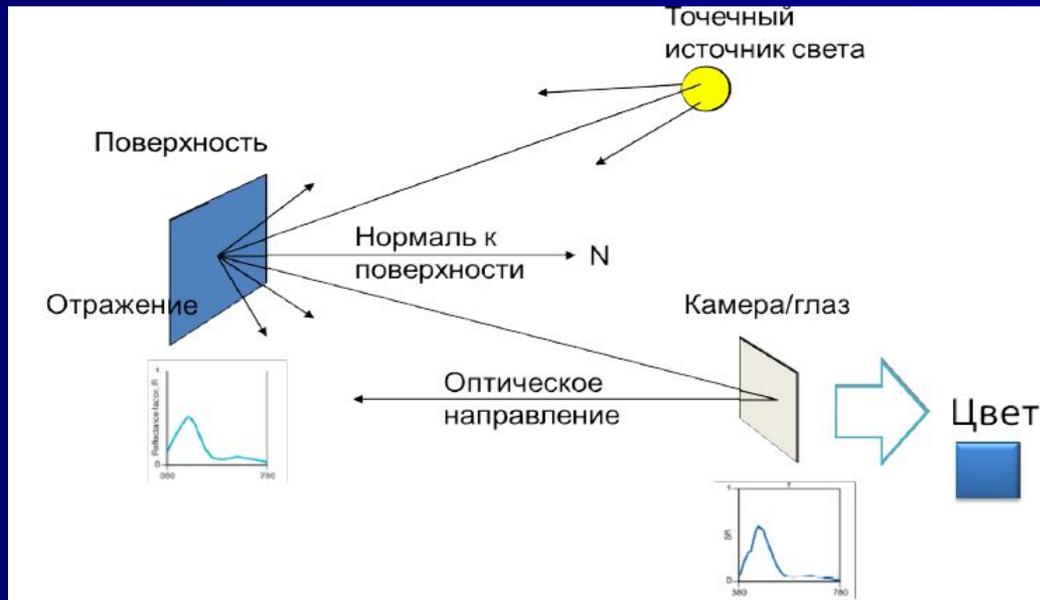
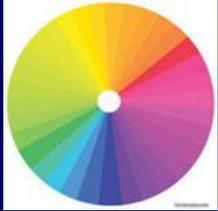


Цветовые модели компьютерной графики

- Совершенно очевидно, что без источника света сцена погрузится «во тьму кромешную» и изображения мы не увидим, хотя сами объекты сцены реально существуют.
- Анализ физики процесса начнем с простейшего случая. Рассмотрим сцену, в которой присутствует объект, наблюдатель(камера) и источник света. Свет, излучаемый источником, по-разному взаимодействует с участками поверхности объекта, и часть отраженной световой энергии попадает в объектив камеры.
- Каждый источник света характеризуется цветом, т.е. спектральным составом излучения.





Цвет.

Опыты Исаака Ньютона (1666г.)

Цвет – это один из факторов нашего восприятия светового излучения.

Поиски точного представления, что же есть цвет на самом деле начались еще в древней Греции. Учение о цвете Аристотеля – «цвет – это поток лучей, посланный вниз с небес Господом». Затем в средние века (эпоха Ренессанса) Агуилониус и Форсиус попытались объяснить все цвета, которые наблюдали от рассвета до заката.

В 1666г. Исаак Ньютон разработал первую научную концепцию понимания цвета, основываясь на своих опытах по разложению белого цвета на составляющие.

Ранее считалось, что белый свет является простейшим. Ньютон опроверг это. Белый луч света (солнечный луч) Ньютон направлял на стеклянную треугольную призму. Пройдя через призму, луч преломлялся и, направленный на экран, давал в результате цветную полосу – спектр. В спектре присутствовали все цвета радуги, плавно переходящие друг в друга, и эти цвета уже не раскладывались на составляющие. Затем лучи, прошедшие через призму, направлялись на вторую призму, с помощью которой удалось вновь получить белый луч света. Таким образом было доказано, что белый свет является смесью множества различных цветов.

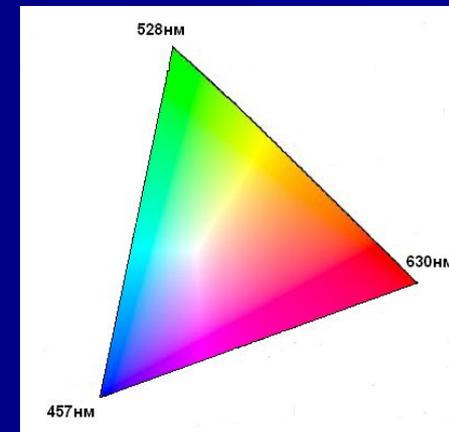
Ньютон разбил весь спектр на семь участков, соответствующих ярко выраженным различным цветам. Он считал эти семь цветов основными – **красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый.**

Почему именно семь? Исследователи объясняют это убежденностью Ньютона в мистических свойствах числа 7. Семь основных цветов Ньютон расположил по кругу. Ньютон предположил, что некоторый цвет образуется путем смешивания основных цветов, взятых в определенной пропорции. Если в точках на границе цветового круга, соответствующих основным цветам, расположить грузы, пропорциональные количеству каждого цвета в смеси, то суммарный цвет будет соответствовать точке центра тяжести. Белый цвет – центр цветового круга.

Электромагнитная теория цвета

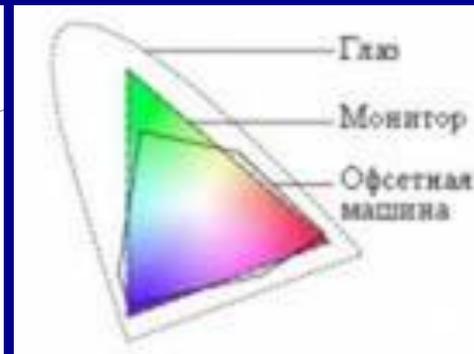
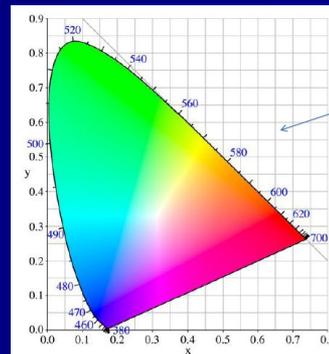
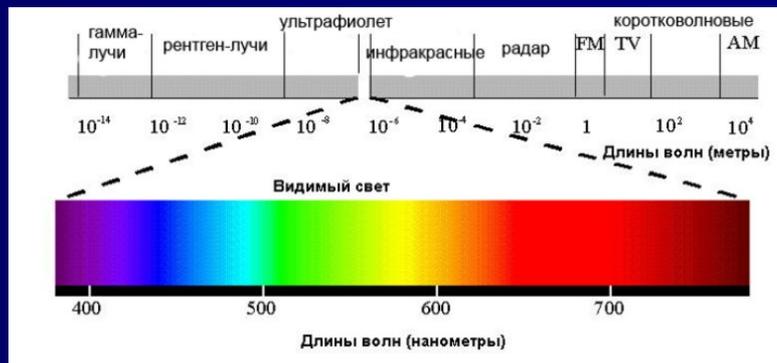
Джеймс Клерк Максвелл (1872.)

- Исследования человеческого восприятия цвета являлись достаточно важной задачей, но основные усилия направлены на изучение объективных свойств света.
- Исследователи свойств света – Иоганн Вольфганг фон Гете (1749-1832), Филипп Отто Ранж(1777-1810), Джеймс Клерк Максвелл (1831-1879), Герман Грассман(1853г. – законы смешивания цветов), Альберт Манселл(1915г.- теория цветового пространства) и другие.
- В 1872г. шотландский физик Дж.К. Максвелл разработал систему вычисления количества цвета на основе треугольника и своего учения об электромагнитной природе цвета. Одной из волновых характеристик цвета является длина волны – расстояние, которое проходит волна в течение одного периода колебания.
- Соотношение между частотой f и длиной волны λ имеет вид $f \cdot \lambda = C$, где C – скорость света. Монохроматическим называется излучение, спектр которого состоит из одной линии, соответствующей единственной длине волны.
- В качестве основных Максвелл использовал излучения с такими длинами волн:
630нм – красный, 528нм – зеленый,
457нм – сине-голубой.
 $C = r \cdot R + g \cdot G + b \cdot B$.



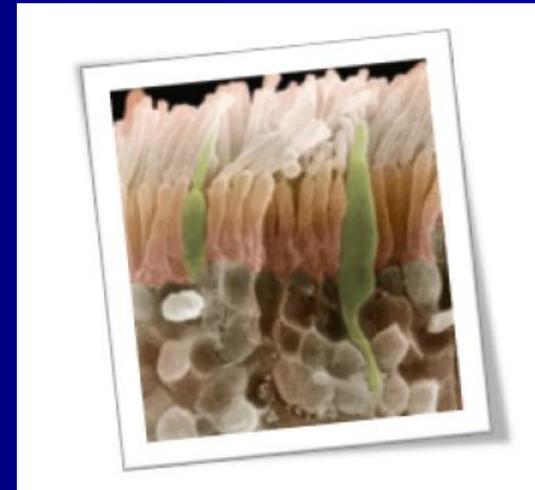
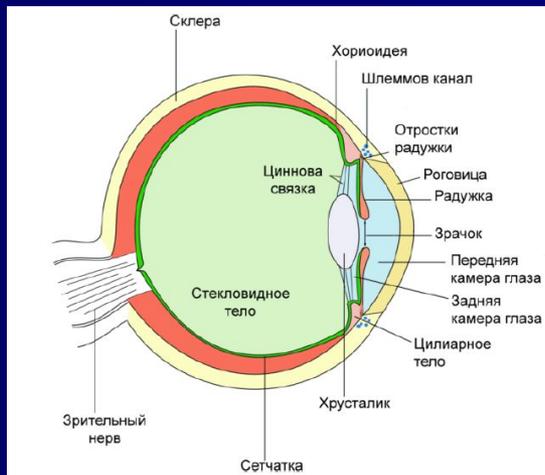
Диапазон видимого человеком света

- В настоящее время физики полагают, что свет имеет двойственный характер. С одной стороны, свет представляется в виде потока фотонов - *квантовая оптика*. С другой стороны, свету присущи волновые свойства – *электромагнитная оптика*.
- В полном спектре электромагнитного излучения диапазон видимого света располагается между диапазонами радиоволн и инфракрасного(теплого) излучения. Диапазон длин волн для видимого света находится от 380-420нм (фиолетовый) до 700-780нм – красный.
- В указанном диапазоне чувствительность человеческого зрения непостоянна. Наибольшая чувствительность наблюдается для длин волн, соответствующих зеленому цвету.



Восприятие цвета глазом человека

- Человеческий глаз – очень сложная система. Он имеет почти сферическую форму с диаметром около 20 мм. Свет попадает в глаз через роговицу и хрусталик(линзу). Радужная оболочка играет роль диафрагмы, регулируя количество пропускаемого внутрь глаза света. Хрусталик формирует изображение на поверхности сетчатки – внутренней поверхности глазного яблока. Расположенные на сетчатке фоторецепторные клетки – колбочки и палочки – играют роль приемников света, которые воспринимают электромагнитные колебания в диапазоне 350 – 780нм.
- Хотя начальная фаза обработки изображения на сетчатке глаза во многом похожа на то, что происходит в технических системах, далее у человека идет все иначе. Нервные клетки связаны с колбочками и палочками сложным образом и передают сигналы коре головного мозга, где и происходит распознавание образов.



Восприятие цвета глазом человека

Цвет воспринимают только колбочки глаза!

- На сетчатке собрано 6-7млн. Колбочек, чувствительных только в сравнительно высоким уровням освещенности, причем каждая колбочка присоединена к отдельному нерву. Колбочки позволяют различать мелкие детали. Цвет воспринимается только колбочками. При низкой освещенности, когда колбочки теряют свою чувствительность, предметы кажутся черно-белыми.
- На сетчатке находится 75-150млн. Палочек, чувствительных к низким уровням освещенности. К одному нерву присоединено сразу несколько палочек, поэтому они неспособны различать мелкие детали.
- Из опытов известно, что чувствительность глаза к яркости света изменяется по логарифмическому закону.
- Скорость адаптации к яркости неодинакова для различных частей сетчатки. Экстремумы диапазона относительной яркости – Черный и белый. Глаз приспособливается к «средней» Яркости обзораемой сцены. Поэтому область с постоянной яркостью на темном фоне кажется ярче, Чем на светлом – одновременный контраст.

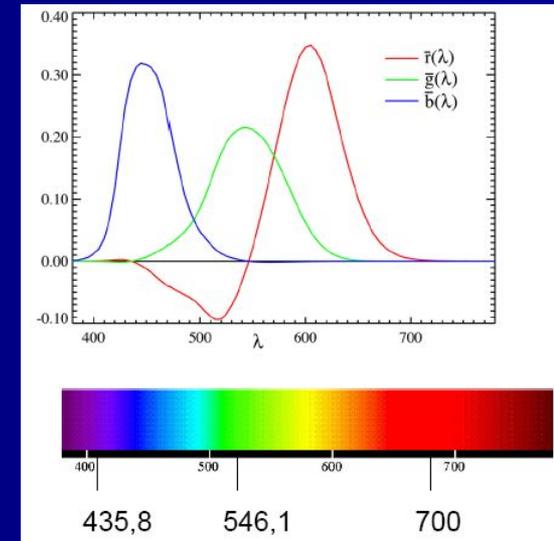
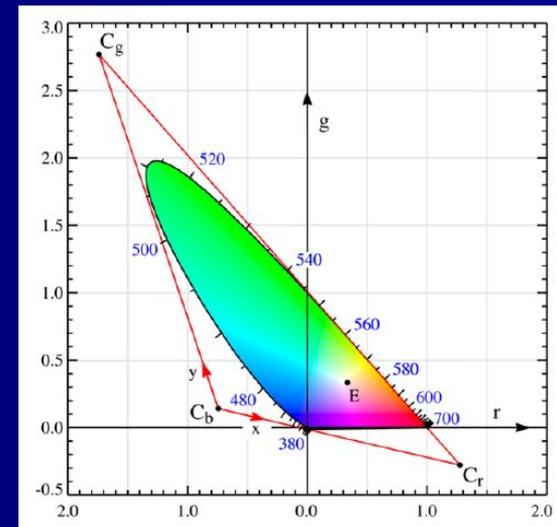
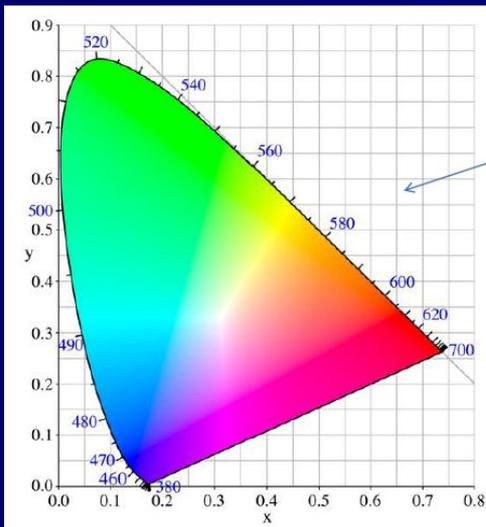


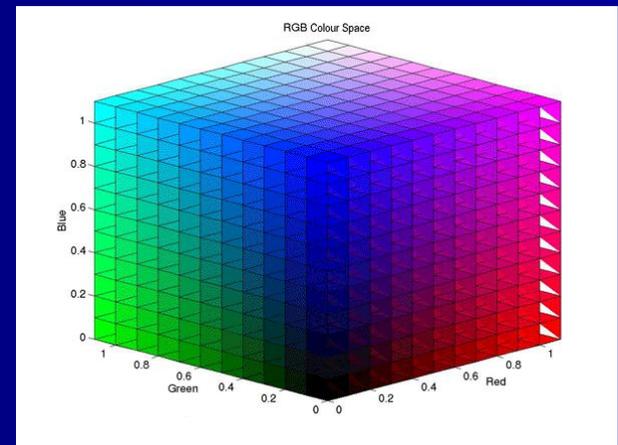
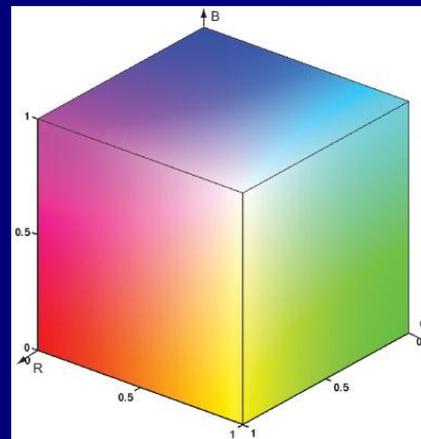
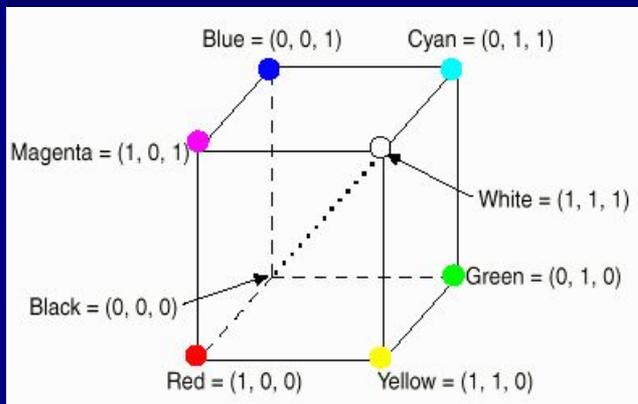
Таблица CIE (1931г.)

- В 1931г. Международная комиссия CIE (Commission International de L'Eclairage) провела исследования на основе Максвелловского треугольника, выбрав особо красный, зеленый и голубой, от которых генерировали все остальные цвета. Результаты экспериментов стали известны как таблица CIE, улучшенная версия которой используется в настоящее время для генерации цветов компьютерами.



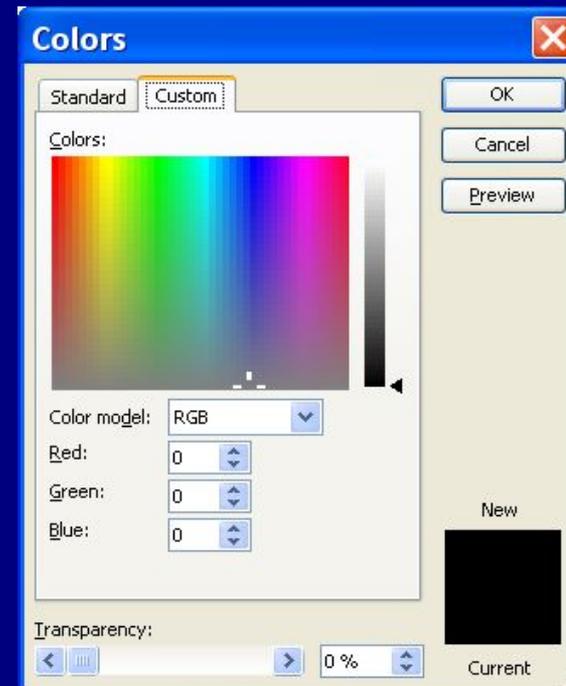
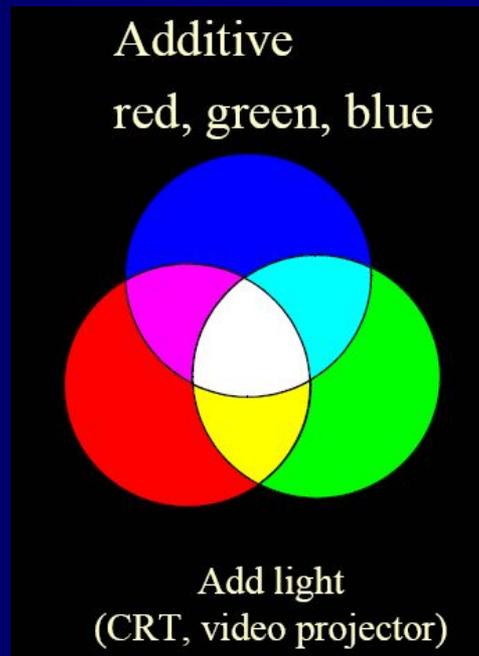
Цветовой куб RGB

- Цвет, создаваемый смешиванием, можно представить вектором (r,g,b) в трехмерной системе координат. Черному цвету соответствует точка $(0,0,0)$.
- Белый цвет выражается максимальным значением компонент $(1,1,1)$.
- Точки, лежащие на диагонали куба от черного к белому, соответствуют равным значениям $R=G=B$ – градации серого. Если все компоненты вектора (r,g,b) умножить на одинаковый коэффициент $k=0\dots n$, то цвет (kr, kg, kb) сохраняется, изменяется только яркость.



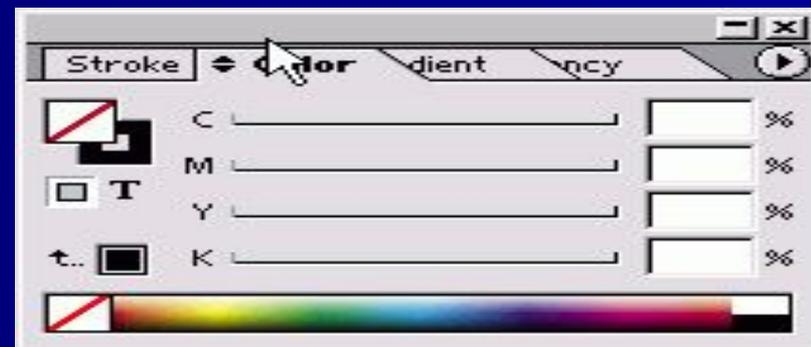
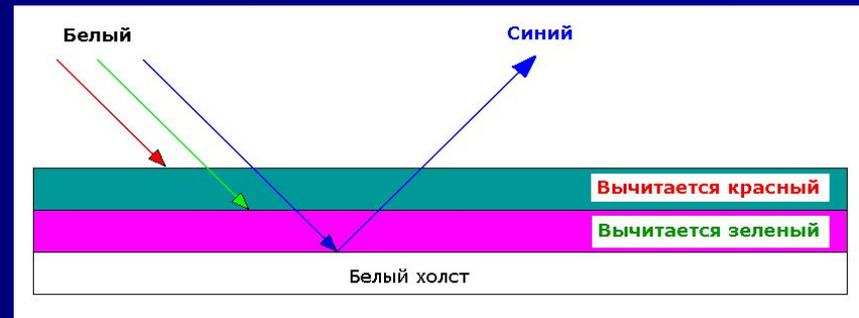
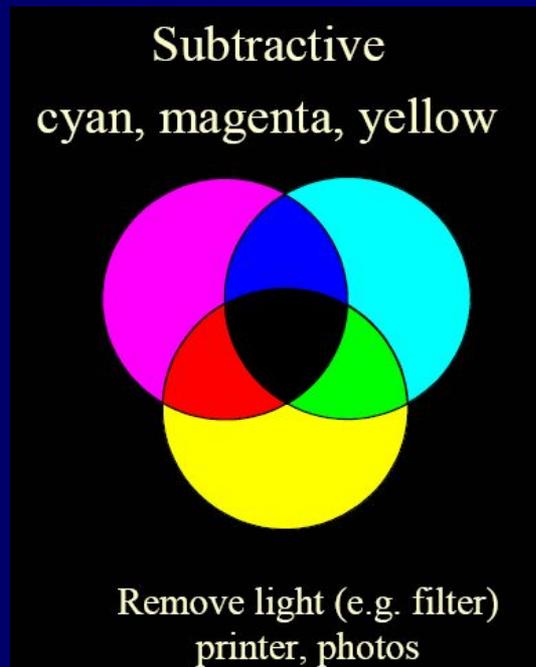
Аддитивная цветовая модель - RGB

- Аддитивная модель используется для задания цветов, которые получаются с помощью устройств, основанных на принципе излучения (сложения цветов).



Субтрактивная цветовая модель CMY(k)

■ Цветовая модель CMY(k) используется для задания цвета при получении изображений на устройствах, которые реализуют принцип поглощения (вычитания) цветов. В первую очередь, это печатающие устройства. Название модели составлено из названий основных субтрактивных цветов Cyan(бирюзово-голубого), Magenta(пурпурного) и Yellow(желтого).



Перекодирование цвета из RGB в CMY(k)

Матричное преобразование моделей RGB и CMY(k)

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

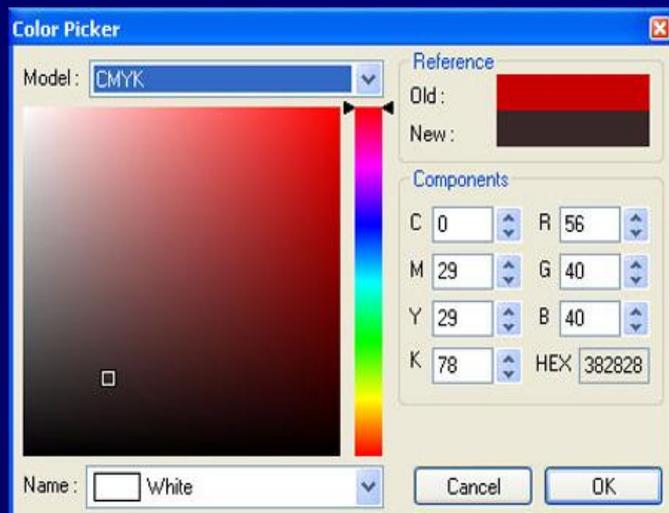
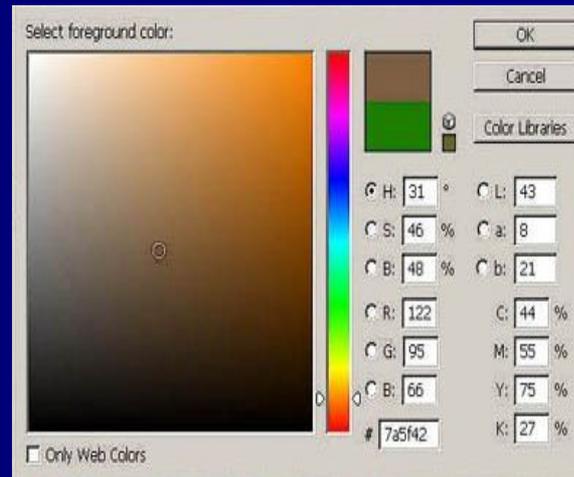
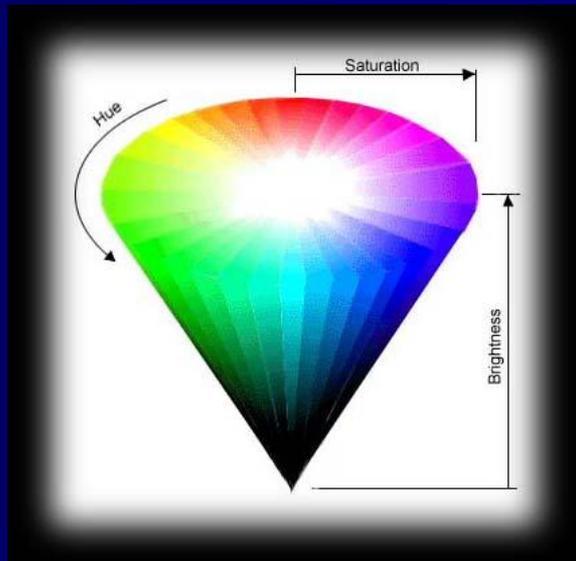
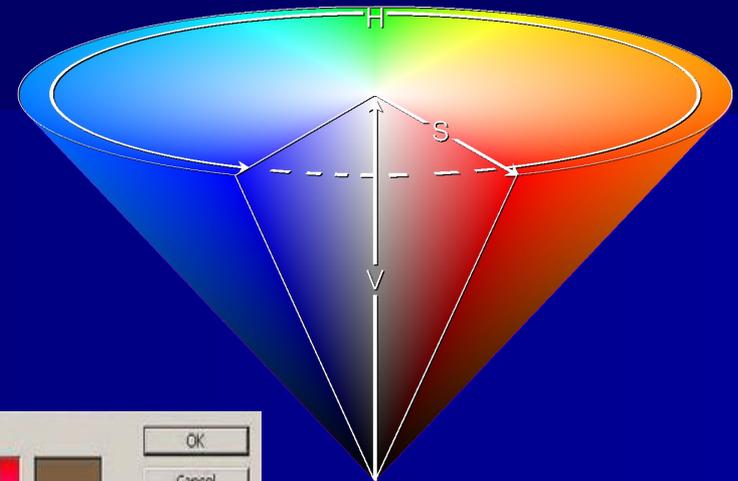


Таблица 1.2

Цвет	Модель RGB			Модель CMY		
	R	G	B	C	M	Y
Красный	1	0	0	0	1	1
Желтый	1	1	0	0	0	1
Ярко-зеленый	0	1	0	1	0	1
Голубой	0	1	1	1	0	0
Синий	0	0	1	1	1	0
Пурпурный	1	0	1	0	1	0
Черный	0	0	0	1	1	1
Белый	1	1	1	0	0	0

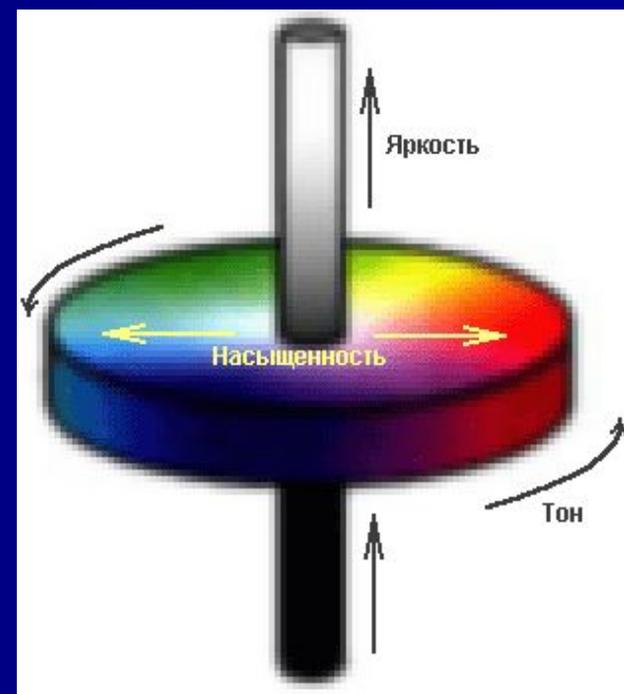
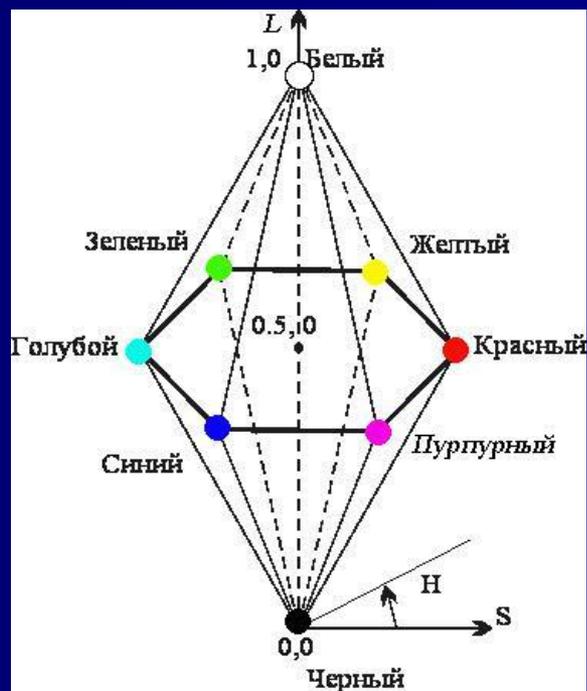
Модель HSV (HSB)

- Hue – оттенок (цветовой тон)
- Saturation – насыщенность
- Value – значение
- Brightness - яркость



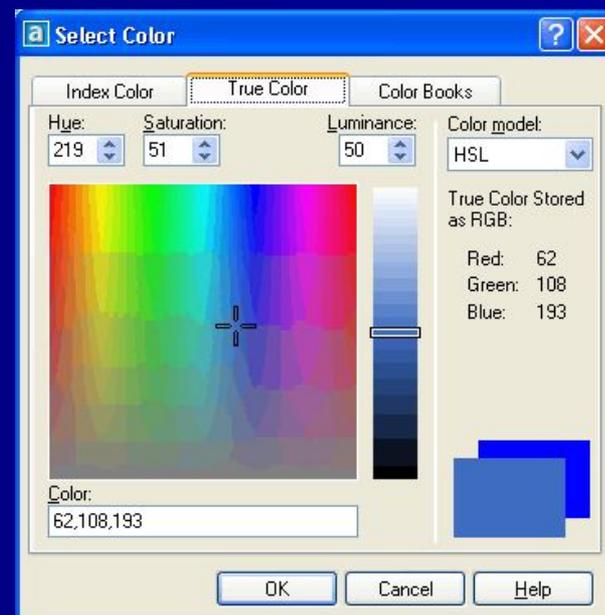
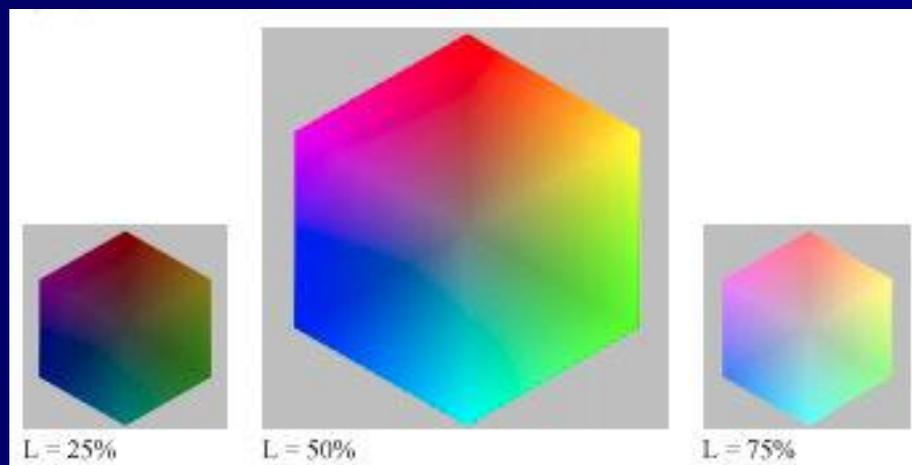
Цветовые модели - HSL \ HSB

- Hue – оттенок (цветовой тон)
- Saturation – насыщенность
- Lightness – светлота
- Brightness - яркость

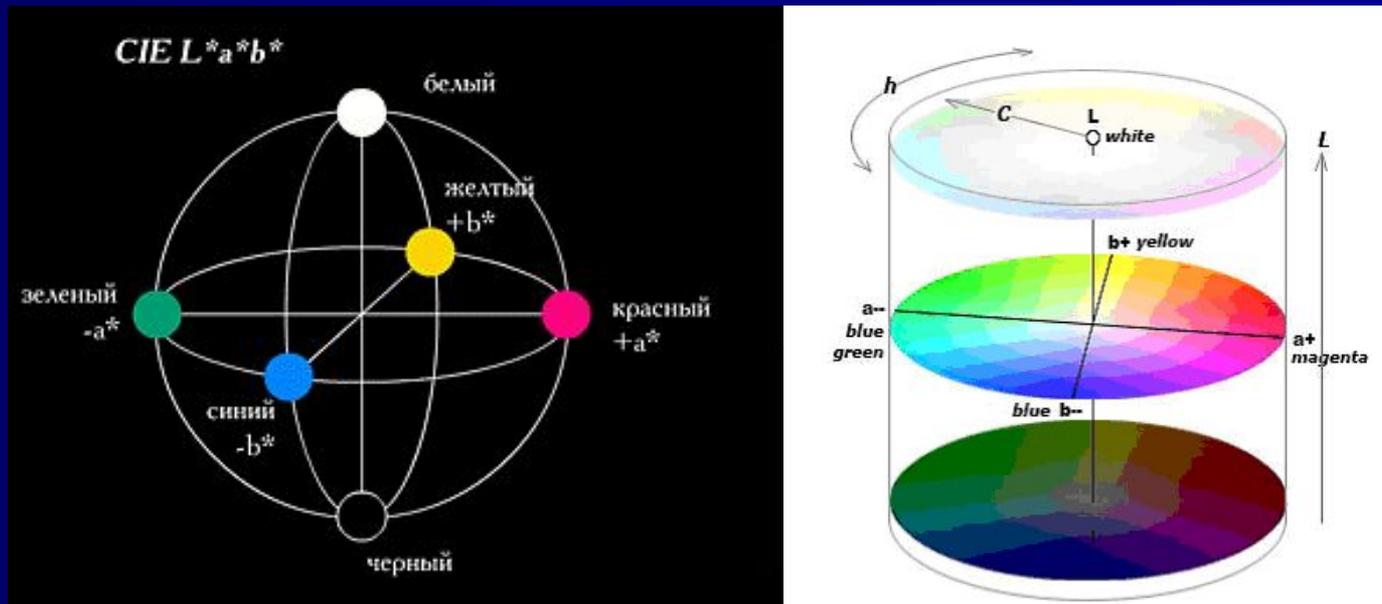


Цветовая модель HSL

- L – 25%, L – 50%, L – 75%

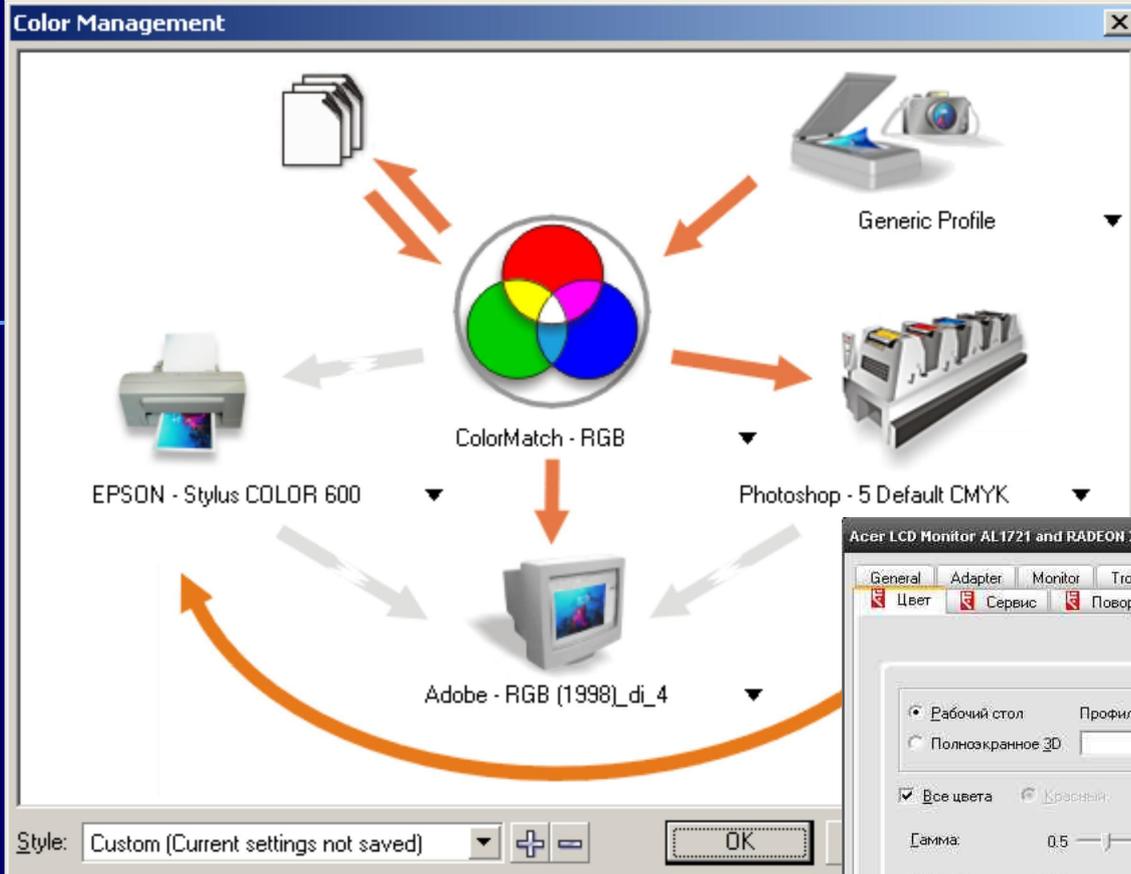


Цветовое пространство CIE L*a*b* (CIE XYZ)



$$\begin{aligned}
 L^* &= 116f(Y/Y_n) - 16 \\
 a^* &= 500(f(X/X_n) - F(Y/Y_n)) \\
 b^* &= 200(f(Y/Y_n) - F(Z/Z_n))
 \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \frac{1}{0.17697} \begin{pmatrix} 0.49 & 0.31 & 0.20 \\ 0.17697 & 0.81240 & 0.01063 \\ 0.00 & 0.01 & 0.99 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$



The Acer LCD Monitor AL1721 and RADEON X800 GTO Properties dialog box has a tabbed interface with "Color Management" selected. It includes sub-tabs for "Цвет" (Color), "Сервис" (Service), "Поворот" (Rotation), "Видео" (Video), "3D", and "VPU Recover". The "Color Management" section contains:

- Radio buttons for "Рабочий стол" (selected) and "Полноэкранное 3D".
- A "Профиль" (Profile) dropdown set to "Рабочий стол" and a "Сохранить..." (Save...) button.
- A "Удалить" (Delete) button.
- Checkboxes for "Все цвета" (checked), "Красный" (Red), "Зеленый" (Green), and "Синий" (Blue).
- Sliders for "Гамма" (Gamma) from 0.5 to 3.5 (set to 1.00), "Яркость" (Brightness) from -100 to 100 (set to 0), and "Контрастность" (Contrast) from 0 to 200 (set to 80).
- A "Сбросить:" (Reset) section with "Горячие клавиши" (Hotkeys) and "По умолчанию" (Default) buttons.
- A color calibration chart on the left and a black square with a white diagonal line on the right.

At the bottom, there are "OK", "Cancel", "Apply", and "Help" buttons.