

**Лекция 12**

**Основные цветного телевидения**

# Рассматриваемые вопросы

- 1 Трехмерное представление цвета
- 2 Сигналы основных цветов
- 3 Сигнал яркости и цветоразностные сигналы

# 1 Трёхмерное представление цвета

Экспериментально установлено, что любой цвет может быть получен путем суммирования излучений **красного**  $F_R$ , **зеленого**  $F_G$  и **синего**  $F_B$  цветов, которые получили название излучений основных цветов.

Поэтому широкое распространение получила так называемая **RGB** (аббревиатура английских слов *red*, *green*, *blue* — **красный**, **зелёный**, **синий**) или **КЗС** — **аддитивная цветовая модель** (или **цветовое пространство**), как правило, описывающая способ кодирования цвета для цветовоспроизведения с помощью трёх основных цветов.

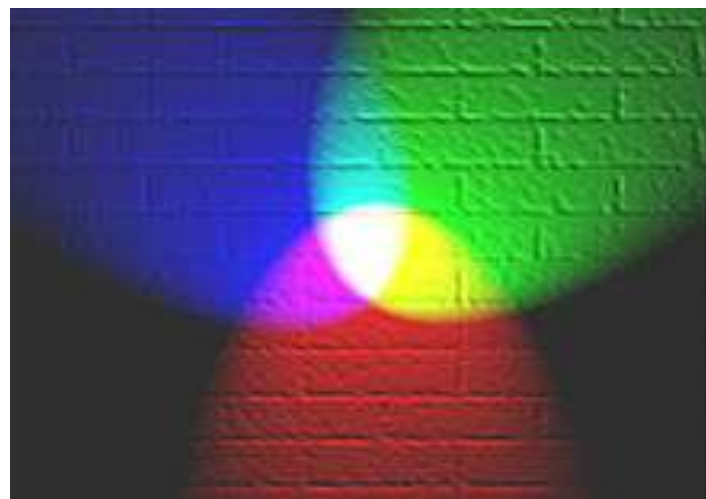
Выбор основных цветов обусловлен особенностями физиологии восприятия цвета сетчаткой человеческого глаза.

**RGB** аддитивная цветовая модель нашла широкое применение в технике и, в частности в телевидении.

## Трёхмерное представление цвета

**RGB** цветовая модель называется **аддитивной** потому, что цвета получаются путём добавления (*addition*) к чёрному цвету: если цвет экрана, освещённого цветным прожектором, обозначается в **RGB** как  $(R_1, G_1, B_1)$ , а цвет того же экрана, освещённого другим прожектором, —  $(R_2, G_2, B_2)$ , то при освещении двумя прожекторами цвет экрана будет обозначаться как  $(R_1 + R_2, G_1 + G_2, B_1 + B_2)$ .

При смешении основных цветов, например, синего **B** и красного **R**, получается пурпурный **M** (*magenta*), зелёного **G** и красного **R** — жёлтый **Y** (*yellow*), зелёного **G** и синего **B** — циановый **C** (*cyan*). При смешении всех трёх основных цветов получается белый цвет **W** (*white*).



# Трёхмерное представление цвета

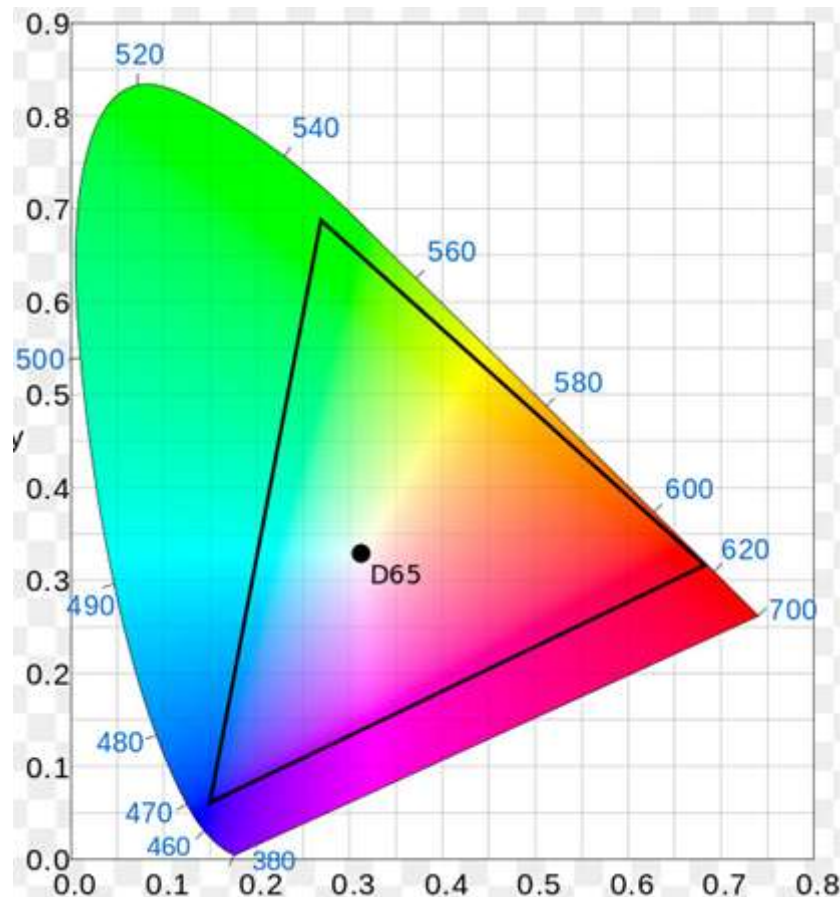
Под **аддитивной цветовой моделью** (или **цветовым пространством**) следует понимать абстрактную математическую модель, описывающую некую цветовую палитру, т. е. фиксированный диапазон цветов, с помощью цветовых координат.

Например, палитры, построенные по аддитивной схеме **RGB**, описываются с помощью трёхмерной модели, а значит любой цвет, входящий в палитру, может быть однозначно определён индивидуальным набором из трёх координат.

## Трехмерное представление цвета

Самое полное цветовое пространство – **CIE xyz**, охватывает весь спектр видимых человеком цветов.

В 1931 году Международная комиссия по освещению (*Commission internationale de l'éclairage* или **CIE**) утвердила **CIE xyz** в качестве эталонного цветового пространства, в связи с чем, оно и в настоящее время используется для оценки и сравнения всех остальных моделей.

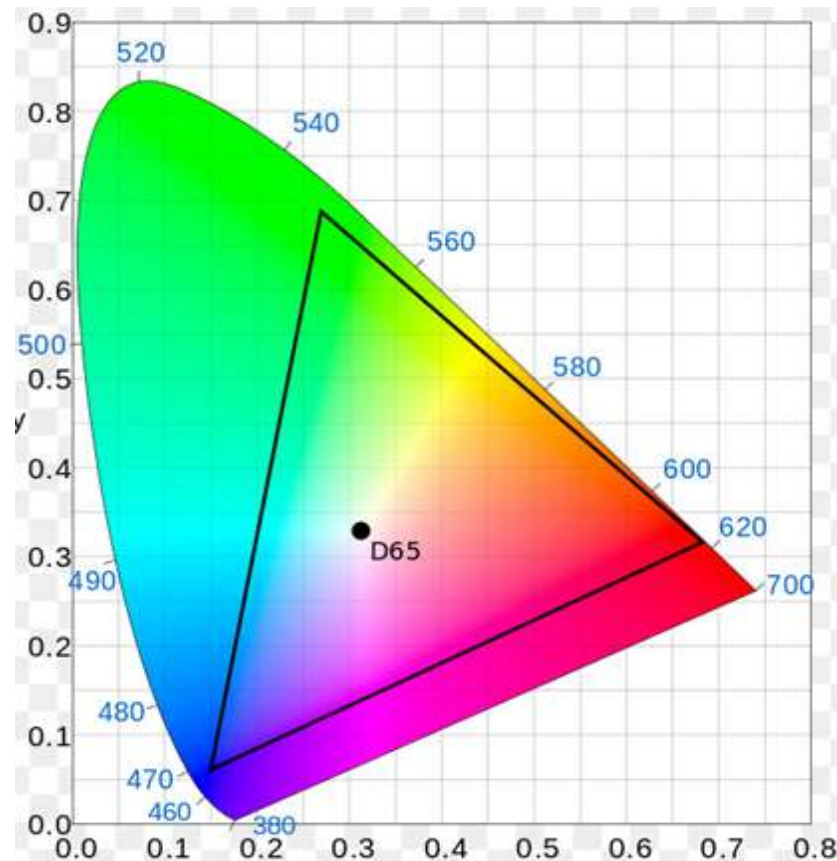


# Трехмерное представление цвета

Цветовая модель **RGB**, является зависимой от устройства. поскольку средства отображения информации производителей различаются, поэтому было предложено несколько стандартов цветовых пространств для этой модели.

Например, моделей **sRGB** является стандартом для изображения на мониторе.

Цветовая модель **RGB** может использовать разные базовые цвета (в том числе, цвета не реализуемые физически), разную цветовую температуру для «белой точки».



## Трехмерное представление цвета

В системах телевидения процесс определения любого цвета с помощью основных цветов производится в два этапа.

**Первый этап:** берут колориметр — устройство, позволяющее визуально сравнивать световые потоки.

Экран колориметра разделен на две половины.

На одну половину направляют излучение белого цвета (оно играет важную роль в цветном телевидении и называется опорным цветом).

На другую половину направляют смесь, состоящую из излучений **красного**, **синего** и **зеленого** цветов —  $F_{0R}$ ,  $F_{0G}$ ,  $F_{0B}$ .

Мощности излучений основных цветов подбирают таким образом, чтобы цвета правой и левой половин экрана не различались.

Измеряют световые потоки  $F_{R0}$ ,  $F_{G0}$ ,  $F_{B0}$ .



## Трехмерное представление цвета

Во всех дальнейших исследованиях эти значения световых потоков принимают за единичные количества основных цветов.

**Второй этап:** на одну половину экрана направляют излучение некоторого исследуемого цвета  $F_{\text{ц}}$ , на другую половину экрана опять направляют смесь излучений основных цветов  $F_R$ ,  $F_G$ ,  $F_B$ .

Вновь мощности основных цветов подбирают так, чтобы цвета правой и левой половин экрана не различались. Измеряют световые потоки основных цветов  $F_R$ ,  $F_G$ ,  $F_B$ .

Результаты опыта записывают в виде равенства:

$$F_{\text{ц}} = F_R + F_G + F_B. \quad (1)$$

# Трехмерное представление цвета

Вычисляют отношения:

$$F_R / F_{R0} = R,$$

$$F_G / F_{G0} = G,$$

$$F_B / F_{B0} = B.$$

Равенство (1) записывают в виде:

$$F_{\text{ц}} = R F_{R0} + B F_{B0} + G F_{G0}, \quad (2)$$

называемым **цветовым уравнением**.

Безразмерные величины  **$R$** ,  **$G$** ,  **$B$**  называются **координатами цвета**.

Физический смысл **координат цвета** в том, что они показывают, какое количество единичных цветов надо взять, чтобы получить данный цвет.

# Трехмерное представление цвета

## Свойства **координат цвета**:

- соотношение координат цвета  $R : G : B$  не изменяется при изменении яркости излучения;
- изменение яркости излучения в  $A$  раз приводит к изменению всех координат также в  $A$  раз;
- изменение цветового тона изменяет соотношение между координатами цвета;
- для опорного цвета **координаты цвета** одинаковы;
- для излучений основных цветов две координаты равны нулю, а третья отлична от нуля.

## 2 Сигналы основных цветов

Для получения цветного изображения датчик ТВ-сигнала должен осуществлять разложение воздействующего на него светового излучения на три моноцветных изображения **красного**, **зеленого** и **синего** цветов. На приемной стороне из переданных трех моноцветных изображений должно составляться (синтезироваться) цветное изображение.

Разложение изображения на составные части и его синтез может осуществляться **последовательным**, или **параллельным** способами.

При **последовательном** способе изображение разлагается на основные цвета, которые передаются один за другим. Поскольку для того, чтобы мелькания цветного изображения не были заметны, скорость передачи изображения требуется увеличить в три раза по сравнению со скоростью передачи черно-белого изображения. Этот способ не применяется.

## Сигналы основных цветов

При **параллельном** способе датчики ТВ-сигнала одновременно разлагают изображение на три моноцветных изображения, которые одновременно преобразуются в электрические сигналы изображения.  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$  и называются сигналами основных цветов.

*Величины сигналов основных цветов пропорциональны координатам цвета элемента одноцветного изображения, на котором в данный момент находится развертывающий элемент ТВ-датчика. Например, для красного цвета:*

$$E_R = A \cdot R,$$

где  $R$  — координата цвета элемента одноцветного изображения;

$A$  — коэффициент пропорциональности.

## Сигналы основных цветов

Из выражения  $E_R = A \cdot R$  следует, что уровень сигнала основного цвета пропорционален координате цвета  $R$ , т.е. сигналы основных цветов несут информацию о координатах цвета.

### Свойства сигналов основных цветов

- изменение яркости изображения приводит к изменению всех сигналов основных цветов в одинаковое количество раз;
- изменение соотношения уровней сигналов  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$  в передающем устройстве или приемнике ТВ недопустимо, т. к. это приведет к искажению цвета изображения;
- при передаче черно-белого изображения сигналы  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$  равны между собой;
- сигналы основных цветов униполярны (одной полярности).

### 3 Сигнал яркости и цветоразностные сигналы

Одно из основных требований, предъявляемых к системам телевизионного вещания – совместимость систем цветного и черно-белого телевидения. Под совместимостью систем цветного и черно-белого телевидения понимается:

- использование таких сигналов, которые могли бы быть приняты как приемниками цветного изображения, так и приемниками черно-белого изображения;
- полоса частот, занимаемая системой цветного ТВ-вещания, не должна превосходить полосу частот, отведенную для передачи сигналов черно-белого телевидения.

Сигналы основных цветов не могут быть приняты приемником черно-белого изображения, поэтому эти сигналы подвергают преобразованиям в передающем устройстве.

## Сигнал яркости и цветоразностные сигналы

Приемники черно-белого изображения используют только один сигнал – сигнал яркости  $E_Y$ , который несет информацию о яркости передаваемого изображения.

Для получения сигнала яркости сигналы основных цветов преобразуются в передающем устройстве в сигнал  $E_Y$ .

Для передачи цвета можно использовать полученный сигнал яркости и любую пару сигналов основных цветов, например  $E_R$ ,  $E_B$ .

Однако, сигналы  $E_R$  и  $E_B$  в передающем устройстве также подвергаются преобразованиям. Это объясняется тем, что при передаче черно-белого изображения сигналы  $E_R$  и  $E_B$  не равны нулю и создают помеху при приеме сигнала  $E_Y$ , поэтому сигналы  $E_R$  и  $E_B$  заменяются сигналами  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$ , которые получаются вычитанием из сигналов  $E_R$  и  $E_B$  сигнала  $E_Y$ . Сигналы  $E_{R-Y}$ ,  $E_{B-Y}$  называются цветоразностными.



## Сигнал яркости и цветоразностные сигналы

Переход к сигналам  $E_Y$ ,  $E_{R-Y}$ ,  $E_{B-Y}$  можно рассматривать как представление любого цвета тремя новыми цветовыми составляющими: яркостной составляющей с координатой, пропорциональной сигналу  $E_Y$ ; составляющей, передающей пурпурные (малиново-голубые) цвета с координатой, пропорциональной величине  $E_{R-Y}$ ; и составляющей, передающей циановые (сине-желтые) цвета, координата которой пропорциональна величине  $E_{B-Y}$ .

Так как сигнал яркости  $E_Y$  несет информацию о яркости изображения, то он должен быть пропорционален величине

$$F_{\text{Ц}} = F_R + F_G + F_B.$$

Соотношение единичных количеств основных цветов в этом выражении составляет 0,3 : 0,59 : 0,11, поэтому сигнал яркости через сигналы основных цветов можно записать как

$$E_Y = 0,3E_R + 0,59E_G + 0,11E_B.$$

# Сигнал яркости и цветоразностные сигналы

Существует три цветоразностных сигнала: цветоразностный сигнал красного  $E_{R-Y}$ , зеленого  $E_{G-Y}$ , и синего  $E_{B-Y}$ , получаемые путем вычитания из сигналов основных цветов сигнала яркости:

$$E_{R-Y} = E_R - E_Y,$$

$$E_{G-Y} = E_G - E_Y,$$

$$E_{B-Y} = E_B - E_Y.$$

# Сигнал яркости и цветоразностные сигналы

Свойства цветоразностных сигналов:

- цветоразностные сигналы могут быть выражены через сигналы основных цветов:

$$E_{R-Y} = 0,7E_R - 0,59E_G - 0,11 E_B$$

$$E_{G-Y} = -0,3E_R + 0,41E_G - 0,11E_B$$

$$E_{B-Y} = -0,3E_R - 0,59E_G + 0,89E_B$$

- при передаче черно-белого изображения цветоразностные сигналы равны нулю, так как в этом случае  $E_R = E_G = E_B$ , следовательно:

$$E_{R-Y} = E_{G-Y} = E_{B-Y} = 0;$$

- любой цветоразностный сигнал может быть получен из двух других;

## Сигнал яркости и цветоразностные сигналы

- при передаче информации о цвете можно в принципе выбирать любую пару цветоразностных сигналов. На практике выбирают  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$ . Это объясняется тем, что для большинства передаваемых сюжетов уровень сигналов  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$  оказывается большим, чем уровень сигнала  $E_{G-Y}$ , поэтому при сигналах  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$  обеспечивается большая помехоустойчивость ТВ-приемника;
- изменение яркости изображения в  $A$  раз изменяет величину сигналов  $E_R$   $E_G$   $E_B$  также в  $A$  раз, следовательно, в  $A$  раз изменяется и величина сигналов  $E_Y$ ,  $E_{R-Y}$ ,  $E_{B-Y}$ ;
- отношение цветоразностных сигналов  $E_{R-Y}$ ,  $E_{B-Y}$  не меняется при изменении яркости изображения. Это отношение определяет цветовой тон;
- сигналы  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$  могут принимать как положительные, так и отрицательные значения;

## Сигнал яркости и цветоразностные сигналы

- сигналы  $E_{R-Y}$ ,  $E_{B-Y}$  могут передаваться в более узкой полосе частот, чем сигнал  $E_Y$ . Это связано с особенностями зрения человека:

а) мелкие детали изображения, размеры которых не превышают  $10'$  воспринимаются как черно-белые. Для передачи таких деталей требуется полоса частот сигнала от 0 до  $6 \text{ МГц}$ .

б) цвет деталей, угловые размеры которых составляют от  $10'$  до  $20'$ , воспринимаются человеком, как состоящие из смеси всего двух цветов: оранжевого и голубого. Для передачи таких деталей сигнал должен иметь полосу до  $1 - 1,5 \text{ МГц}$ .

в) для предметов с размерами более  $20'$  наше зрение трехцветно. Для передачи этих деталей требуется полоса до  $0,6 - 1 \text{ МГц}$ .

## Сигнал яркости и цветоразностные сигналы

Из всего сказанного следует, что мелкие детали можно передавать сигналом  $E_Y$ , а для передачи цвета более крупных деталей можно использовать, сигналы  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$  с полосой частот от 0 до 1,5 МГц и сигнал яркости  $E_Y$ .

Для этого сформированные сигналы  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$  в передающем устройстве пропускаются через низкочастотный фильтр.

---

# Литература

**В. И. Лузин и др.**

Основы телевизионной техники: Учеб. пособие. — М.: СОЛОН-Пресс, 2009. — 432 с.: ил. — (Серия «Библиотека студента»).