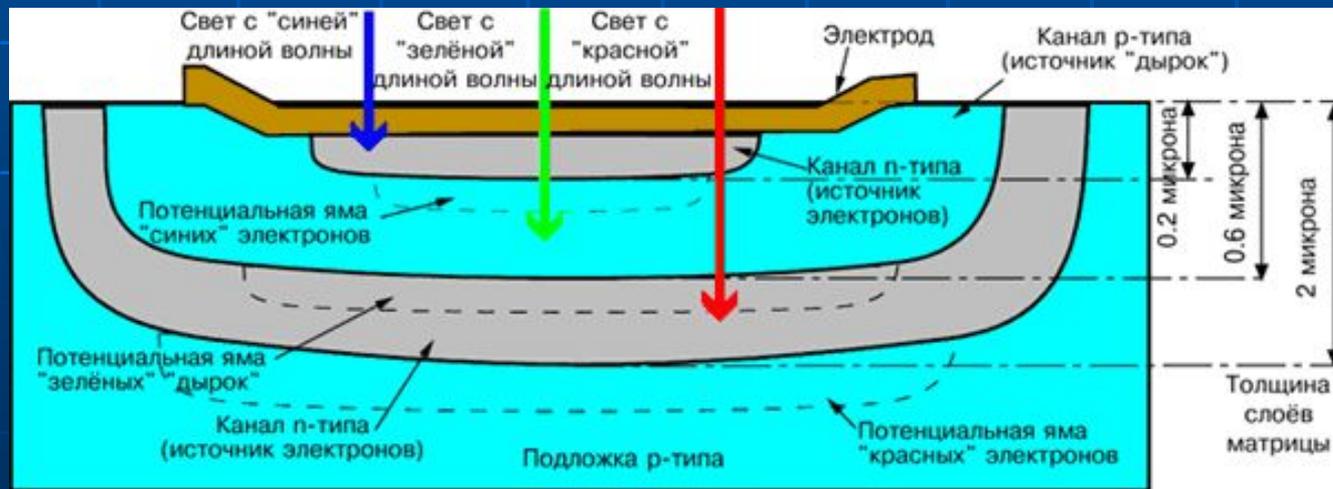


Изображение после интерполяции цвета

Многослойные матрицы

Каждое излучение, соответствующее основным цветам, регистрируется в своем светочувствительном слое (как и в аналоговых трёхслойных цветографических материалах) при одной выдержке.

Данная технология пока не нашла широкого распространения, но будущее – за такими матрицами, позволяющими повысить качество изображения.



Структура «трехслойной» матрицы (Foveon X3)

3. Особенности фотосъемки на цветографические материалы и устройства

Точность цветопередачи на изображении зависит:

- спектральных характеристик источников света;**
- спектральных характеристик фотоматериалов;**
- соблюдения оптимальных условий съемки.**

Требования к объективам по хроматической коррекции:

- на поверхности линз наносится просветляющее покрытие, обеспечивающее спектральное пропускание, сбалансированное под цветные фотоматериалы и обеспечивающее оптимальную цветопередачу при съемке.**

Источники света

При съемке на цветные фотоматериалы необходимо учитывать спектральный состав излучаемого ими света, их цветовую температуру.

Цветовая температура естественного источника света – солнца зависит от:

- положения к линии горизонта;**
- спектрального состава направленного и рассеянного атмосферой, облаками;**
- отраженного от окружающих предметов света.**

Спектральный состав естественного освещения в разное время суток изменяется в широких пределах, что приводит к искажениям цвета при съемке.

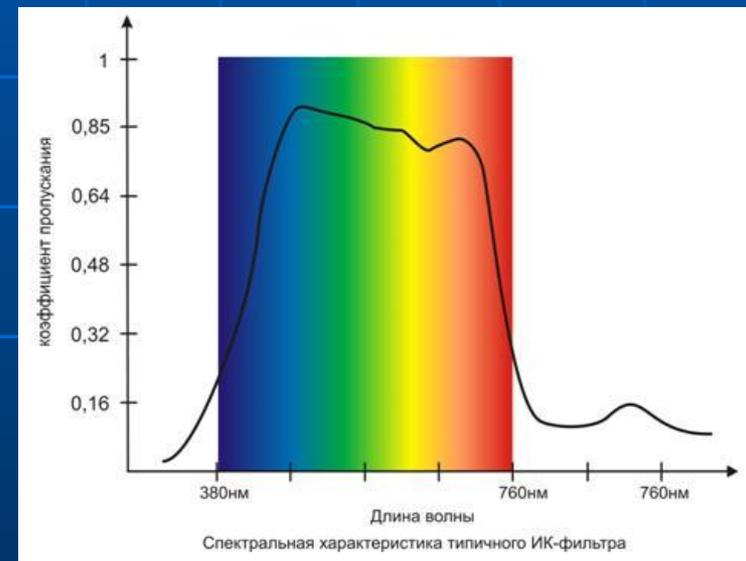
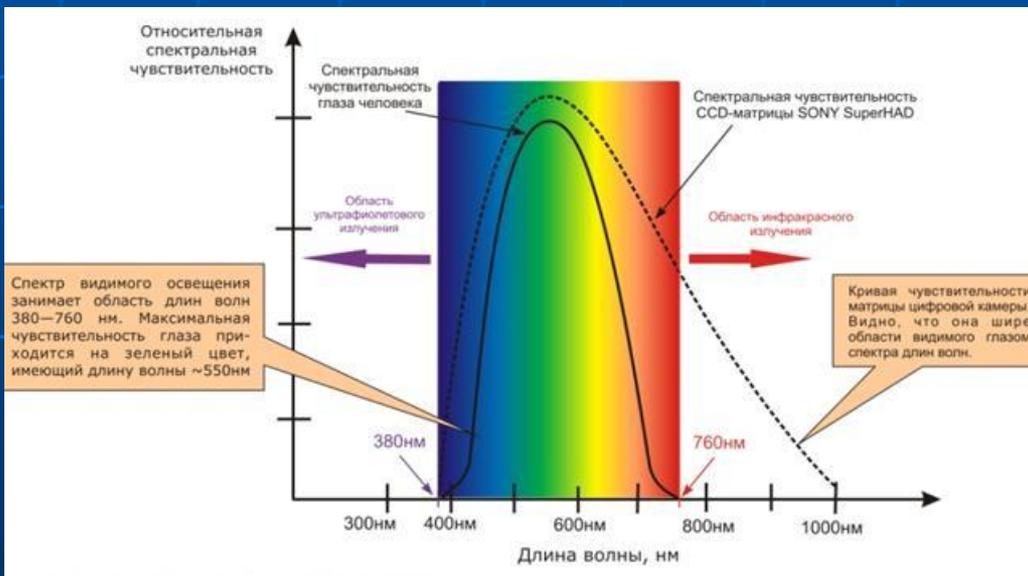
Для предотвращения цветовых искажений применяют **конверсионные светофильтры**. При преобладании в спектре красных лучей применяют голубой светофильтр, а при преобладании синих – желто-красный.



Пример применения желто-красного конверсионного светофильтра

Спектральная чувствительность сенсора

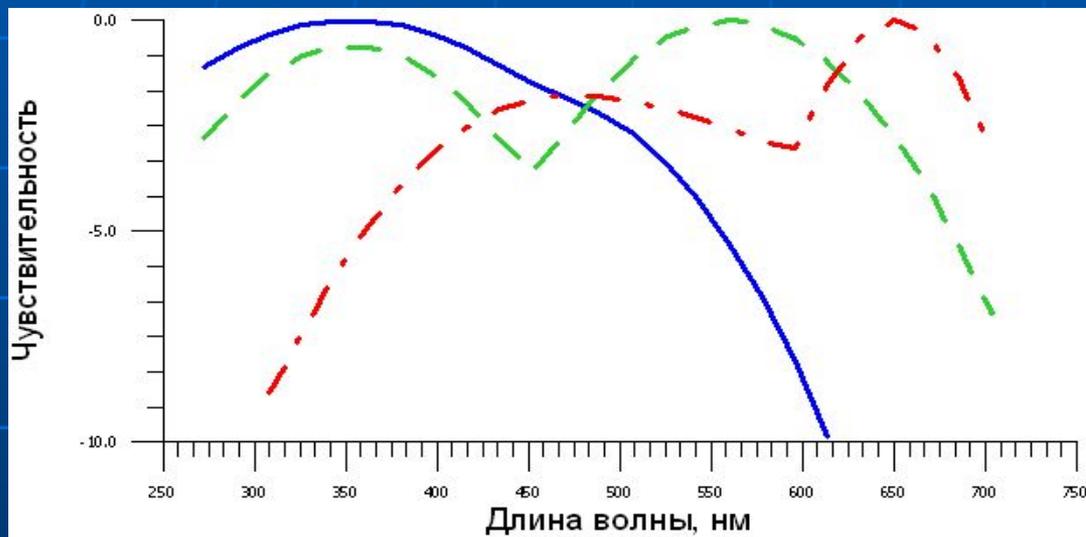
Спектральная чувствительность сенсора должна соответствовать спектральной чувствительности зрения человека.



Максимум пропускания ИК-светофильтра (около 85-90%) приходится на видимый спектр. Ослабление ИК-лучей в 10-15 раз.

В аналоговых фотоматериалах спектральная чувствительность каждого фотослоя должна лежать в определенных спектральных зонах. Расширение последних ведет к их взаимному перекрытию, уменьшению контраста изображения и насыщенности цветовых оттенков

В цифровых сенсорах это аналогично для спектрального пропускания светофильтров.



Спектральная чувствительность слоев цветной фотопленки: а) синечувствительного; б) зеленочувствительного; с) красночувствительного

