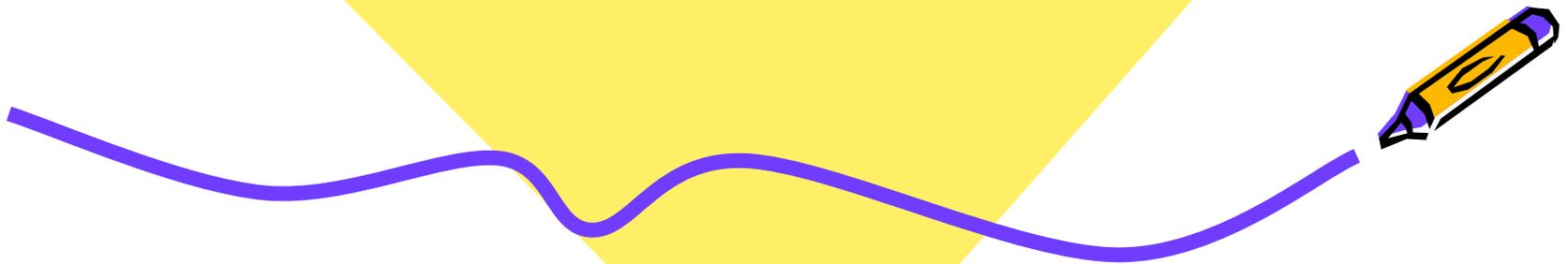
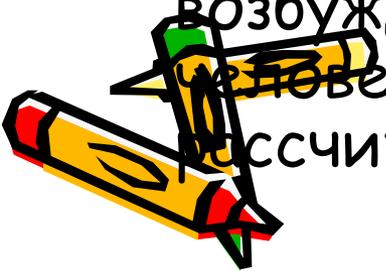


Цвет. Теория цвета.



1. Понятие цвета

- Цвет - это оптическое явление, чувственное ощущение, создаваемое глазом и мозгом.
- Цвет не является физической переменной и, следовательно, не имеет физических единиц измерения.
- Сами по себе предметы не являются цветными: ощущение цветности возникает как результат воздействия световых излучений.
- Физические параметры определяются объективными методами, а физиологические - нет.
- С помощью колориметра можно определить физические характеристики цвета (цветового возбуждения), но как их интерпретирует мозг человека (восприятие цвета), можно только рассчитать.



- Для того, чтобы легче было различать отдельные составляющие, используемые для описания цвета в системе восприятия «глаз и мозг», вводятся понятия:
- *цветового стимула* как физически измеримого излучения, отражаемого наблюдаемым предметом, и
- *спецификации цветových стимулов* как результата визуального восприятия наблюдателя.
- Поскольку нельзя сказать, что мозг функционирует лишь как «устройство отображения» спецификации цветových стимулов, то *восприятие цвета* принято также определять как чувственное ощущение, инициированное цветом в сознании.
- В полиграфии и технологии репродукционных процессов цвет играет важную роль в качестве параметра, описывающего изображение.



2. Зрительное восприятие

Часто цвет предстает перед наблюдателем в цветном окружении. Цветовое восприятие можно описать лишь методом сравнений контрастов.

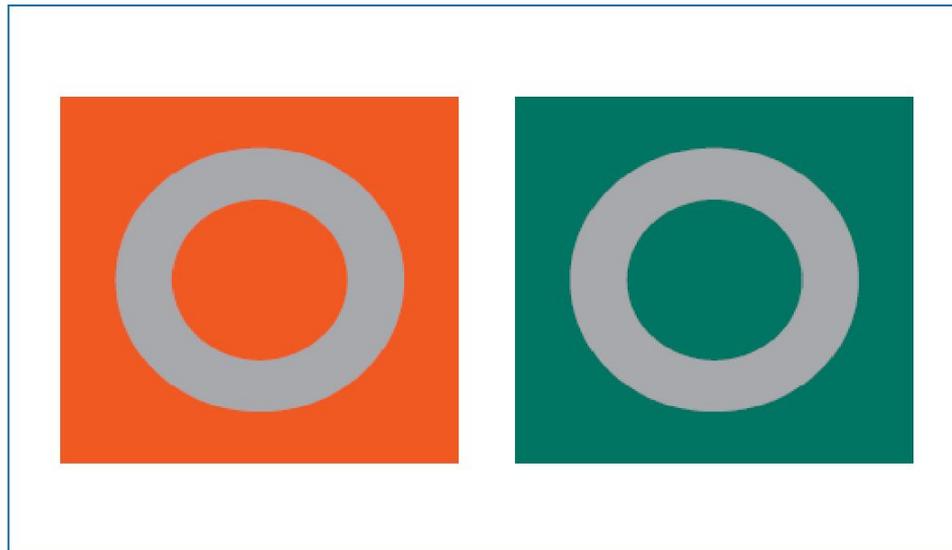
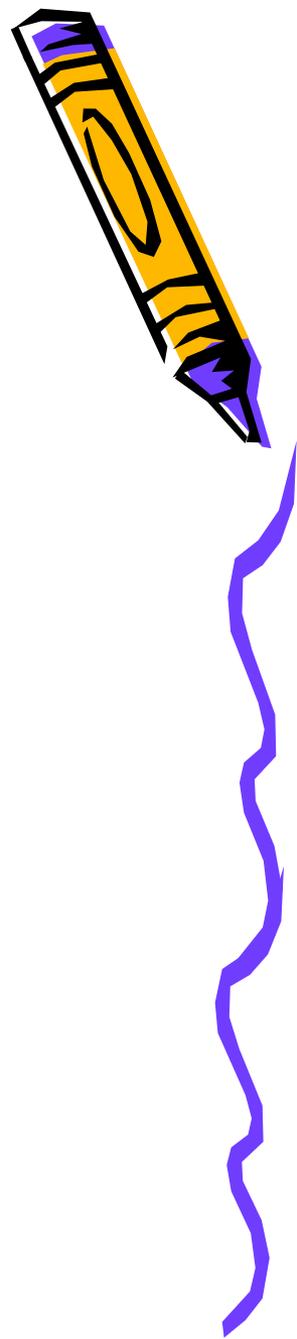
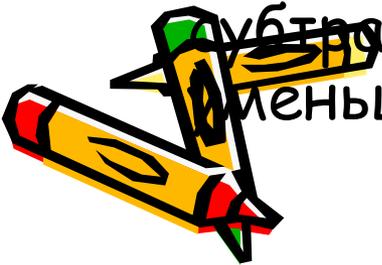
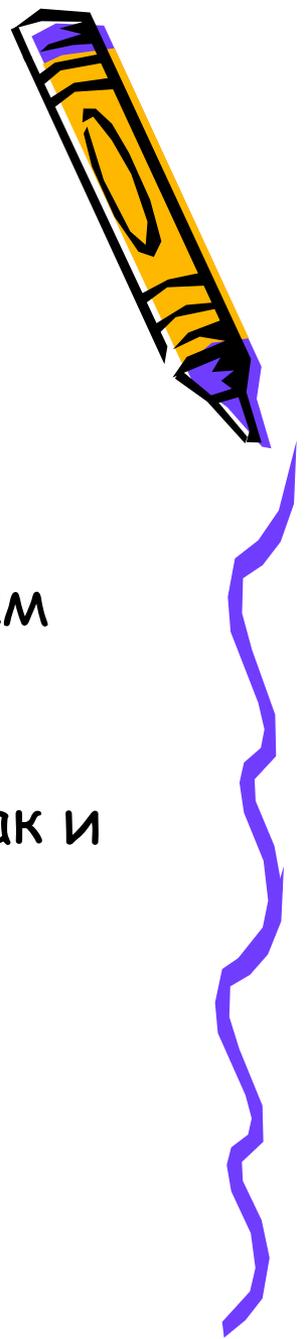


Рис. 1.4-1

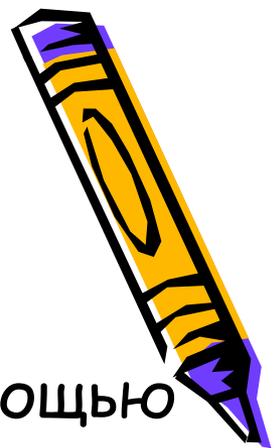
Эффект одновременного контраста; пример визуального восприятия искажения цвета одного и того же серого тона за счет окружающих цветов



- Эффекты зрительного восприятия являются факторами, оказывающими влияние на технологию обработки.
- Все, что предназначено для решения технологических задач или применения колориметрических систем, должно быть приведено в соответствие со зрительным восприятием цвета «конечным измерительным прибором» - глазом наблюдателя.
- В современной технологии многокрасочной репродукции применяется как аддитивный, так и субтрактивный синтез цвета.
- Формирование яркостной составляющей с помощью сложения отдельных излучений называют аддитивным синтезом цвета. При субтрактивном синтезе цвета наблюдается уменьшение яркости.

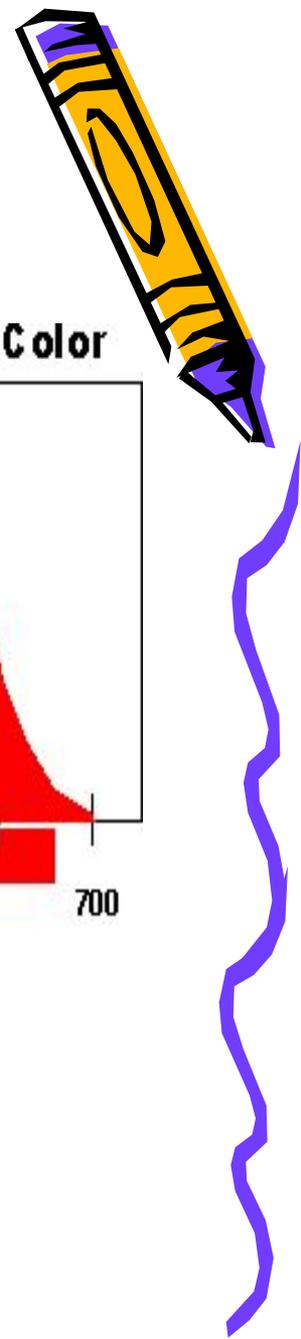
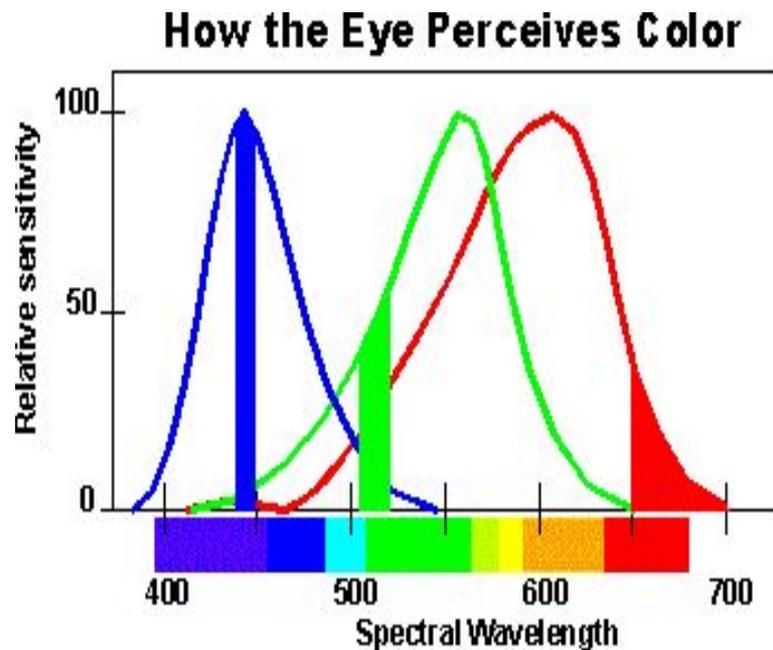
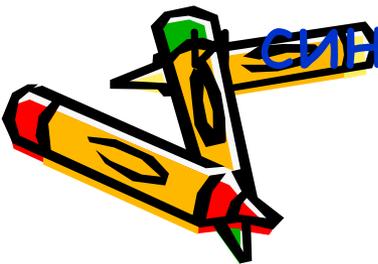


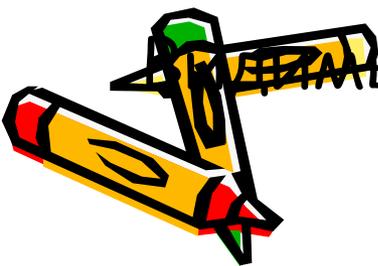
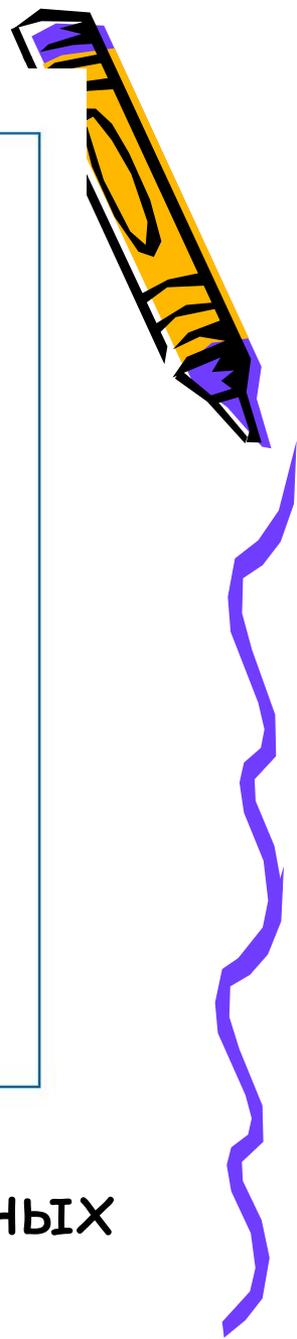
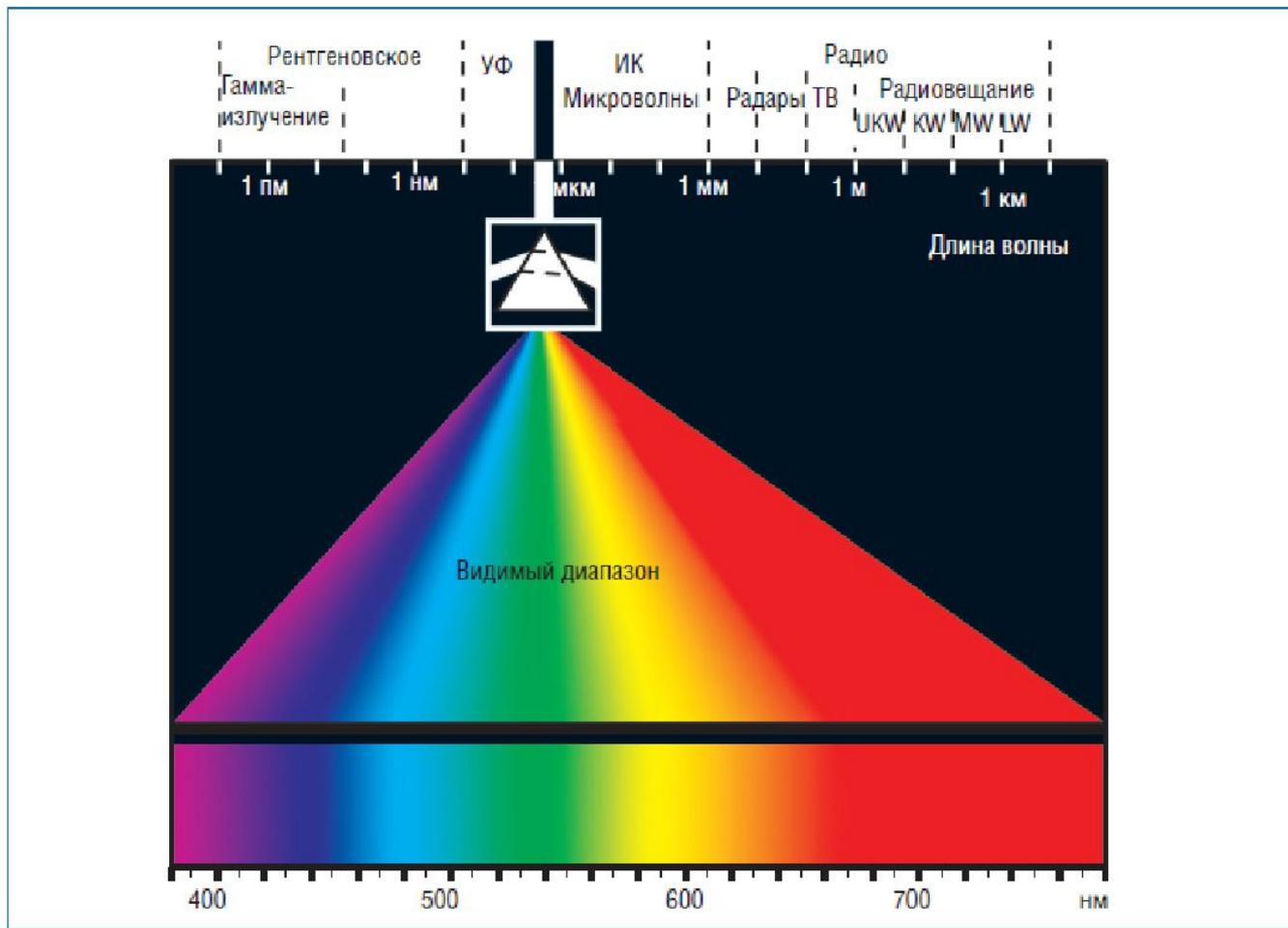
- В человеческом глазе присутствуют два вида рецепторов: палочки и колбочки.
- Палочки реагируют на оттенки серого, а с помощью колбочек мозг способен воспринимать спектр цветов.
- Существует три типа колбочек: первые реагируют на **красно-оранжевый** цвет, вторые - на зеленый, а третьи - на **сине-фиолетовый**. Когда стимулируется только один тип колбочек, мозг видит только один соответствующий цвет. Таким образом, если стимулируются наши "зеленые" колбочки - мы видим "зеленый" цвет. Если **красно-оранжевые** - "**красный**". Если одновременно стимулировать зеленые и **красно-оранжевые** колбочки, мы видим **желтый** цвет.



Из-за такого физиологического свойства нашего глаза, мы можем его "обмануть", представив полную гамму видимых цветов путем пропорционального смешивания всего лишь трех:

красного, зеленого
синего.





Видимый диапазон спектра электромагнитных волн

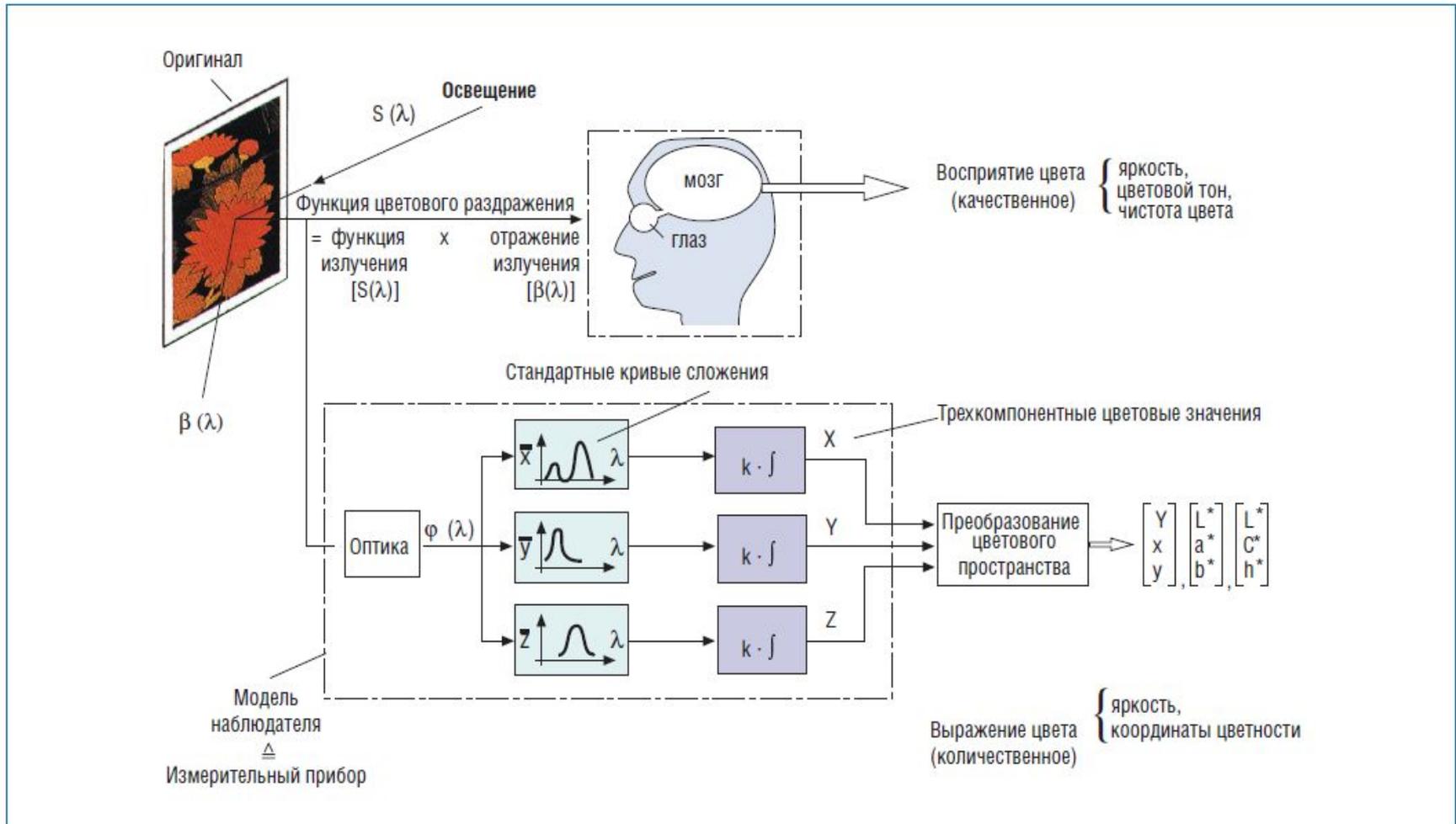


Рис. 1.4-14

Модель восприятия и колориметрического описания цветов [1.4-2]

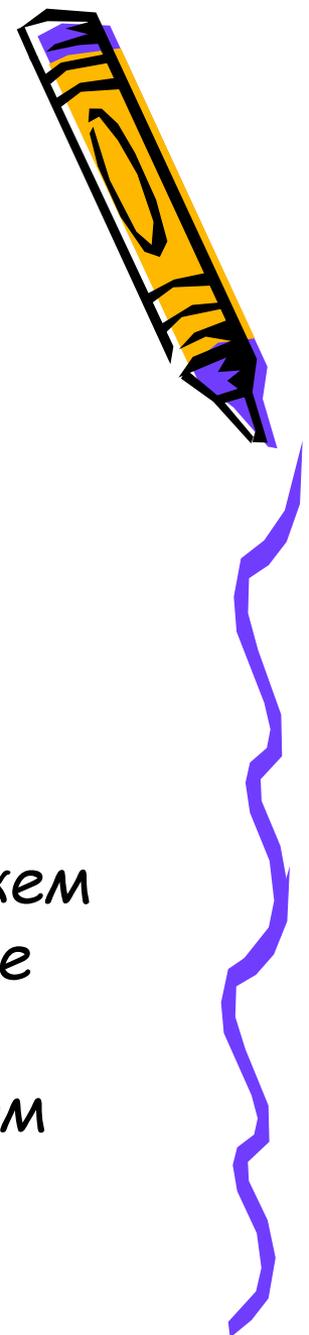
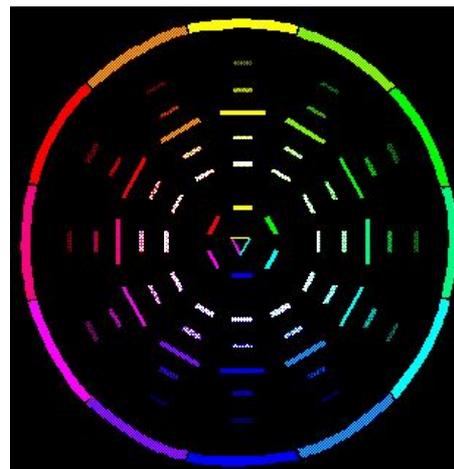
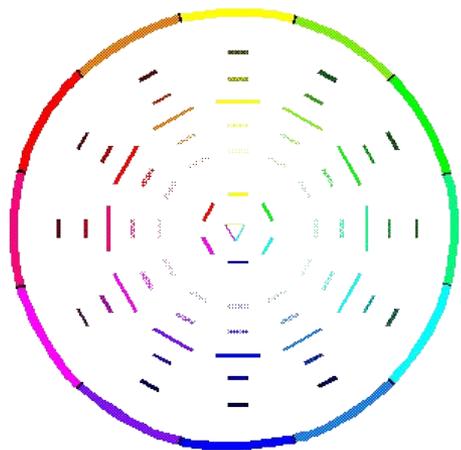


3. Определение основных цветов

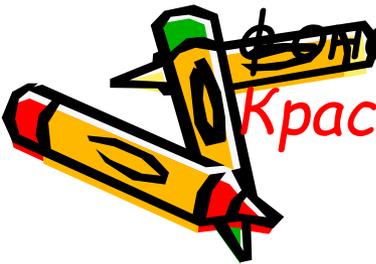


- Разложив любой цвет с помощью призмы можно определить составляющие его **красный**, **зеленый** и **синий** цвета (основные аддитивные цвета), либо **циан**, **фуксин** и **желтый** (основные субтрактивные цвета).
- Этот простой, но показательный прием позволяет определить настоящие основные цвета.
- Чем точнее мы знаем, какие цвета являются основными, тем больше вторичных цветов с их помощью мы можем воспроизвести.

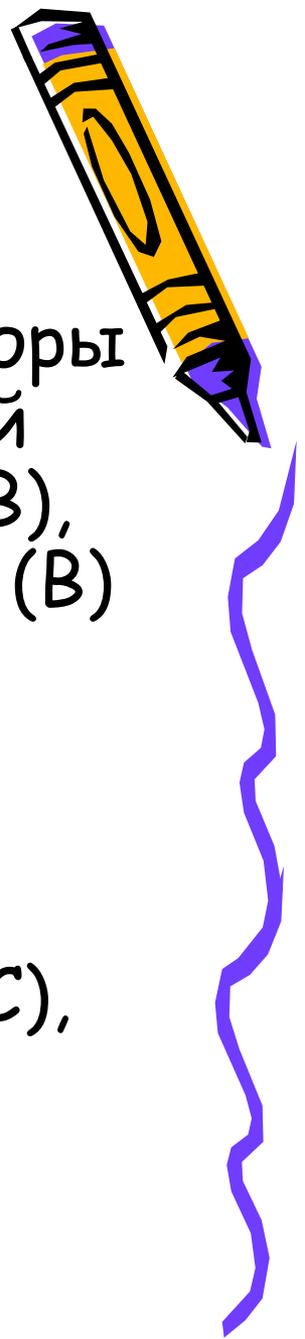




Просматривая эти круги через призму мы можем увидеть основные цвета. Круг на белом фоне разлагается на комбинацию **Циан/Фуксин/Желтый**. Тот же круг на черном фоне разлагается на комбинацию **Красный/Зеленый/Синий**.



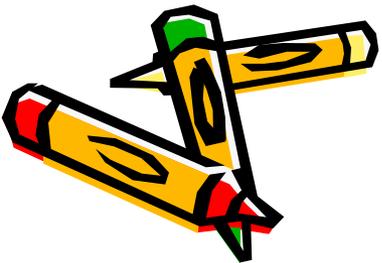
4. Аддитивный и субтрактивный цвет



- Телевизоры, камеры, сканеры, мониторы компьютеров основаны на аддитивной системе воспроизведения цветов (RGB), где красный (R), зеленый (G) и синий (B) в комбинации создают белый.
- Офсетная печать, цифровая печать, краски, пластик, ткань и фотография основаны на субтрактивной системе цвета (CMY/CMYK), где смесь циана (C), фуксина (M) и желтого (Y) создают черный цвет (K).



- Классификации аддитивного и субтрактивного смешения цветов не существует, важнее то, что в различных процессах синтеза наблюдается либо увеличение светлоты, либо ее уменьшение.
- Так, при аддитивном синтезе цвета лучи, испускание которых соответствует нескольким цветам, одновременно достигают сетчатки глаза. При этом цветовые ощущения складываются.
- В случае субтрактивного синтеза цвета никакого смешения цветов не происходит, а специальный состав цвета формируется последовательным наложением отдельных цветов (красочных слоев) подобно тому, как это происходит при сложении стеклянных светофильтров, формирующем кривые спектрального пропускания.



5. Цветовые модели

- Видеоустройства (например, экран монитора или телевизора) используют аддитивную модель RGB: они передают различные соотношения красного, зеленого и синего, которые мы воспринимаем как разные цвета.
- При цветной печати на бумагу наносятся в разных пропорциях полупрозрачные голубая, пурпурная и желтая краски; четвертая, черная краска используется для создания глубоких теней, а также для печати абсолютно черных объектов, таких как текст и линии. Эти краски поглощают и отражают свет на основе субтрактивной модели, причем делают это по-разному, имитируя таким образом все многообразие цветов.



Как получается аддитивный цвет?

- В излучающих источниках, в частности в кинескопах, получить цвета довольно просто — надо лишь заставить светиться точки люминофора разных цветов.
- Если светящиеся точки красного, зеленого и синего разместить близко друг от друга, то человеческий глаз будет воспринимать их как один целый элемент — пиксел.
- Изменяя интенсивность их свечения в разных пропорциях, можно получать практически все другие цвета и оттенки.
- Значит, на экране монитора отображается цвет не отдельного элемента изображения, а триады цветовых составляющих, за счет которых наше зрение и формирует в мозге ощущение цвета того самого элемента.
- Этот способ называется аддитивным (от английского add — суммировать, складывать), а цветовая система на его основе — RGB.



Как получается субтрактивный цвет?

- Здесь необходимо получать цвет светом, отраженным от поверхности. А поскольку в основном на поверхность падает солнечный свет (т. е. белый), то требуется каким-то образом выделить из него необходимый цвет, отразить его, а все другие составляющие — поглотить.
- Голубой поглощает только красный цвет, пурпурный — зеленый, а желтый — синий (диаметрально противоположные цвета поглощают друг друга).
- Благодаря этой особенности были созданы полиграфические краски, работающие как светофильтры.
- Из света, проходящего сквозь них, вычиталось все лишнее, а нужная цветовая составляющая проходила и отражалась от поверхности бумаги.
- Любые иные цвета получались при наложении базовых красок СМУ друг на друга в разных пропорциях.
- Назвали такой метод субтрактивным (от английского subtract — вычитать), а систему, основанную на нем, —

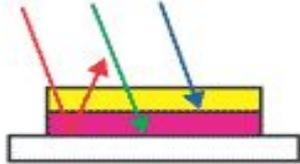
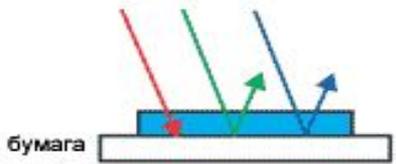


Одинарное наложение красок

Двойное (бинарное) наложение красок

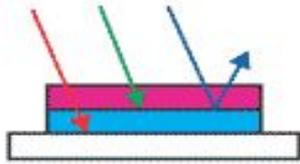
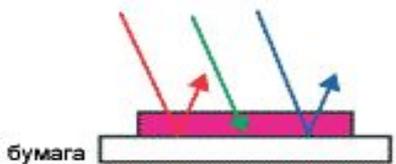
Голубой цвет

Красный цвет



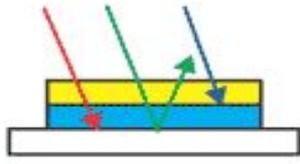
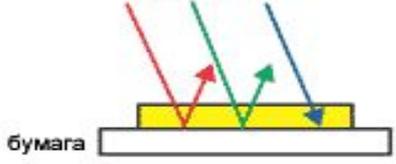
Пурпурный цвет

Синий цвет



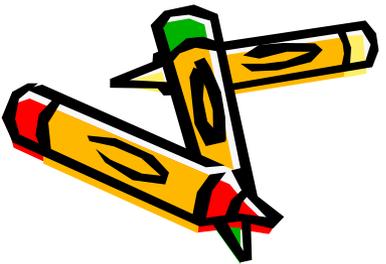
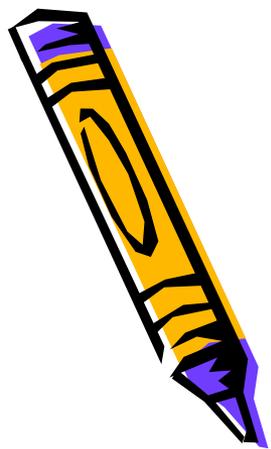
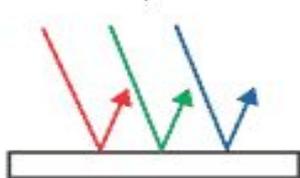
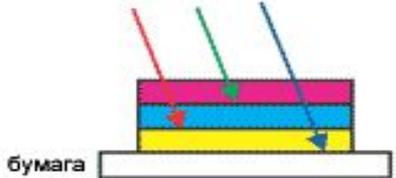
Желтый цвет

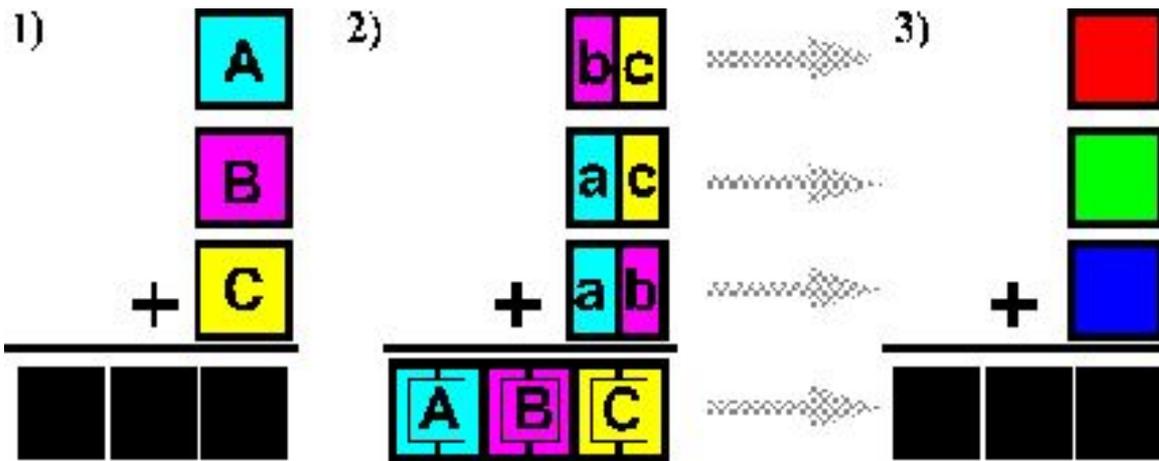
Зеленый цвет



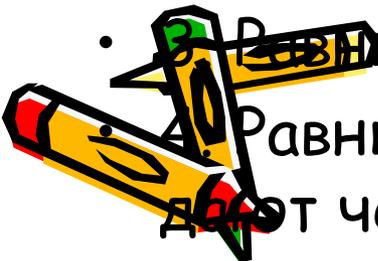
Черный цвет

Белый цвет



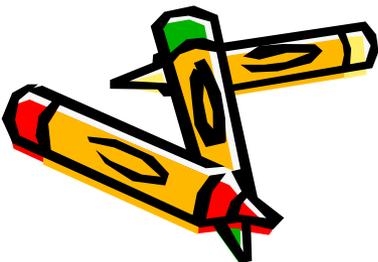
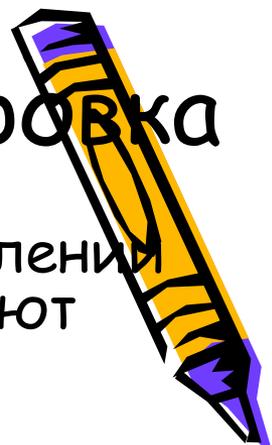


- **Математика цвета в гамме субтрактивных цветов:**
- I. Равное количество циана, фуксина и желтого (ABC) дает черный (K)
- II. Потому что:
 1. Равные количества фуксина и желтого дают красный
 2. Равные количества циана и желтого дают зеленый
 3. Равные количества циана и фуксина дают синий
 4. Равные количества красного, зеленого и синего дают черный



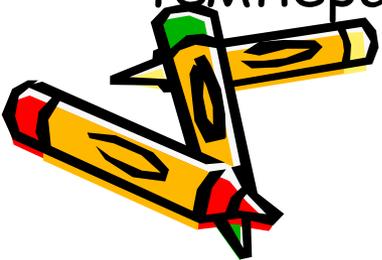
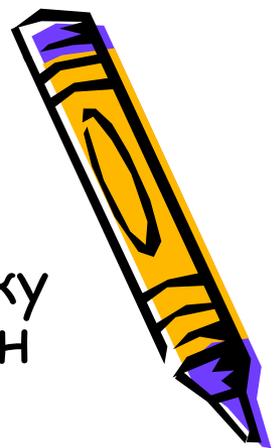
6. Определение цветов и калибровка

- Проблемы, возникающие при калибровке и определении цветов, вызваны тем, что все эти системы используют различные диапазоны видимых цветов.
- Для того, чтобы эффективно определять цветовые соответствия между различными цветовыми системами, необходимо проводить сложные математические вычисления.
- Если эти вычисления не сделать достаточно точными, цвета конечного изображения не будут соответствовать оригиналу.
- В настоящее время для правильного определения соответствия цветов производятся спектральные замеры каждого из устройств, участвующих в процессе, при этом в одинаковых условиях освещенности.
- После этого цвета переводятся в единое поле системы CIE.



7. Цветовая температура

- Чтобы, например, определить основную настройку монитора, на практике часто используется термин «цветовая температура».
- Вообще считается, что чем в большей степени тело поглощает видимое излучение, тем больше энергия его излучения при данной температуре.
- Теоретически наибольшую энергию излучения имеет «абсолютно черное тело», при этом энергия излучения, в свою очередь, рассчитывается как функция температуры.
- Температура абсолютно черного тела, при которой цвета излучателя Планка и реального источника наиболее близки друг другу, называется цветовой температурой или наиболее подобной цветовой температурой.



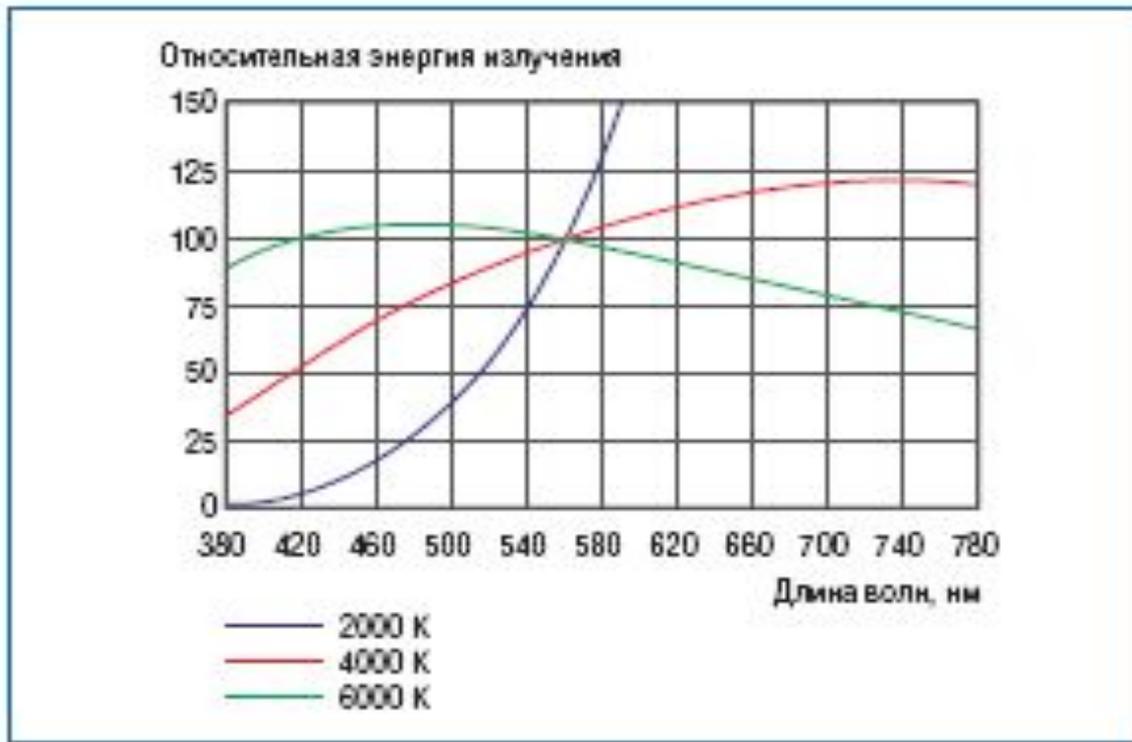
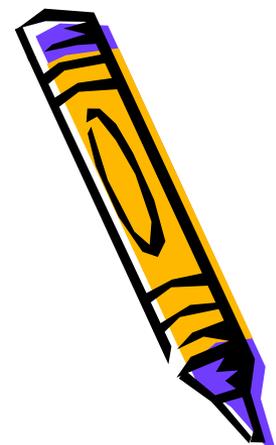
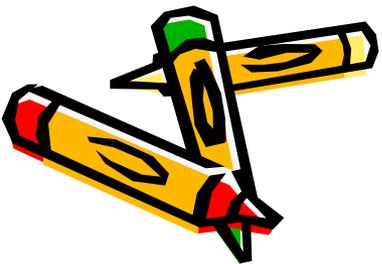


Рис. 1.4-4

Распределение энергии излучения абсолютно черного тела в зависимости от температуры (К – абсолютная температура по Кельвину)

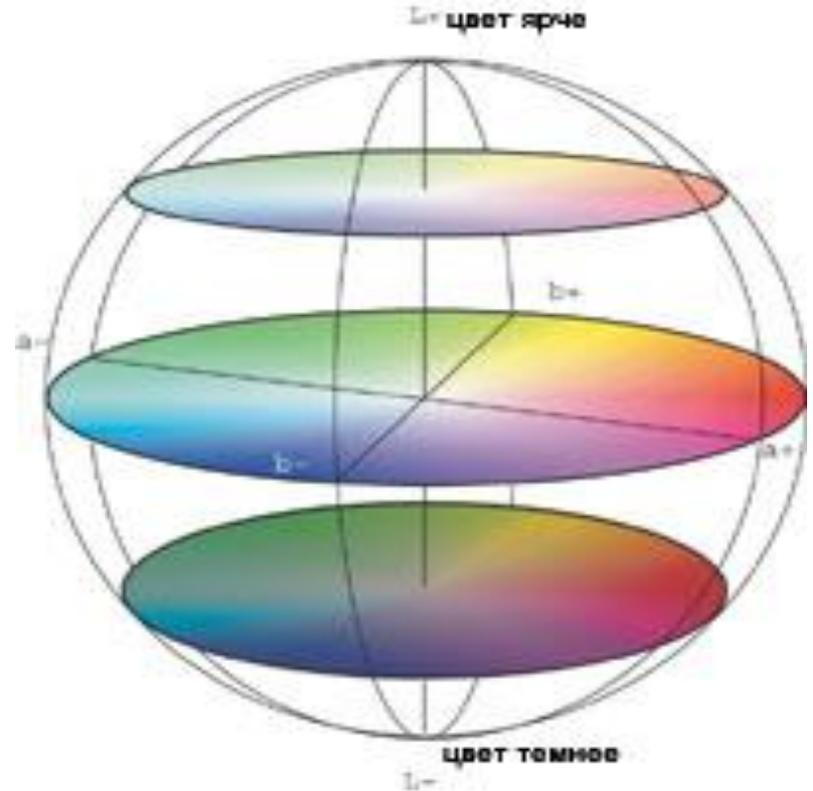
С повышением температуры не только увеличивается общая энергия излучения, но также изменяется и ее спектральное распределение.



в 1931 г. Международной комиссией по освещению (CIE — Commission Internationale de L'Eclairage) была разработана система XYZ, охватывающая все цвета и оттенки, которые только может видеть человек. В дальнейшем, после усовершенствования XYZ, создается модель цветового пространства CIE Lab



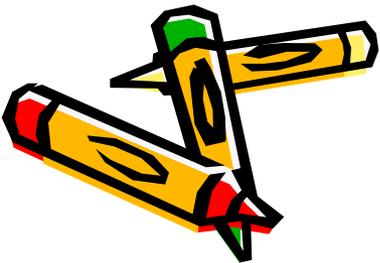
по оси вверх — увеличение яркости цвета; от оси а к оси b по периметру окружности — изменение цветового тона, а по радиусу — изменение насыщенности цвета и на ее основе известные нам цветовые системы RGB и CMYK.



- Предпринимались многие попытки описать цвет источника излучения одним числом, а именно цветовой температурой в кельвинах.
- Самые низкие цветové температуры, например на мониторе, соответствуют красно-желтым цветам (по ощущению теплым), а высокие цветové температуры приводят к голубоватым цветам (по ощущению холодным).
- Конечно, величина цветовой температуры не заменит точного описания цветových стимулов, однако является опробованным и проверенным способом приближенного описания свойств источников излучения и источников трех основных цветов.
- Верно также и то, что с помощью цветовой температуры возможно описать относительно малое количество цветов.
- Для более точного описания источников света CIE были введены стандартные источники света.



- С целью более точного его описания была разработана международная система, построенная на известных эталонных цветах, которые также называют основными цветами.
- В этой системе некоторое соотношение основных цветов соответствует каждой из длин волн видимого спектра.
- При этом существуют как положительные, так и отрицательные количества основных цветов. Чтобы получить только положительные значения, CIE ввела нереальные основные цвета, которые обозначают буквами X, Y и Z. Причем, X соответствует мнимому (реально не существующему) красному, Y - мнимому зеленому и Z - мнимому синему цвету.
- Спектральные составляющие, относящиеся к данной стандартной колориметрической системе, называют стандартными трехкомпонентными основными возбуждениями, а рассчитанные по ним цветовые координаты - стандартными цветовыми координатами



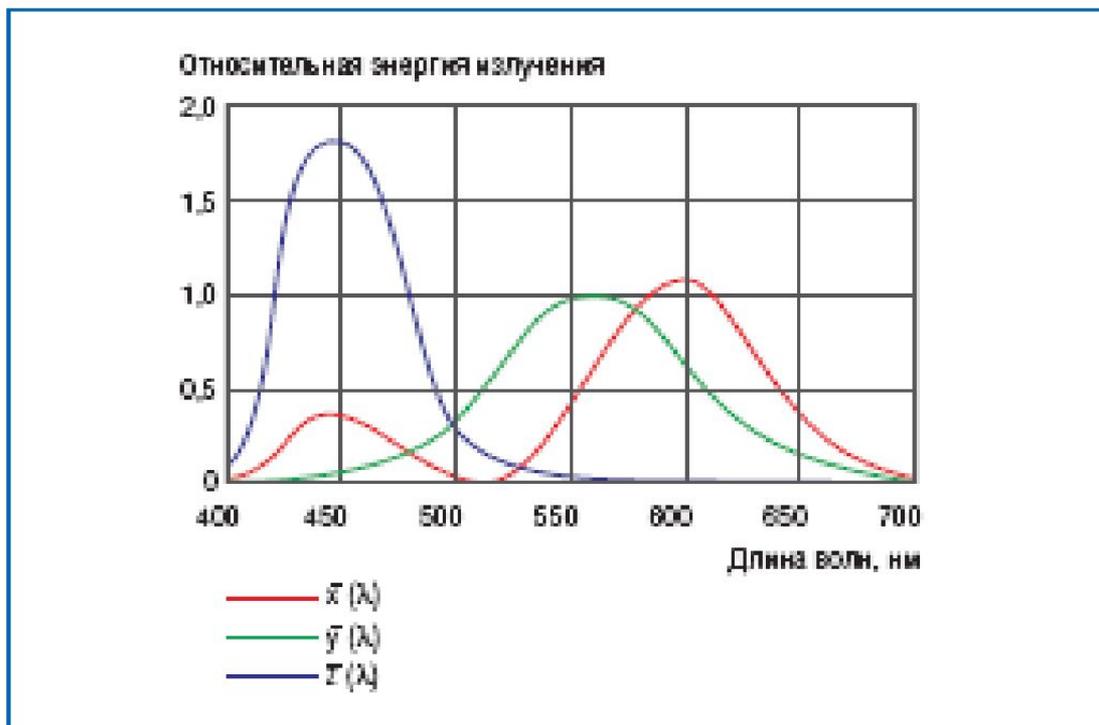
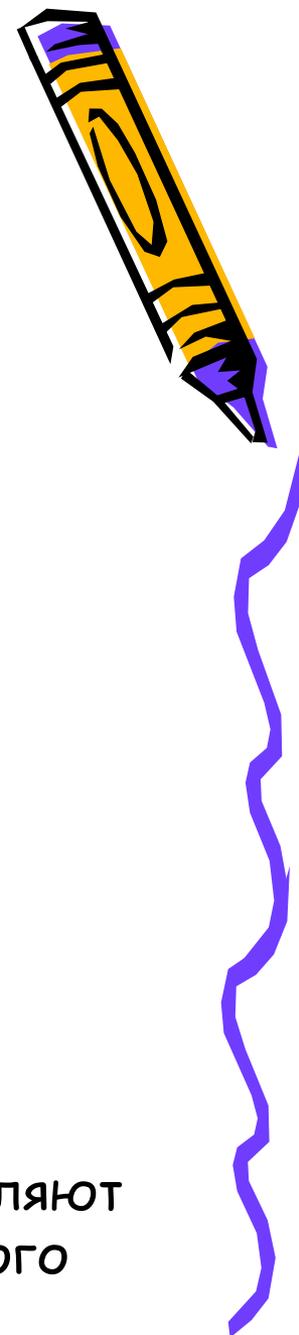


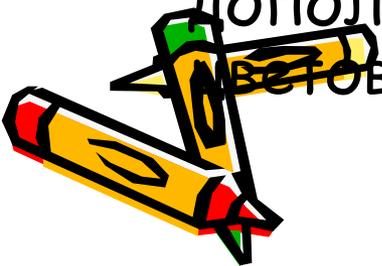
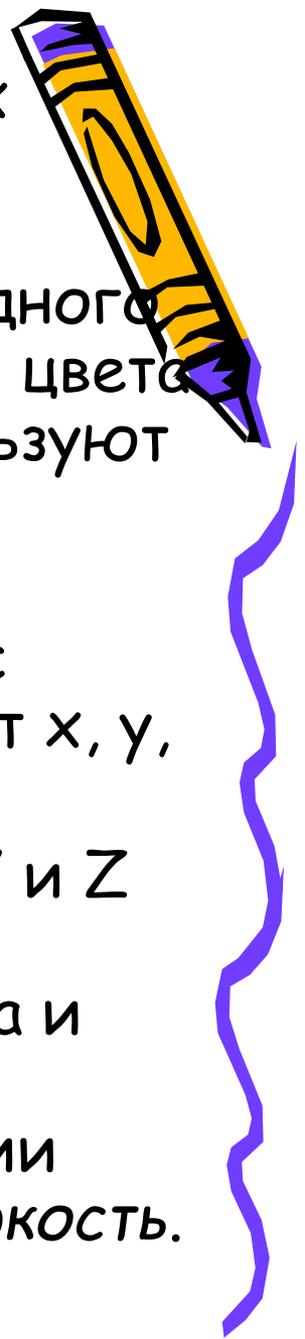
Рис. 1.4-5

Стандартные кривые сложения

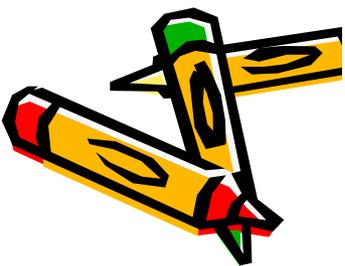
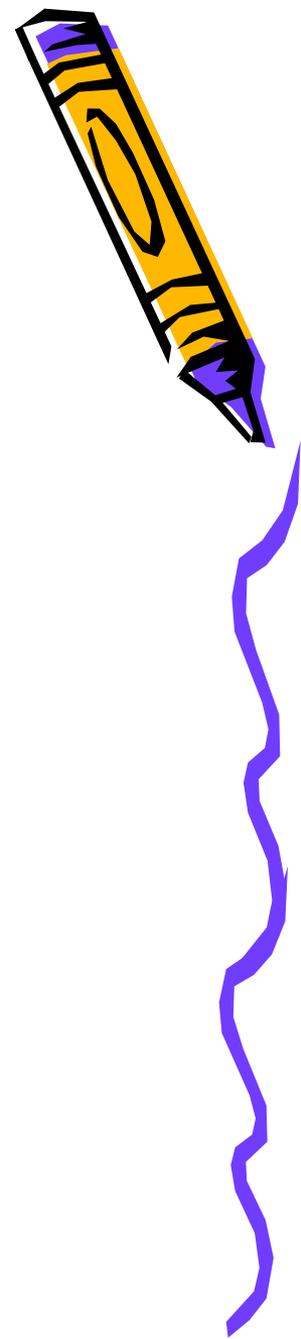
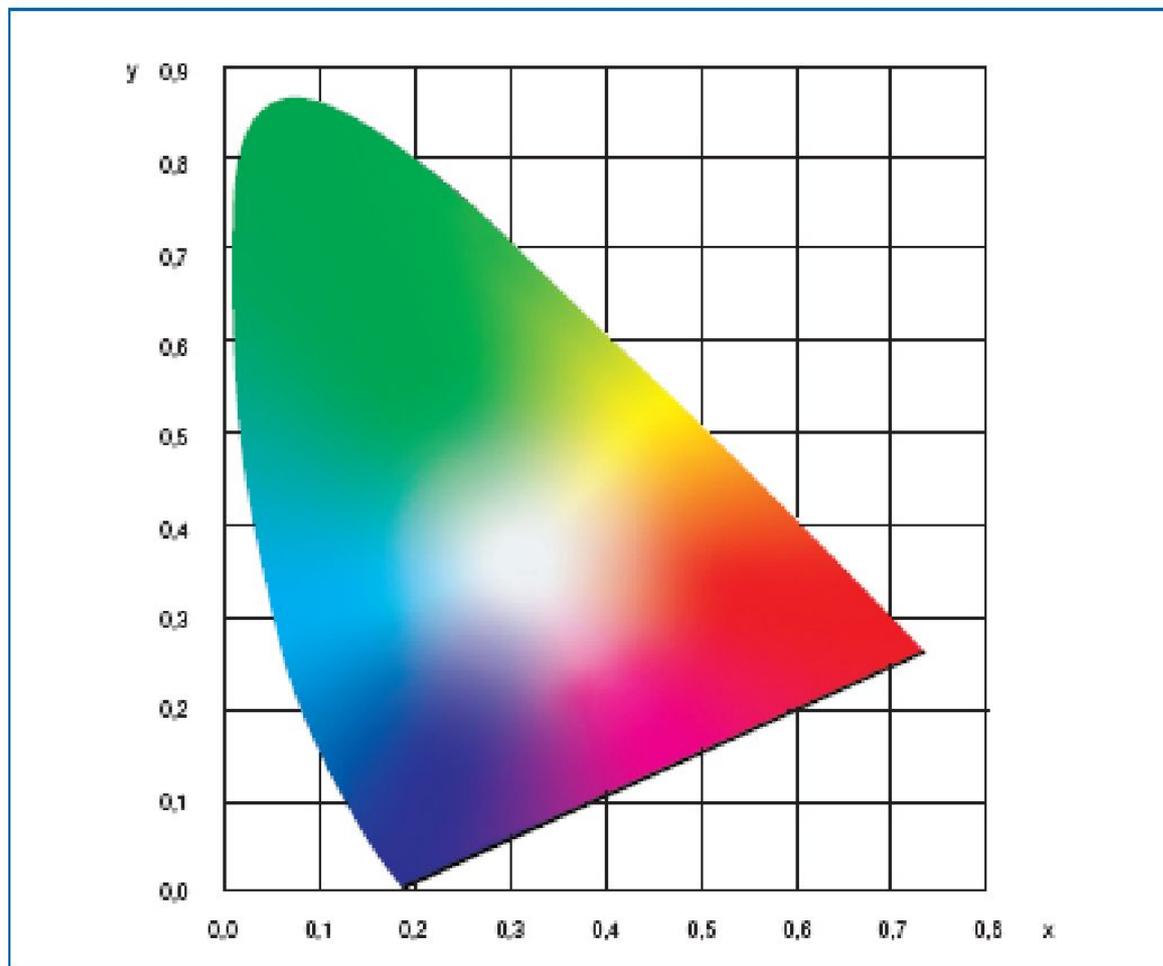
Стандартные кривые сложения $X(\lambda)$, $Y(\lambda)$ и $Z(\lambda)$ описывают зависимость энергии излучения от длины волны и определяют спектральную чувствительность глаза среднестатистического наблюдателя CIE.



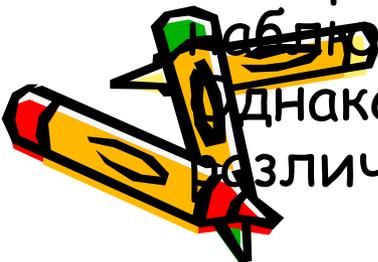
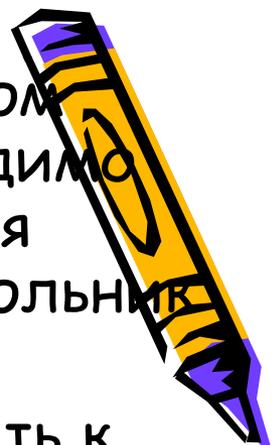
- В современной технологии репродукционных процессов колориметрическая система XYZ представляет важное эталонное цветовое пространство. Как постановления Международного консорциума по цвету ICC так и определение цвета на языке описания страниц PostScript, используют XYZ как опорное цветовое пространство при стандартном источнике D50 и угле зрения 2° .
- Представления об основных цветах связаны с понятием относительных цветовых координат x , y , z , сумма значений которых равна единице.
- Вместо стандартных цветовых координат X , Y и Z задаются только координаты цветности x и y , которые позволяют определить чистоту цвета и *цветовой тон*. Кроме того, с помощью дополнительного задания в третьем измерении *цветовой координаты* Y можно определить яркость.

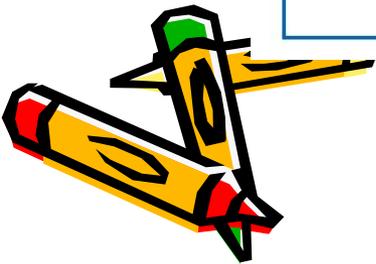
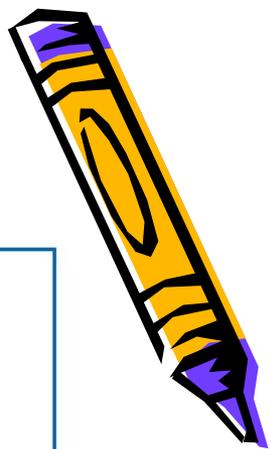
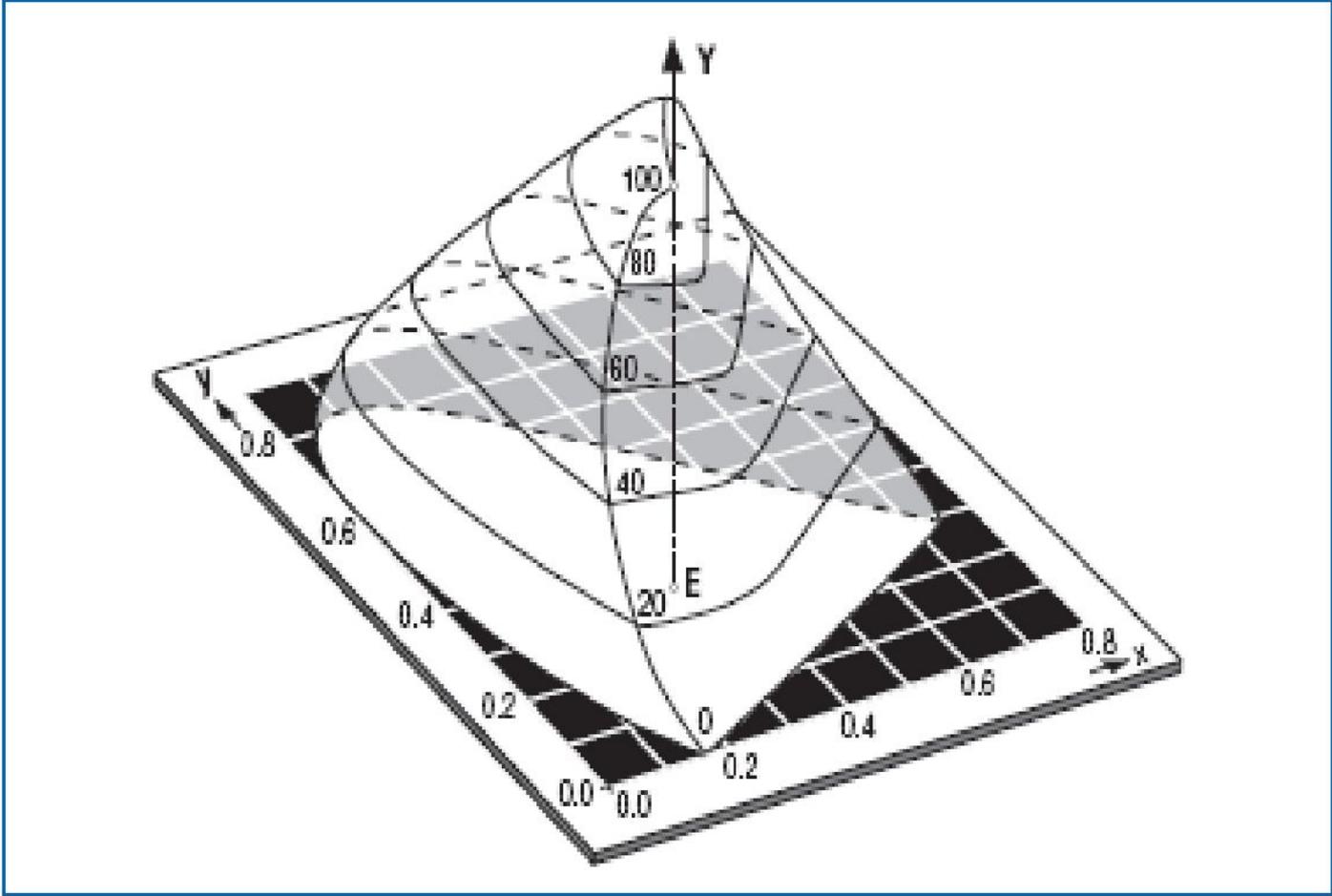


Многообразие цветов, получаемое в соответствии с таким подходом, называют стандартной цветовой таблицей, цветовым треугольником CIE, на практике известном как диаграмма цветности CIE - «подкова» CIE.



- Чтобы наряду с чистотой цвета и цветовым тоном графически визуализировать и яркость, необходимо ввести дополнительную ось. Ось Y , проведенная через точку белого, превращает цветовой треугольник CIE в цветное тело CIE
- Если максимально достижимую яркость добавить к насыщенности и цветовому тону, то цветное тело CIE будет представлять собой асимметричную «гору».
- Необходимо отметить, что в области желтого и зеленого цветов при высокой насыщенности можно достичь значительно большей яркости, чем в зоне синих и красных цветов. Поэтому цветное тело CIE является явно асимметричным.
- Цветное тело отображает все цвета, воспринимаемые глазом среднестатистического наблюдателя для стандартного источника света. Однако оно не позволяет определить визуальное различие между двумя цветами.





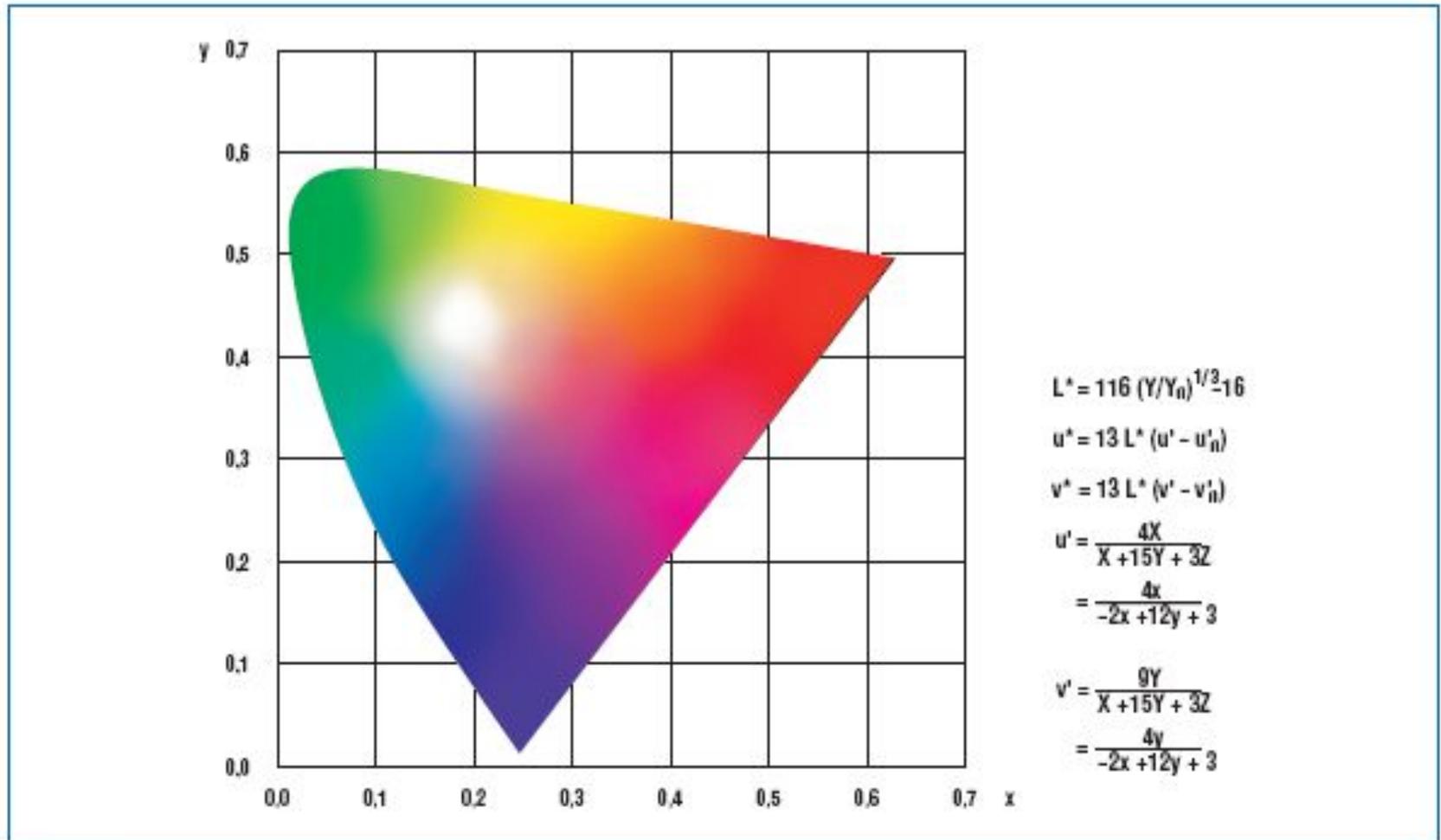


Рис. 1.4-8

Цветовое пространство CIE LUV [1.4-1]



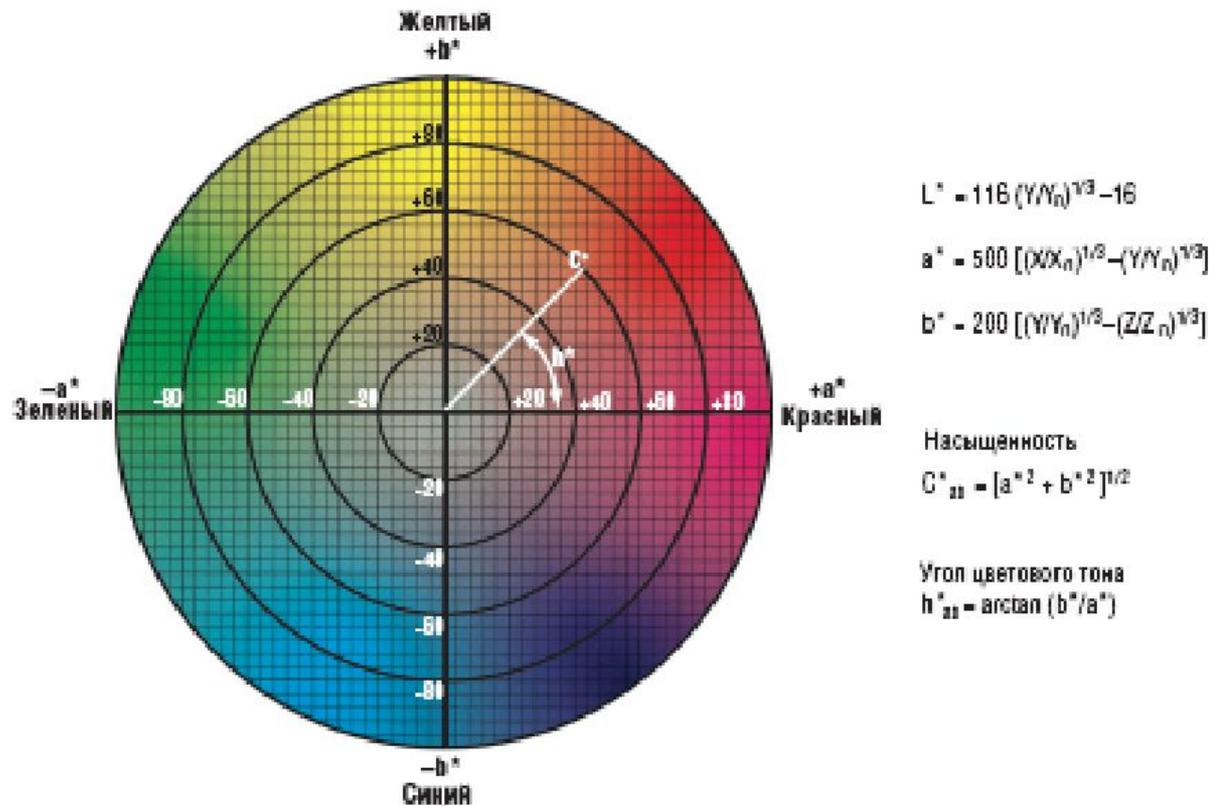


Рис. 1.4-9

Цветовой круг CIELAB [1.4-1]

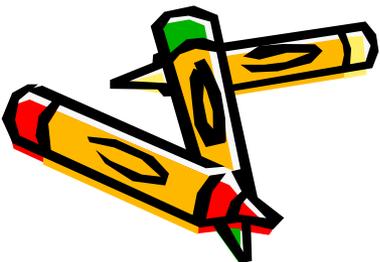
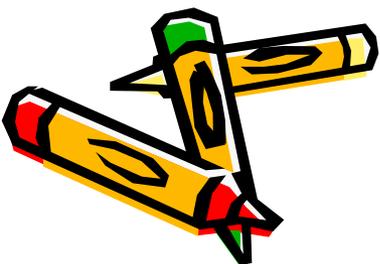
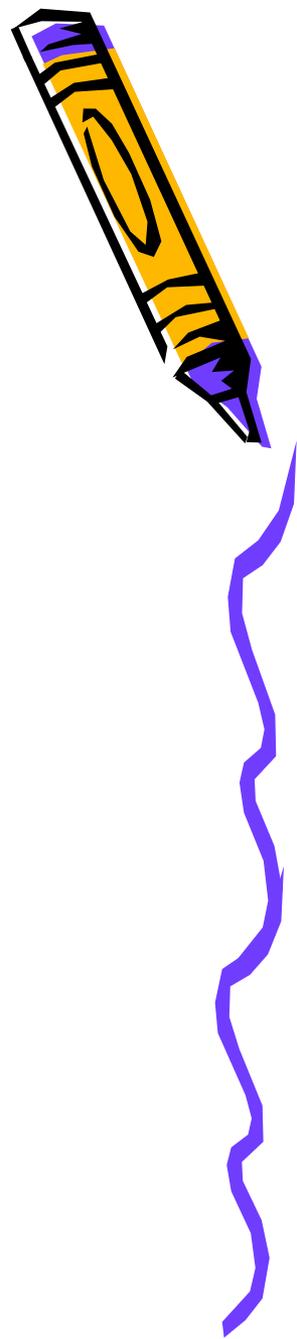
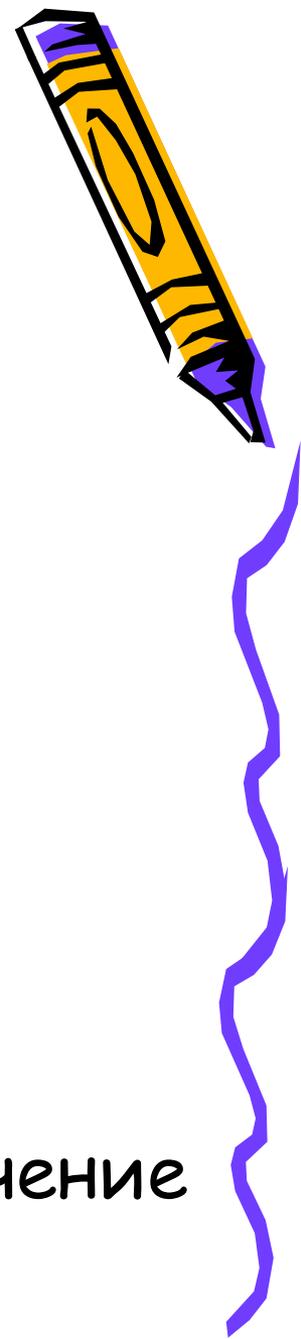
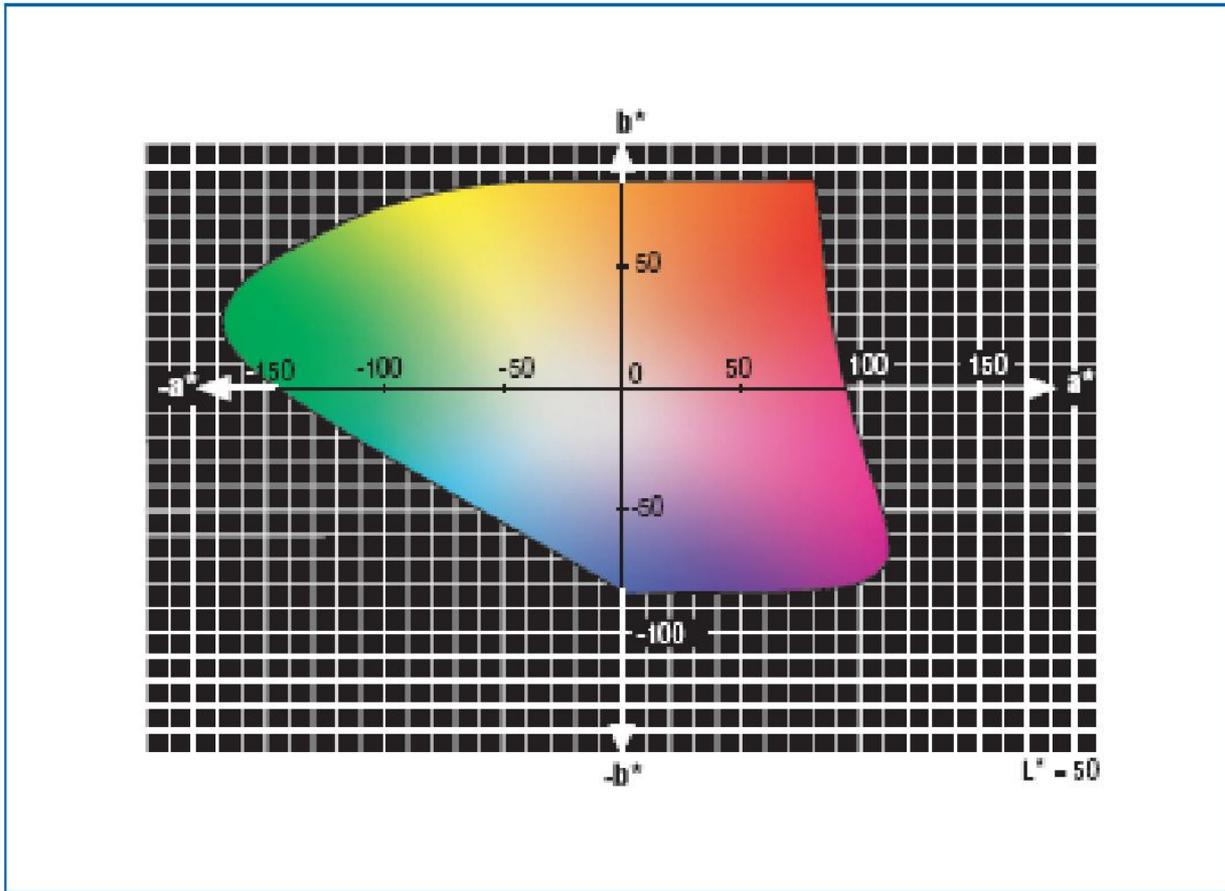




Рис. 1.4-10
Цветовое тело CIELAB [1.4-2]





Цветовое пространство (поперечное сечение
цветового тела) CIE LAB

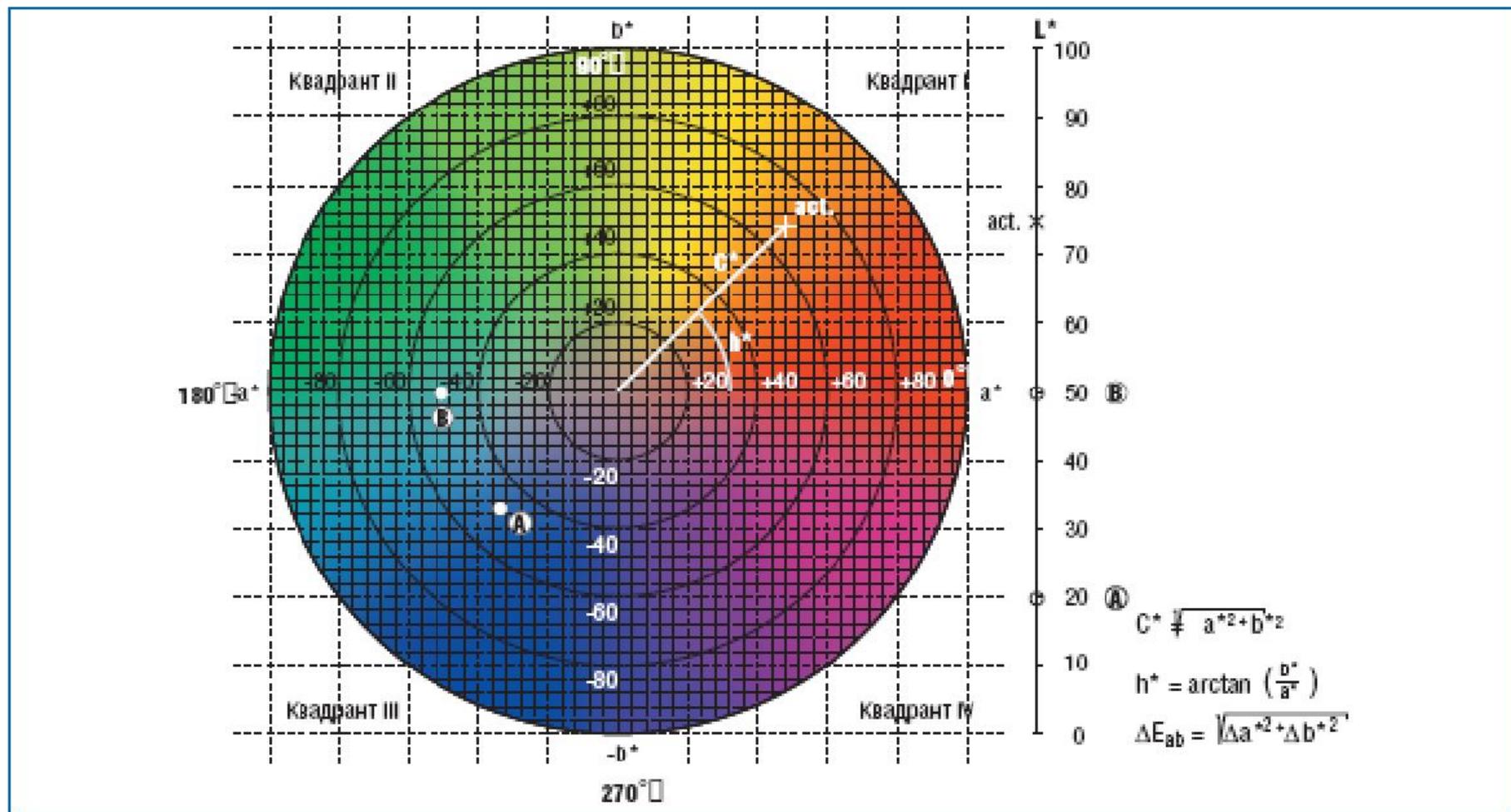


Рис. 1.4-12

Цветовой круг CIE L*a*b* с насыщенностью C^* , углом цветового тона h° (координаты цветности A и B – в соответствии с рис. 1.4-13) [1.4-2] (Примечание: перед изображениями на рис. 1.4-12 и 1.4-13 не ставилась цель точной передачи цвета, они должны показать лишь принципиальную проблематику)



COLORCUBE - это трехмерная модель цифрового цвета

Компания **Spittin' Image Software** представляет новое простейшее изобретение, предназначенное для того, чтобы объяснить людям принципы работы цифрового цвета.

Это изобретение было запатентовано в США под названием **COLORCUBE**.

Оно представляет собой изображение физической модели того, как цвета хранятся, обрабатываются и воспроизводятся в цифровых устройствах.

