



# Мультимедиа ТЕХНОЛОГИИ

Модуль 2

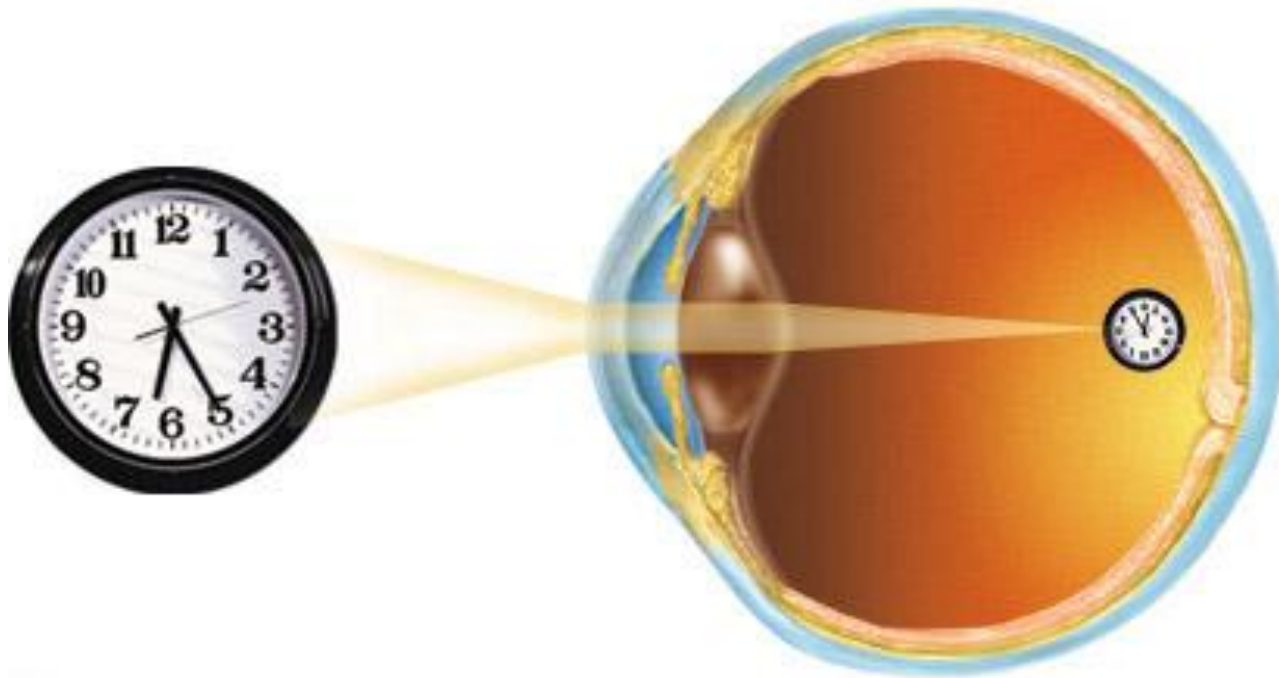
# Компьютерная графика

**Компьютерная графика** – специальная область информатики, занимающаяся методами и средствами создания изображений с помощью программно-аппаратных комплексов

**Машинная графика** – совокупность методов и средств для преобразования данных в графическую форму представления и из графической формы представления с помощью электронно-вычислительной машины (*определение дано Международной организации по стандартизации*)

# Что такое изображение?

**Изображение** – результат прохождения светового потока, отраженного от объекта или излучаемого им через оптическую систему



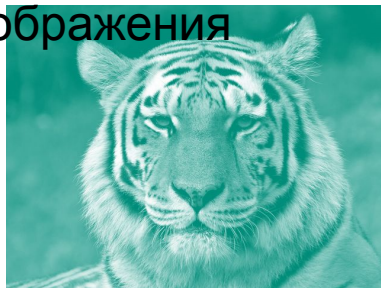
# Основные направления работы с изображением



*Изображение*  
е

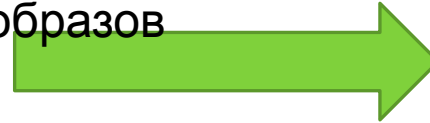


Обработка  
изображения



*Изображение*  
е

Распознавание  
образов



*Описание*  
е



Компьютерная  
графика

# Основные направления работы с изображением

## Распознавание образов

*(система технического зрения, computer vision)*

совокупность методов, позволяющих получить описание изображения, поданного на вход, либо отнести заданное изображение к некоторому классу

## Обработка изображений

*(image processing)*

рассматриваются задачи, в которых входные и выходные данные являются изображениями

## Компьютерная графика

*(computer graphics)*

воспроизводит изображение в случае, когда исходной является информация неизобразительной природы

# Области применения компьютерной графики

## Визуализация

создание плоских изображений трёхмерных моделей

## Проектирование

процесс, в ходе которого создаётся прототип, прообраз необходимого объекта

Компьютерная графика

```
graph TD; CG[Компьютерная графика] --> V[Визуализация]; CG --> P[Проектирование]; CG --> M[Моделирование]; CG --> UI[Пользовательский интерфейс];
```

## Пользовательский интерфейс

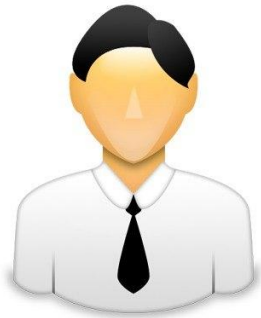
обеспечение взаимодействия пользователя и компьютерной системы

## Моделирование

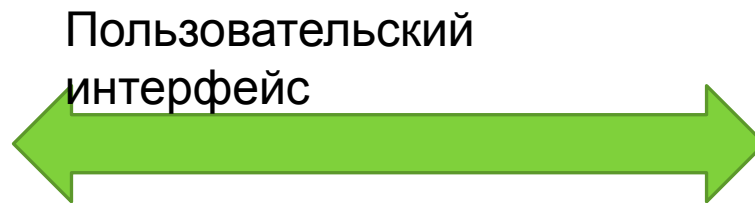
создание и представление трёхмерных (3D) моделей

# Область применения КГ: пользовательский интерфейс

**Интерфейс** – совокупность средств и методов обеспечения взаимодействия между элементами системы



Пользовате  
ль

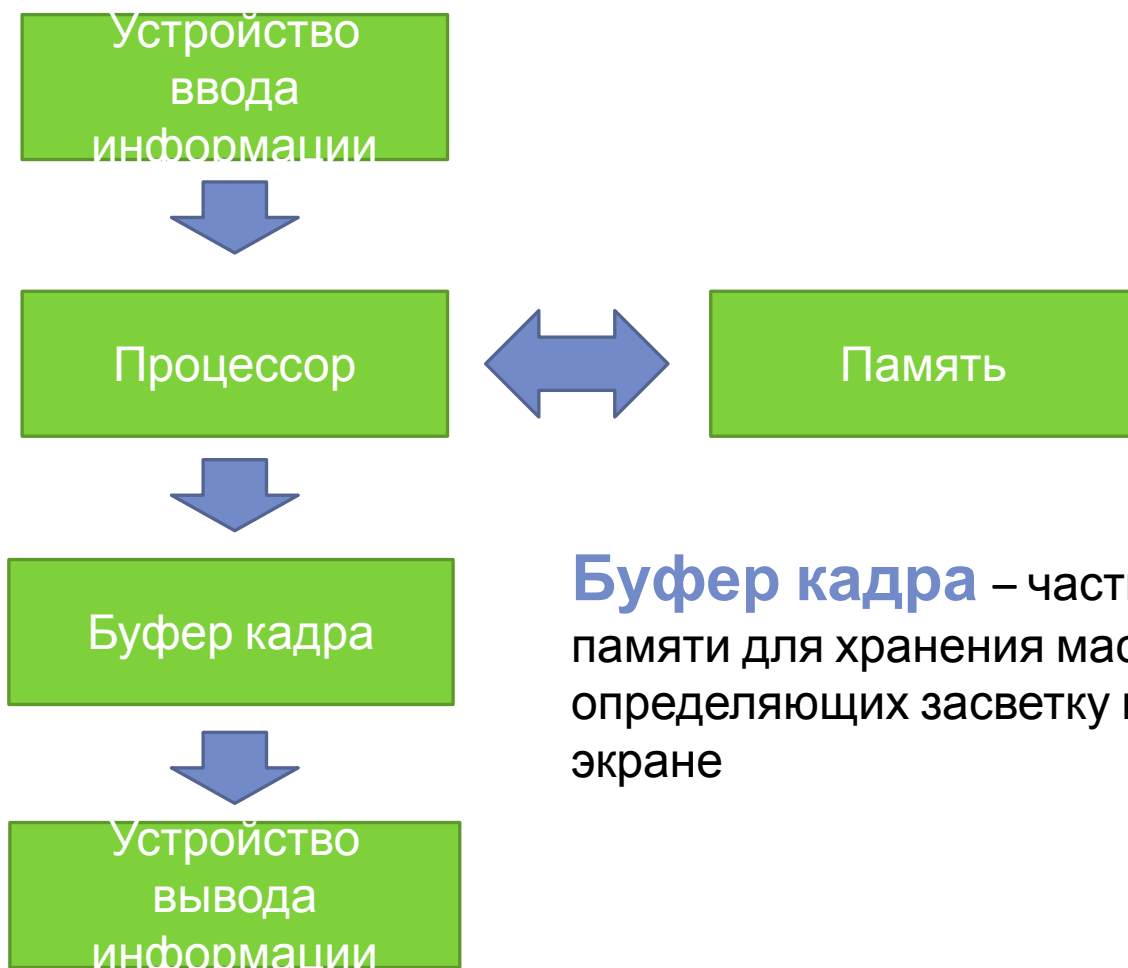


Программное  
обеспечение

**Пользовательский интерфейс** – элементы и компоненты программы, способные оказать влияние на взаимодействие пользователя с программным обеспечением

**Графический пользовательский интерфейс** (*graphical user interface, GUI*) – обеспечивает возможность управления поведением вычислительной системы через визуальные элементы управления – окна, списки, кнопки, гиперссылки и т.д.

# Основные компоненты графической системы



**Буфер кадра** – часть графической памяти для хранения массива кодов, определяющих засветку пикселей на экране



# Ядро графической системы

**Ядро графической системы (ЯГС)** – базисная графическая система, которая может использоваться для решения большинства прикладных задач, генерирующих изображение с помощью вычислительных систем.

**ЯГС** – функциональный интерфейс между прикладной программой и конфигурацией графических устройств ввода и вывода.

*Функциональное описание ядра графической системы представлено в ГОСТ 27817-88 (соответствует ИСО 7942)*

# Модель функционирования ЯГС



**Языковая оболочка** – зависящая от языка программирования часть реализации, в которую заключено языково-независимое ядро

# Концепция графического вывода



## Примитив (*output primitive*)

базовый графический элемент,  
который может использоваться для  
построения изображения

Примитивы: ломаная, полимаркер,  
текст, полигональная область,  
матрица ячеек и обобщенный  
примитив вывода



## Атрибу т

характеристика примитива вывода  
или сегмента, например, цвет  
примитива, тип и толщина линии  
примитива, выделение,  
межлитерный просвет

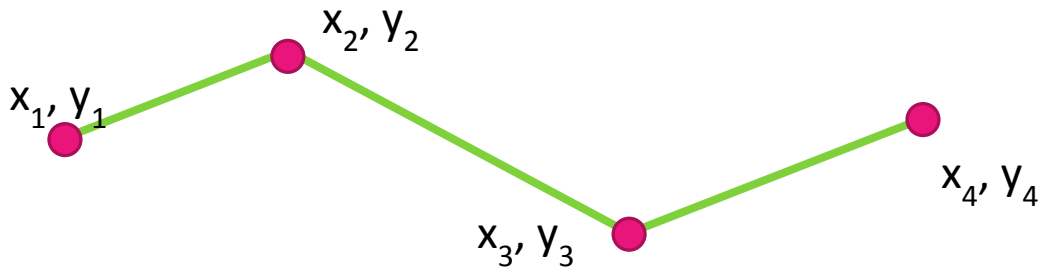
## Изображение (*display image*)

совокупность графических примитивов и/или сегментов,  
которая может быть одновременно выведена на носитель  
изображения

# Примитивы вывода

## Векторный примитив: ЛОМАНАЯ (POLYLINE) –

ЯГС генерирует набор отрезков прямых, соединяющих заданную последовательность точек



## Точечный примитив: ПОЛИМАРКЕР (POLYMARKER) –

ЯГС генерирует набор символов некоторого типа, которые центрируются в указанных точках

## Текстовый примитив: ТЕКСТ (TEXT)

– ЯГС генерирует строку литер с началом в указанной позиции



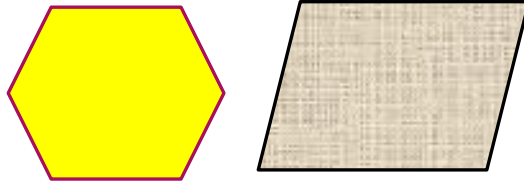
Т

# Примитивы вывода

Растровые примитивы:

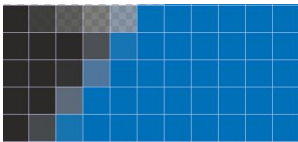
## ПОЛИГОНАЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ (FILL AREA)

– ЯГС генерирует многоугольник; область, которую он ограничивает может быть пустой, иметь фоновую окраску, быть покрыта узором по шаблону или заштрихованной



## МАТРИЦА ЯЧЕЕК (CELL ARRAY)

– ЯГС генерирует матрицу прямоугольных ячеек, каждой из которых присвоен индивидуальный цвет



Примитив общего назначения:

## ОБОБЩЕННЫЙ ПРИМИТИВ ВЫВОДА (GENERALIZED DRAWING PRIMITIVE)

# Атрибуты примитивов вывода

## ЛОМАНАЯ

тип линии, толщина линии, цвет

## ПОЛИМАРКЕР

тип маркера, масштаб маркера, цвет

## ТЕКСТ

шрифт, высота литер, вертикаль литеры, масштаб расширения литеры, направление текста, межлитерный интервал, выравнивание текста, цвет

## ПОЛИГОНАЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ

вид заполнения (пусто, заливка цветом, по шаблону, штриховка)

## МАТРИЦА ЯЧЕЕК

цвет

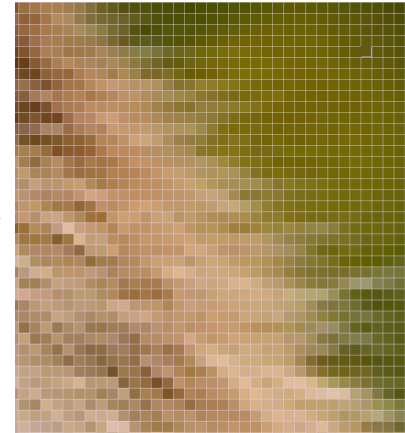
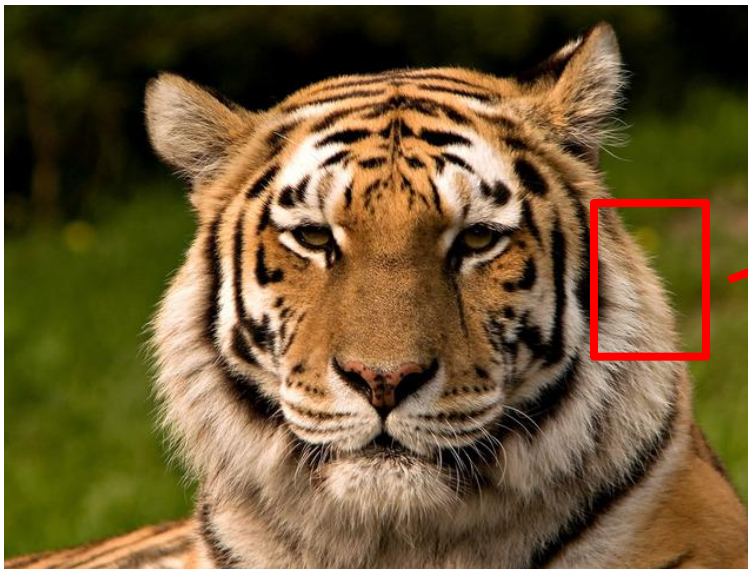
## ОБОБЩЕННЫЙ ПРИМИТИВ ВЫВОДА

# Методы представления графической информации

- Растровая графика
- Векторная графика
- Фрактальная графика

# Растровая графика

**Растровая графика** – способ построения изображения, в котором изображение представляется массивом простейших элементов – пикселей, где каждый пиксель имеет четко заданное положение

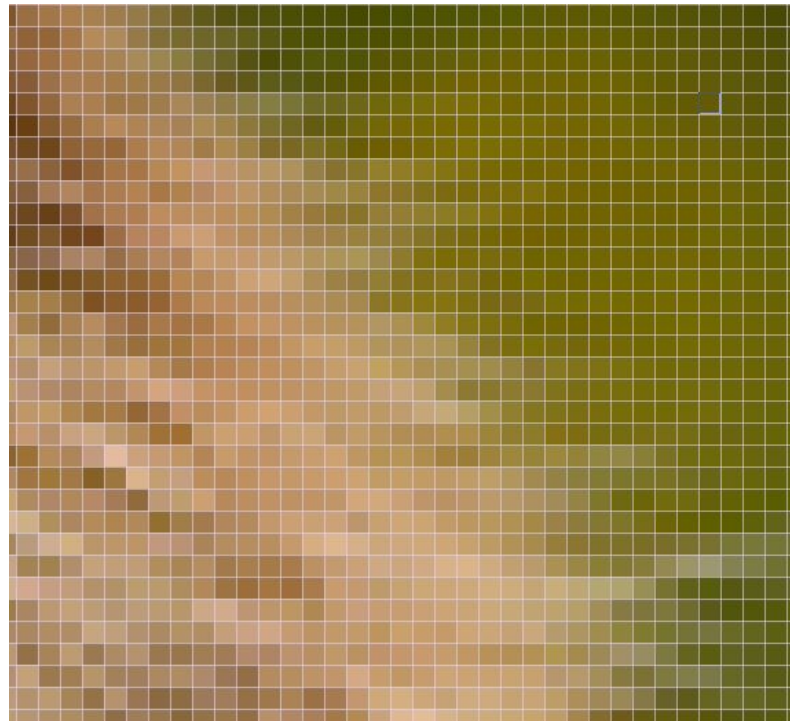




# Растровая графика

**Растровая матрица** – набор пикселей, каждый из которых характеризуется координатами (2 числа) и цветом (1 число)

**Пиксель (англ. pixel, picture element – элемент рисунка)** – минимальный элемент растрового изображения



# Растровая графика

## Достоинства

растровые редакторы являются наилучшим средством обработки фотографий и рисунков, т.к. обеспечивают высокую точность передачи градаций цветов и полутонов

## Недостатки

- растровая графика чрезвычайно чувствительна к изменению размера рисунка, и масштабировать её затруднительно
- хранение и обработка файлов растровой графики требует больших объёмов памяти

# Характеристики растрового изображения

**Разрешение** – количество пикселей на единицу длины

- разрешение оригинала (точек на дюйм – dot per inch, dpi)
- разрешение экранного изображения (пикселей на дюйм – ppi)
- разрешение печатного изображения

Устройство	Ориентировочное эффективное разрешение
Монитор	96 ppi
Струйный принтер	150–166 dpi
Струйный принтер в фоторежиме	266–300 dpi
Лазерный принтер	266–300 dpi
Цифровая печать фотографий	300–450 dpi
Типографская печать	300–600 dpi

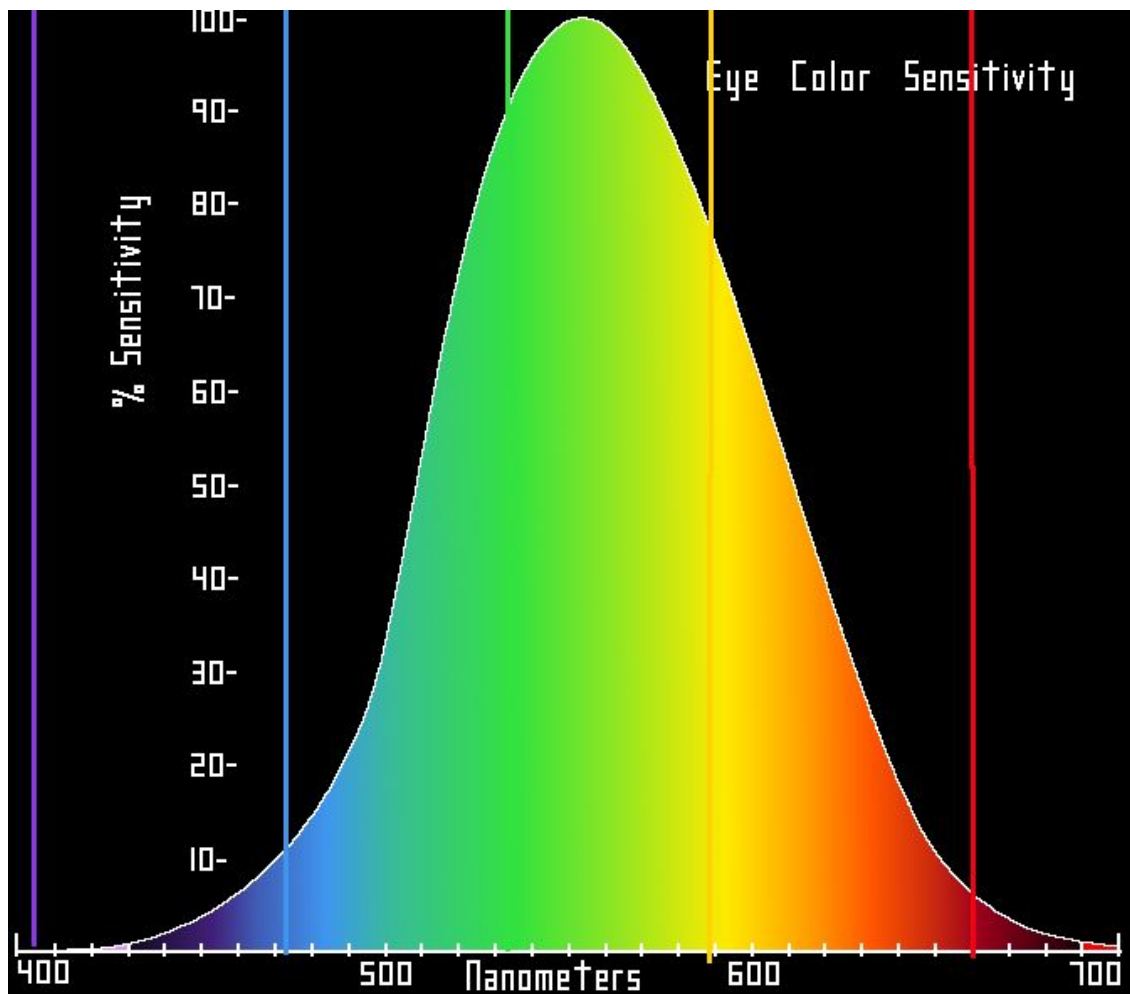
**Глубина цвета** – количество используемых цветов, т.е. число разрядов отводимое для хранения информации о цвете пикселя

**Цветовая модель** – способ для описания цветов особенно в компьютерных технологиях и полиграфии

# Режимы представления растровых изображений

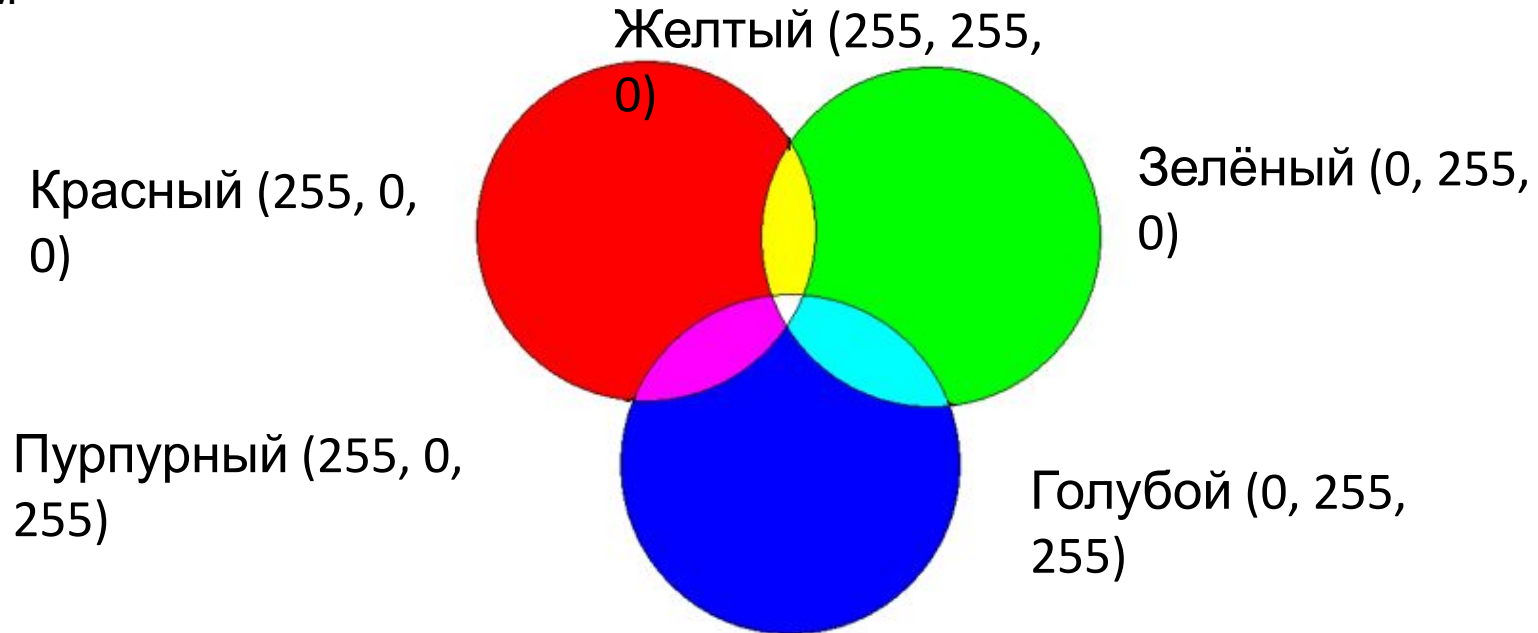


# Восприятие цветов глазом человека



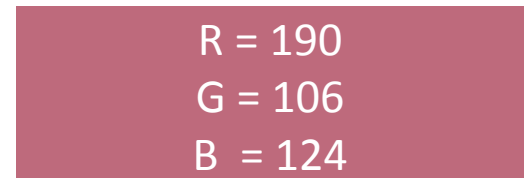
# Цветовая модель RGB

**Цветовая модель RGB** (*Red Green Blue*) – аддитивная цветовая модель, согласно которой цвет кодируется тремя компонентами – красным, зелёным и синим



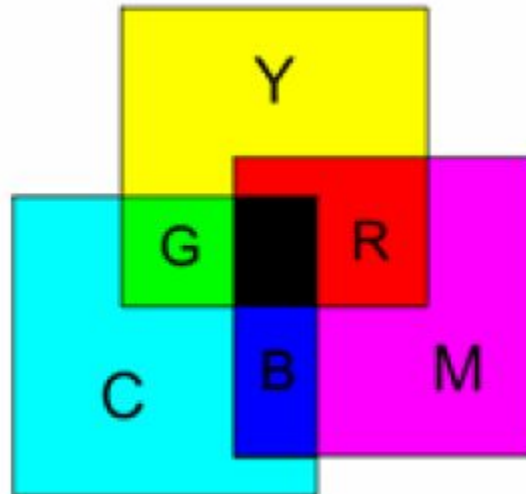
$2^{24} = 16,7$  млн. цветов

**#BE6A7C**



# Цветовая модель CMYK

**Цветовая модель CMYK** (*Cyan Magenta Yellow Black*) – субтрактивная цветовая модель, согласно которой цвет кодируется четырьмя компонентами – голубым, пурпурным, жёлтым и чёрным



**#BE6A7C**

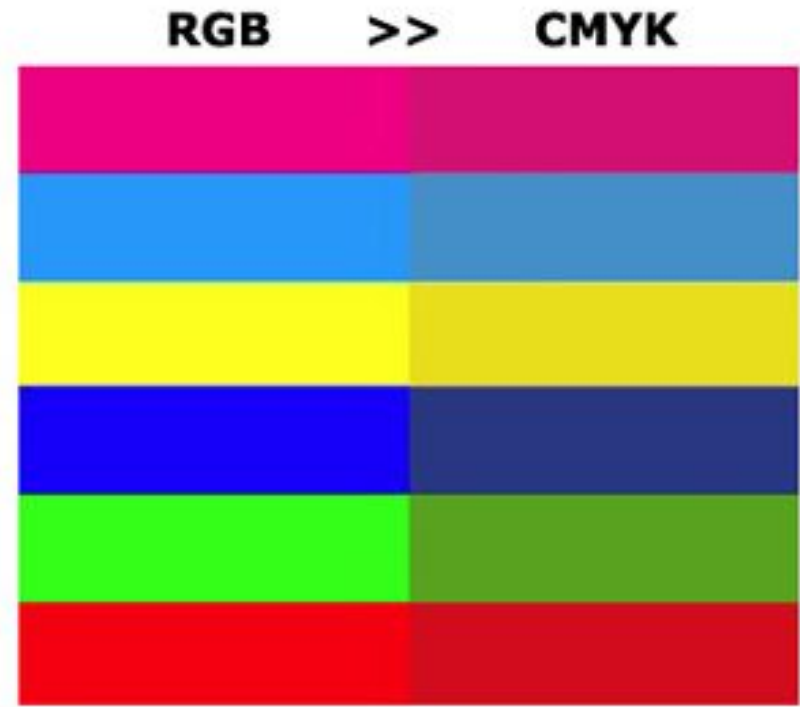
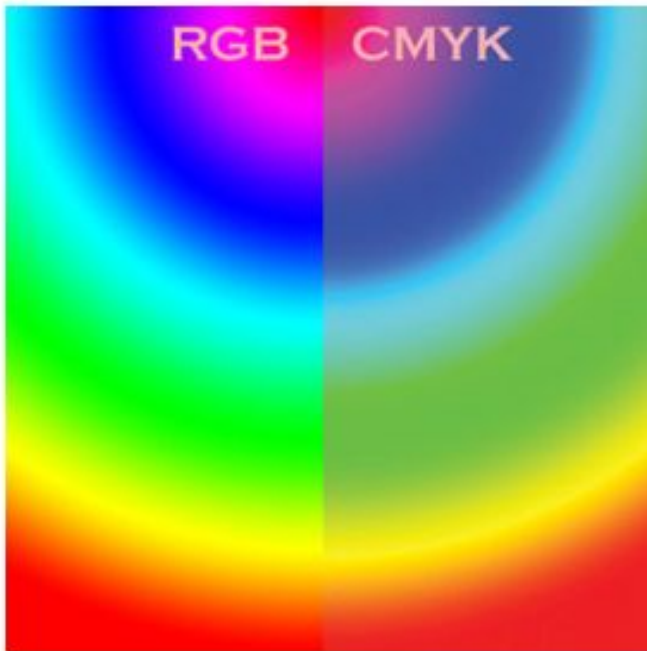
R = 190  
G = 106  
B = 124

RGB

C = 16    M = 66  
Y = 31    K = 15

CMYK

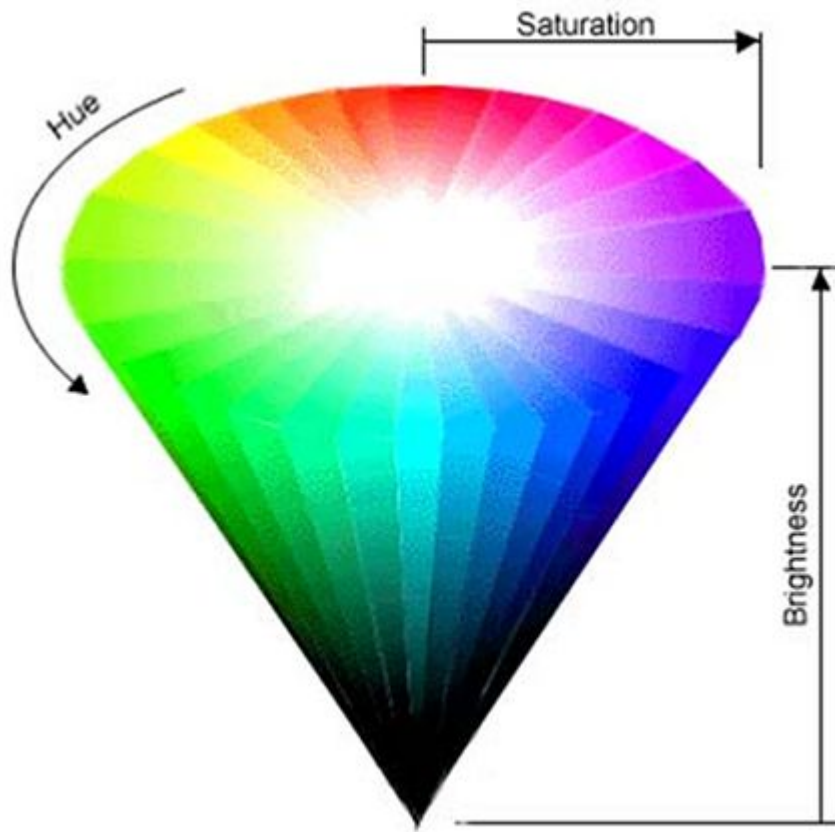
# Сравнение RGB и CMYK





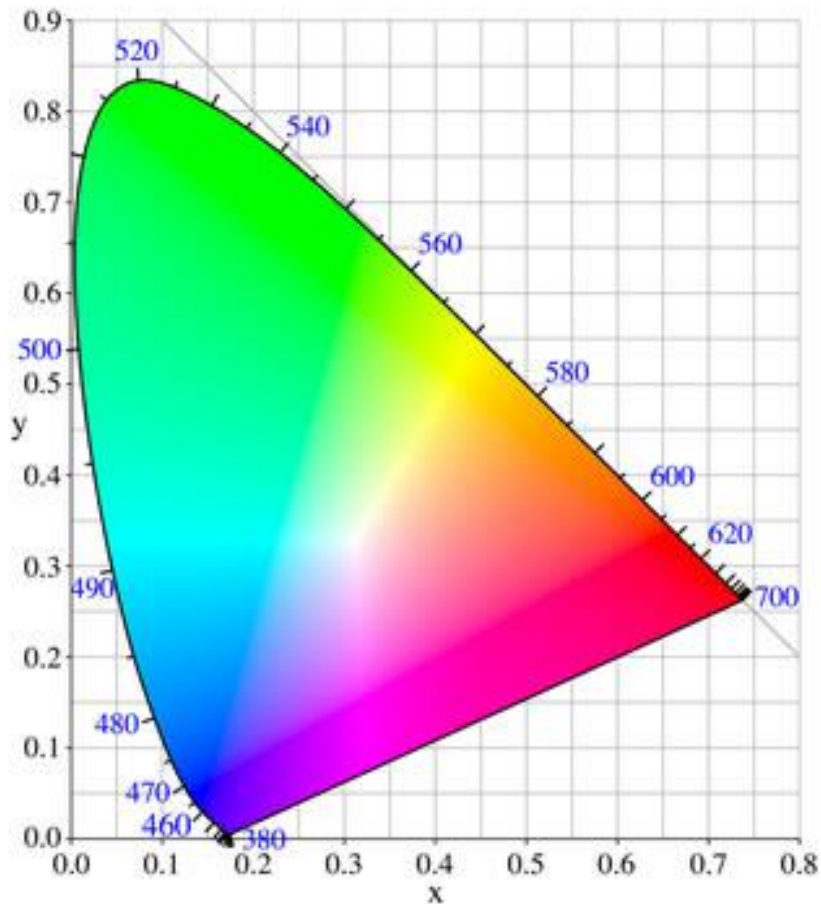
# Цветовая модель HSB

**Цветовая модель HSB** (Hue Saturation Brightness) – цветовая модель, основанная на трёх характеристиках цвета – цветовом тоне, насыщенности и яркости

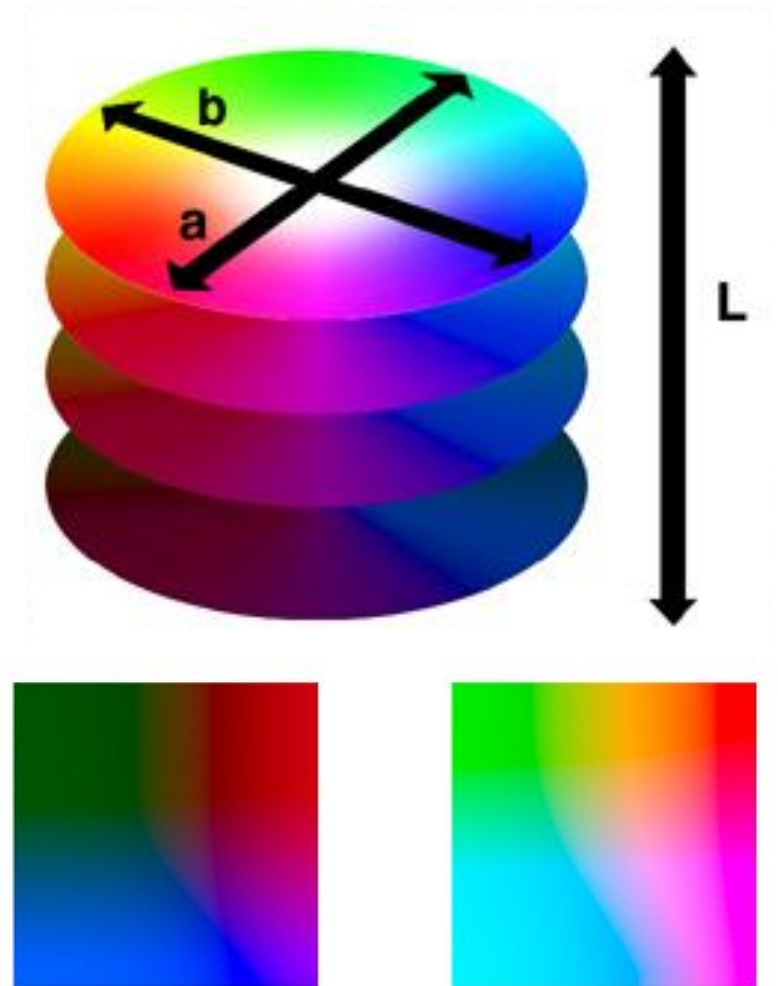


- **Тон (*Hue*)** – конкретный оттенок цвета
- **Насыщенность (*Saturation*)** – характеристика интенсивности света
- **Яркость (*Brightness*)** – определяются примесью черной краски, добавленной к данному цвету

# Цветовые модели CIE XYZ и CIE L\*a\*b\*

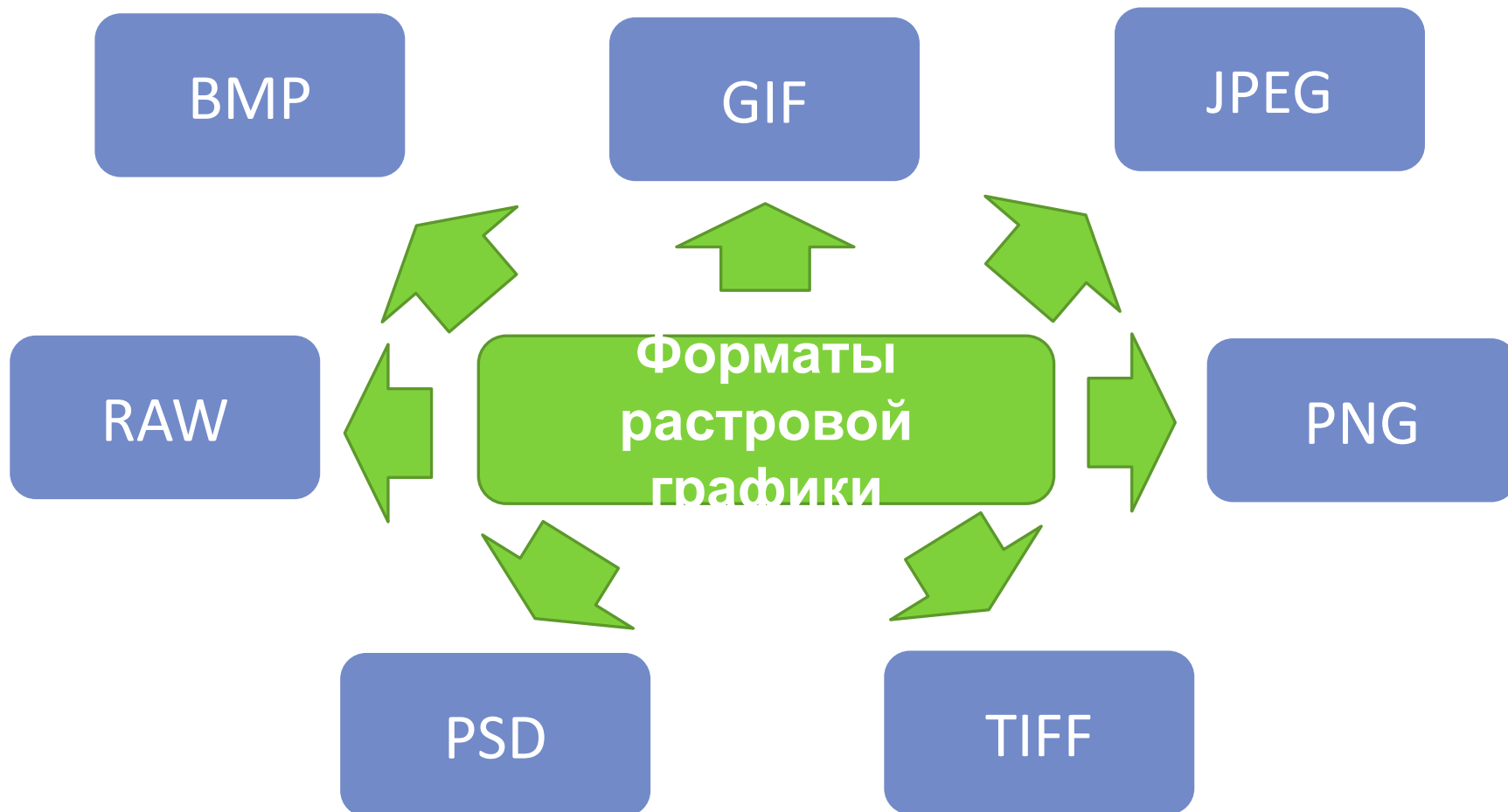


Цветовая модель CIE  
XYZ



Цветовая модель CIE  
L\*a\*b\*

# Форматы растровой графики



# Форматы растровой графики



## Формат BMP (BitMap Picture)

- можно сохранить плоское (без слоев) изображение в монохромном, индексированном, черно-белом (в режиме Grayscale (Оттенки серого)) или цветном (модель RGB) режиме
- не позволяет включать какие-либо дополнительные элементы или же использовать прозрачность



## Формат GIF (Graphic Interchange Format)

- использует 2–256 цветов, один из которых может быть назначен прозрачным
- встроенная компрессия LZW, которая может уменьшить размер файла на 20–40 %
- возможность создания покадровой анимации

# Форматы растровой графики

## Формат JPEG (Joint Photographic Experts Group)

- компрессия с потерей информации; сжатие основано на усреднении цвета соседних пикселей и отбрасывании высокочастотных составляющих в пространственном спектре фрагмента изображения
- сохранить в формате JPEG можно изображения только в режимах Grayscale (Оттенки серого), RGB или CMYK – то есть полноцветные изображения.
- не позволяет сохранять никаких дополнительных элементов (слоев, дополнительных каналов), невозможно реализовать прозрачные области изображения



Сохраненное в формате JPEG изображение с высоким (слева) и низким (справа) качеством

# Форматы растровой графики



## Формат PNG (Portable Network Graphics)

- Подформат PNG-8 – «замена» формату GIF, практически дублирует его функции, но использует более совершенный механизм компрессии
- Подформат PNG-24 позволяет сохранять изображения в режиме RGB и использовать «плавную» прозрачность с возможностью создания полупрозрачных областей



## Формат TIFF (Tagged Image File Format)

- сохраняет изображения в любых цветовых режимах, в него можно включать дополнительные альфа-каналы
- некоторые программы могут сохранять в изображении прозрачные области и слои
- позволяет сохранять файлы без компрессии изображения или задействовав один из алгоритмов (LZW, ZIP, JPEG, CITT)

# Форматы растровой графики



## Формат PSD (PhotoShop Document)

- специализированный формат программы Adobe Photoshop
- файл в формате PSD остается полностью редактируемым
- многие программы поддерживают формат PSD в качестве «дополнительного» и могут открывать и сохранять файлы в этом формате

## Формат RAW

- в цифровой фотографии соответствует негативу в плёночной: в нём содержится необработанная, «сырая» информация о пикселях прямо с сенсора цифровой камеры

# Методы обработки изображений



**Наложение эффектов**  
(размытие, резкость,  
деформация, шум и др.)



**Регулировка уровня  
яркости и контраста**



# Яркость и контраст

**Яркость** – характеристика, определяющая на сколько сильно цвета пикселей отличаются от чёрного цвета

**Контраст** – характеристика насколько большой разброс имеют цвета пикселей изображения

**По аналогии с терминами теории вероятности:**

- Яркость – математическое ожидание значений выборки
- Контраст – дисперсия значений выборки

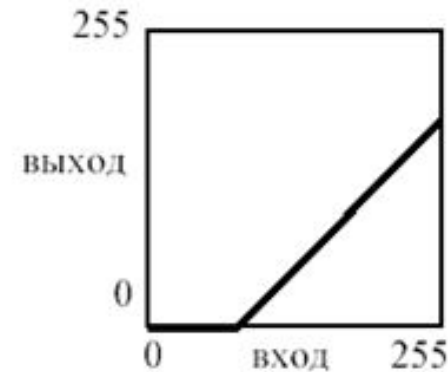
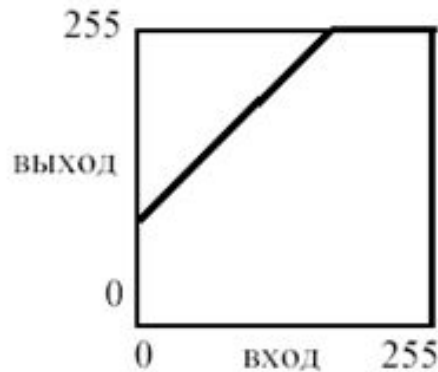
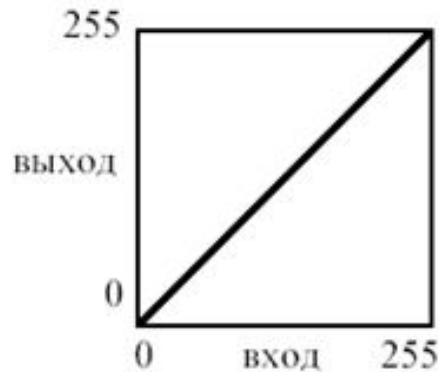
**Локальная яркость и локальный контраст** – для фрагмента изображения

# Яркость и контраст

Цвет пикселя обработанного изобр. =  $f_{\text{преобраз}}$ (Цвет пикселя исход. изобр.) [0, 255]

Цвет пикселя обработанного изобр. =  $f_{\text{преобраз}}$ (Цвет пикселя исход. изобр.) [0, 255]

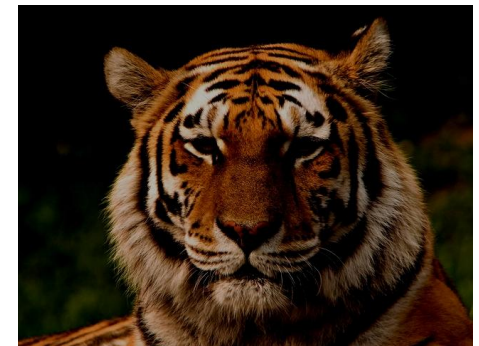
Цвет пикселя обработанного изобр. =  $f$  (Цвет пикселя исход. изобр.) [0, 255]



Исходное изображение

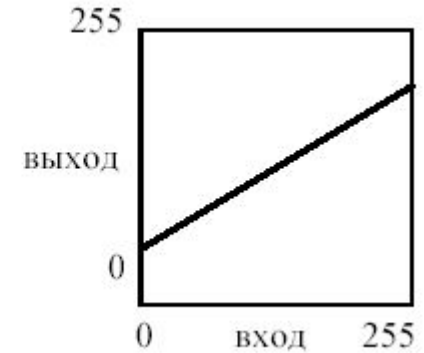
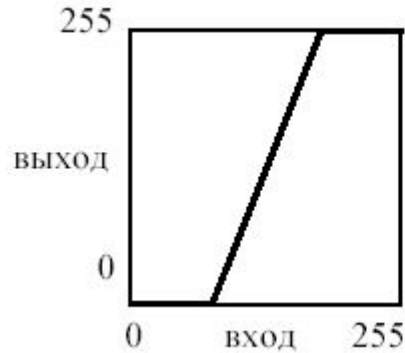


Яркость увеличена



Яркость уменьшена

# Яркость и контраст



Исходное  
изображение



Контраст  
увеличен

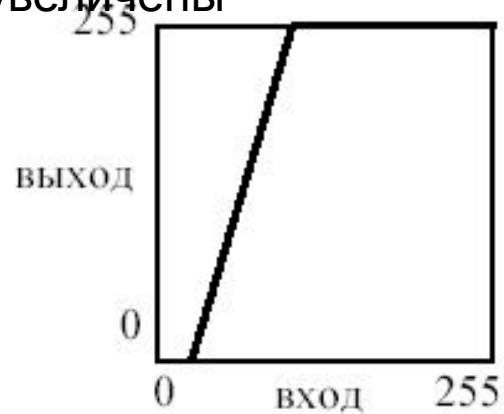


Контраст  
уменьшен

# Яркость и контраст



Яркость и контраст  
увеличены



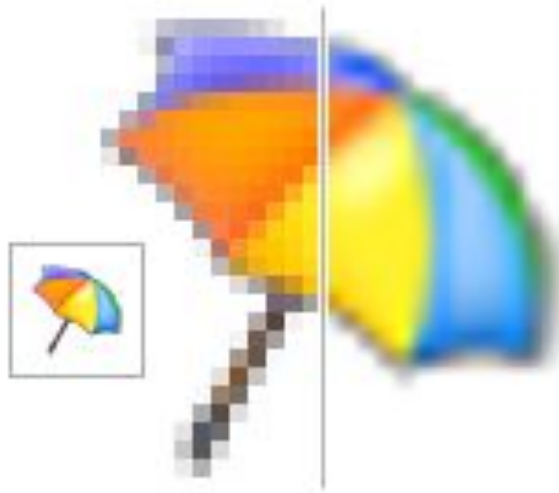
# Масштабирование изображения

## Масштабные коэффициенты:

- нормализованная форма (за единицу принимаются размеры исходного изображения)
- процентная форма (нормализованные значения умножаются на 100 %)
- непосредственная форма (новые размеры задаются в пикселях)

## Определение цвета при масштабировании:

- Цвет пикселя в масштабированном изображении принимается равным цвету ближайшего к нему пикселя исходного изображения
- Использование интерполяции (билинейная или бикубическая интерполяция)



# Преобразование поворота

## Возможные варианты поворота:

- Области изображения, вышедшие за его границы при повороте отсекаются, а незаполненные части заполняются каким-либо цветом.
- Рассчитывается новый размер изображения на основе угла поворота таким образом, чтобы повернутое изображение целиком поместилось в новые размеры. Незаполненные части изображения также заполняются каким-либо цветом.

# Цифровые фильтры изображений

**Цифровой фильтр** – алгоритм обработки изображения, позволяет накладывать на изображение различные эффекты

## Линейный фильтр

определяется вещественнозначной функцией  $F$ , заданной на растре. Данная функция называется ядром фильтра, а сама фильтрация производится при помощи операции дискретной свёртки

$$B(x, y) = \sum_i \sum_j F(i, j) \cdot A(x + i, y + j).$$

$A(x, y)$  – исходное изображение

$B(x, y)$  – полученное изображение

# Линейные фильтры изображений

**Сглаживающий фильтр** – результат размытие изображения, устранение резких цветовых переходов



## Гауссовская фильтрация

образом точки при гауссовой фильтрации будет симметричное размытое пятно, с убыванием яркости от середины к краям, что гораздо ближе к реальному размытию от расфокусированных линз

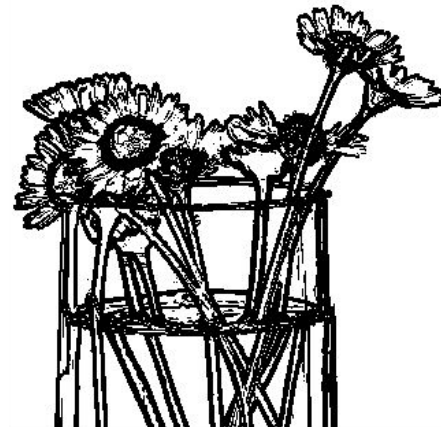


# Линейные фильтры изображений

Контрастноповышающий фильтр – повышают контрастность изображения



Разностный фильтр используются для нахождения границ в изображениях



# Векторная графика

**Векторная графика** – метод графического представления объекта в виде графических примитивов



- Базовый элемент – линия
- Векторная графика – объектно-ориентированная графика
- Векторная графика – вычисляемая графика

# Векторная графика

## Достоинства

- можно изменять размер изображений без потери его визуальных качеств
- максимальная точность построенного изображения
- файл с векторным изображением имеет значительно меньший размер по сравнению с растровым изображением
- рисунок имеет высокое качество при печати
- возможность редактирования всех частей векторного изображения
- простой экспорт векторного рисунка в растровый

## Недостатки

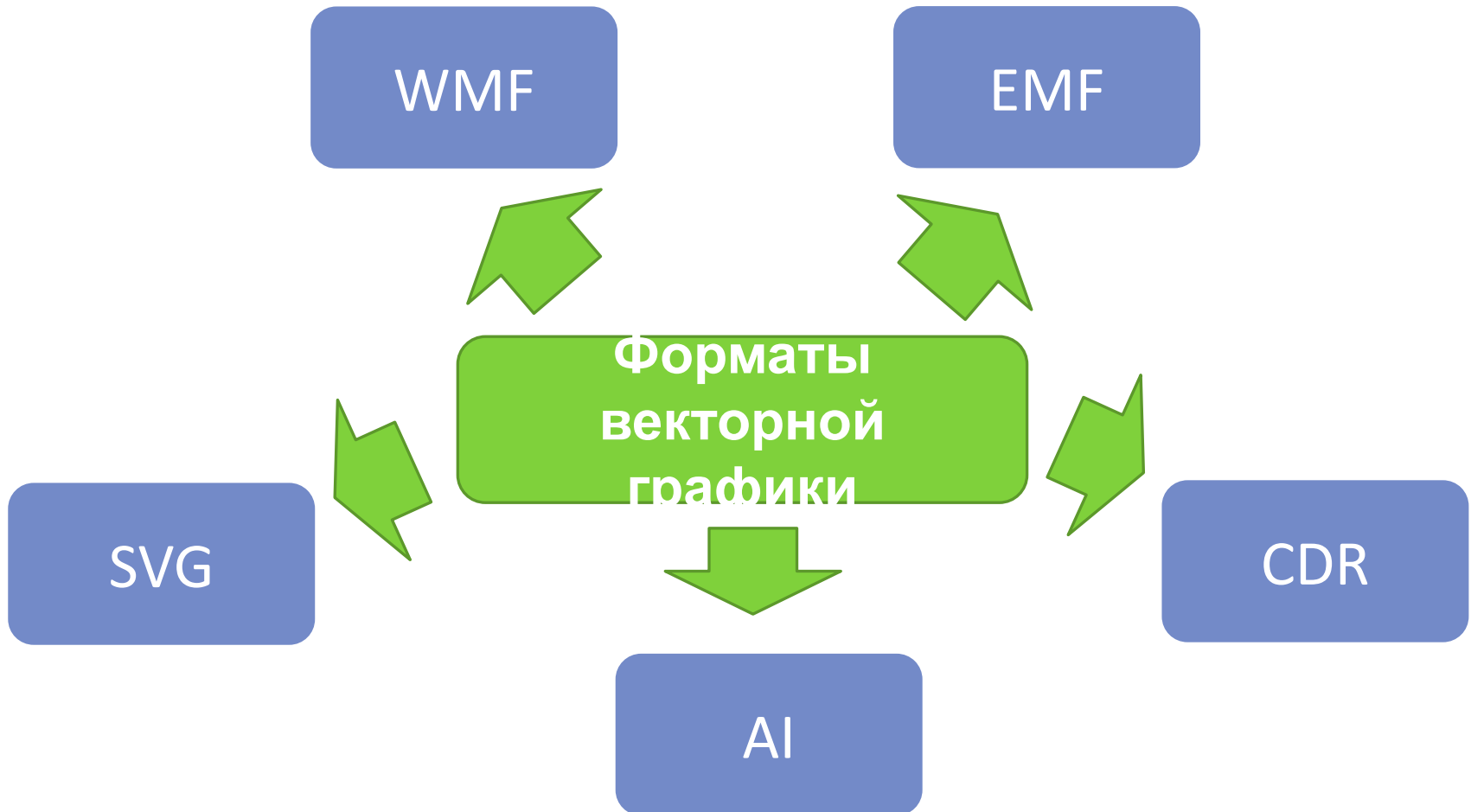
- отсутствие реалистичности у векторных рисунков
- невозможность использования эффектов, которые можно применять в растровой графике
- практически полная невозможность экспорта растрового рисунка в векторный
- программная зависимость

# Векторная графика

## Векторные изображения используются:

- создание шрифтов, логотипов, верстка полиграфической продукции
- построение диаграмм, схем, чертежей
- программы 3D-моделирования на основе векторной графики

# Форматы векторной графики



# Форматы векторной графики



## WMF (Windows MetaFile)

- внутренний формат ОС Windows
- не может сохранять некоторые параметры, которые могут быть присвоены объектам в различных векторных редакторах
- отсутствуют средства для работы со стандартизированными цветовыми палитрами, принятыми в полиграфии



## EMF (Enhanced Metafile, расширенный метафайл Windows)

- может сохранять и векторную, и растровую информацию в одном файле

# Форматы векторной графики



## CDR (CorelDRAW Document)

- основной внутренний формат программы CorelDraw позволяет записывать векторную, растровую графику и текст
- используется отдельная компрессия для векторных и растровых изображений
- поддерживается многостраничность
- файлы имеют огромное рабочее поле до 45 метров
- большой объем требуемой памяти и проблемы с совместимостью файлов разных версий формата.



## AI (Adobe Illustrator Document)

- внутренний формат файла для программы Adobe Illustrator
- в одном файле может содержаться только одна страница, маленькое рабочее поле
- отличается наибольшей стабильностью и совместимостью с языком PostScript фирмы Adobe, на который ориентируются практически все издательско-полиграфические приложения

# Форматы векторной графики



## SVG (Scalable Vector Graphics — «масштабируемая векторная графика»)

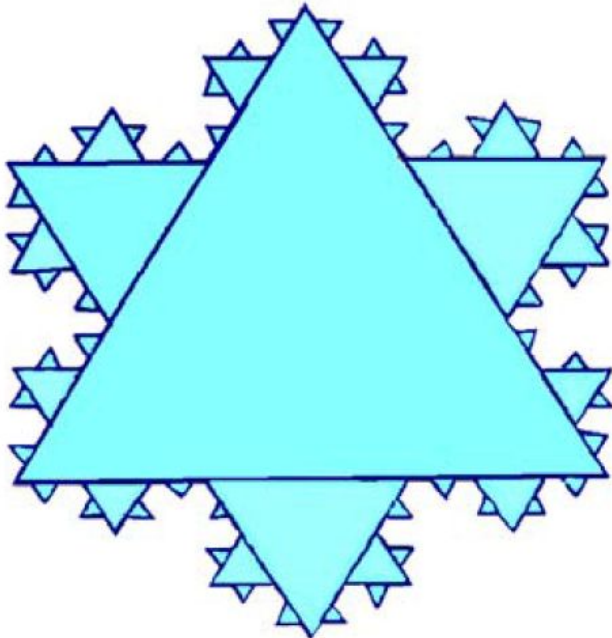
- основанный на XML формат разметки, предназначенный для описания двумерной векторной графики, как неподвижной, так и анимированной
- возможность читать и редактировать при помощи обычных текстовых редакторов
- возможность выделять и копировать текст из SVG
- возможность сжатия в SVGZ (через алгоритм GZip)
- SVG поддерживается почти всеми современными браузерами за исключением Internet Explorer 8 и ниже



# Фрактальная графика

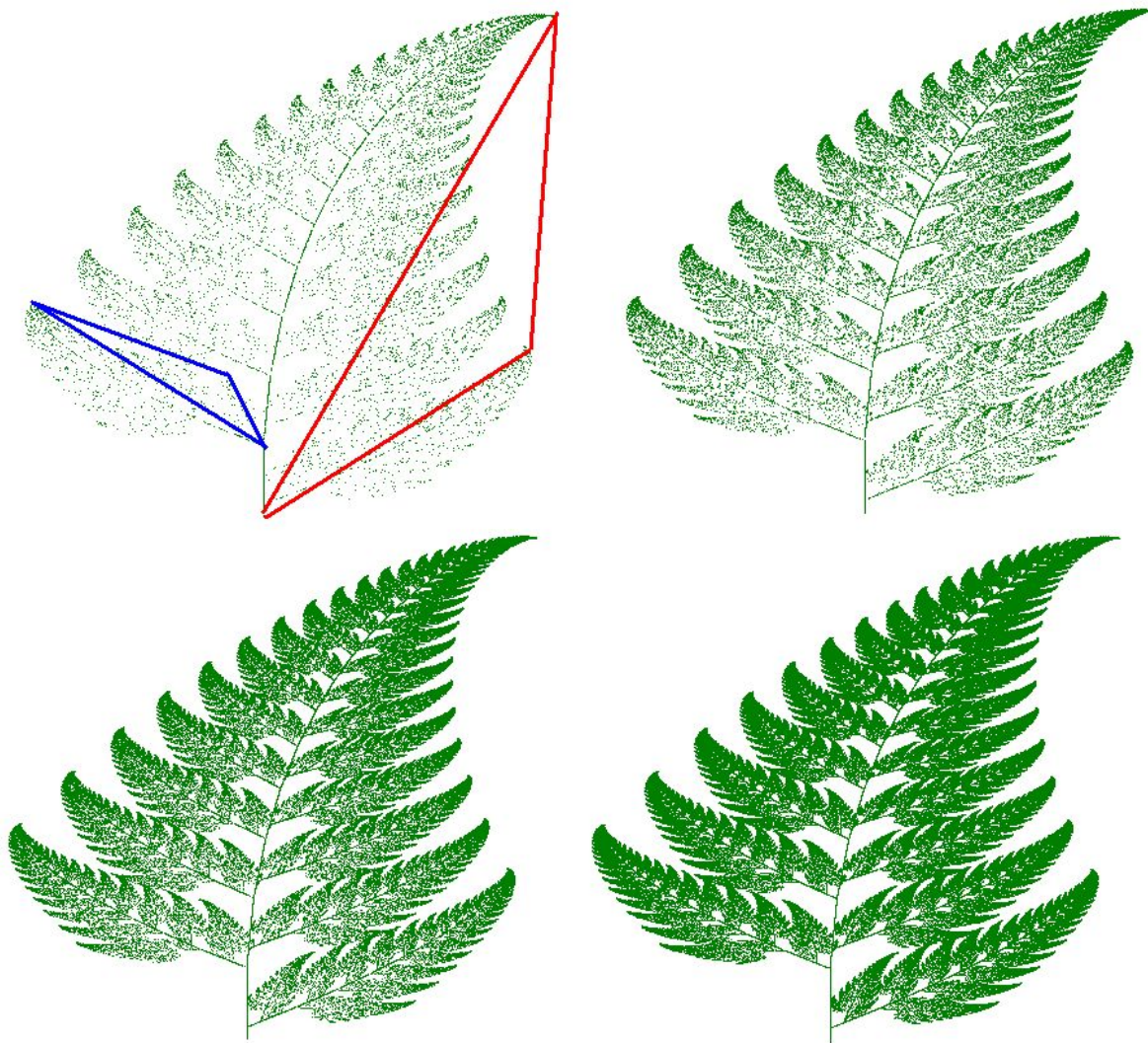
**Фрактальная графика** основана на автоматической генерации изображений путём математических расчётов

**Фрактал** - геометрическая фигура, обладающая свойством самоподобия, то есть составленная из нескольких частей каждая из которых подобна всей фигуре в целом



Простейший элемент –  
фрактальный треугольник

# Примеры фрактальной графики



# Примеры фрактальной графики



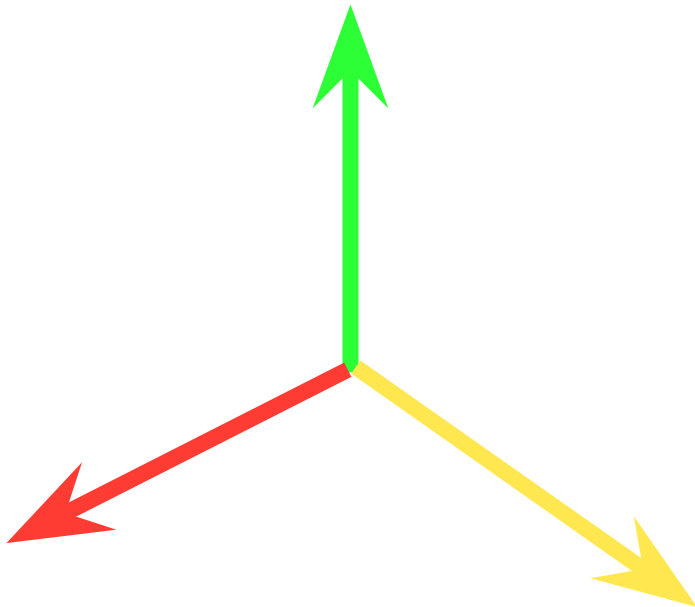
<http://sya.deviantart.com/>



<https://www.behance.net/lindelokse>

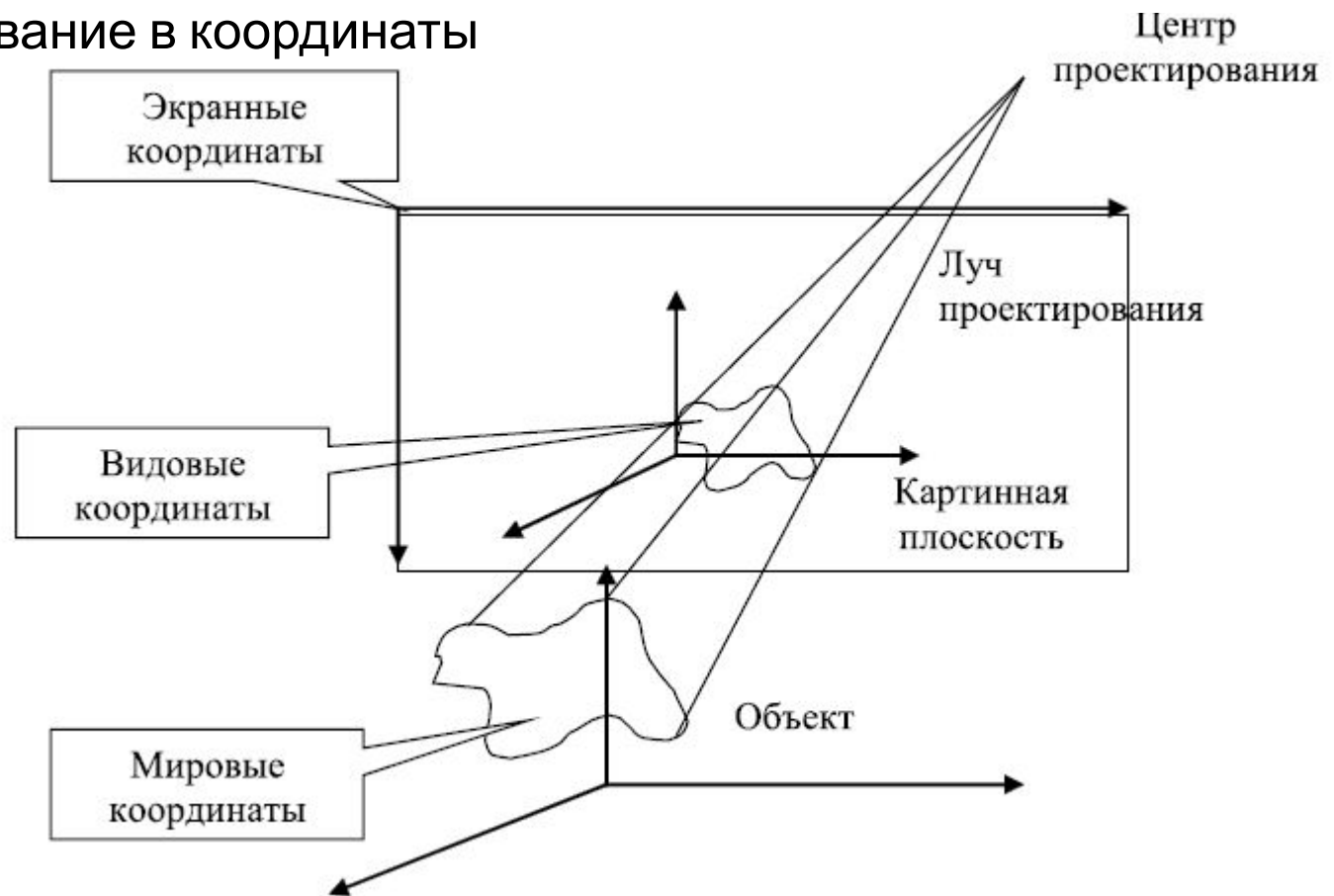
# Трёхмерная графика

**Трёхмерная графика** – раздел компьютерной графики, охватывающий алгоритмы и программное обеспечение для оперирования объектами в трёхмерном пространстве, а также результат работы таких программ

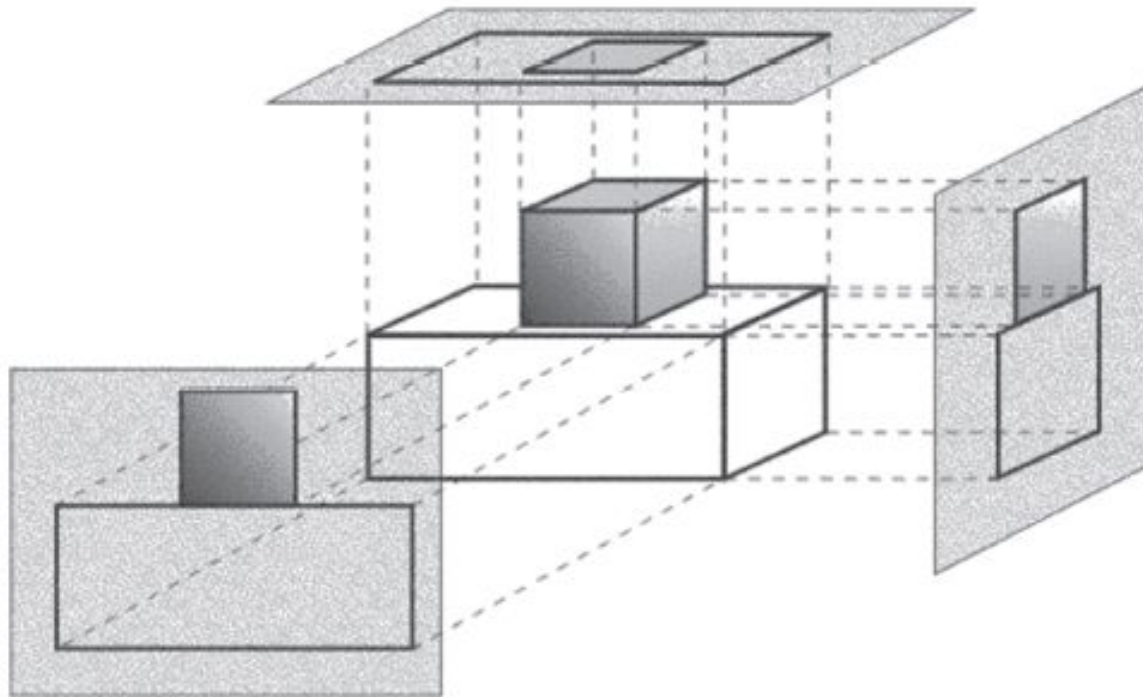


# Проектирование трёхмерного объекта

1. Примитивы вывода в мировых координатах
2. Отсечение по объему видимости
3. Проецирование на картинную плоскость
4. Преобразование в координаты устройства



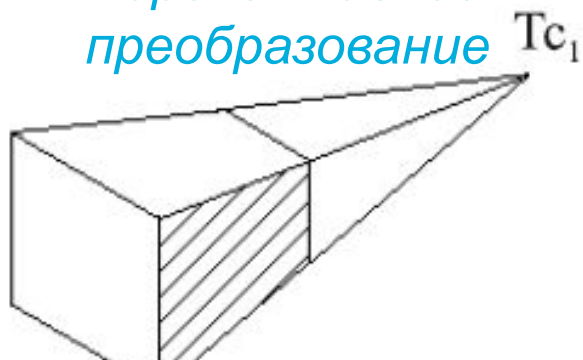
# Параллельное проектирование



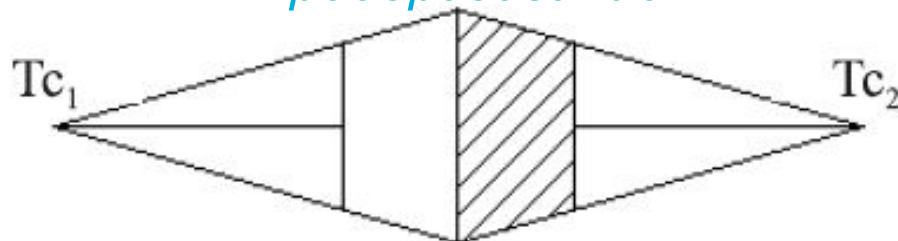
*Ортогографическая  
проекция*

# Перспективное проектирование

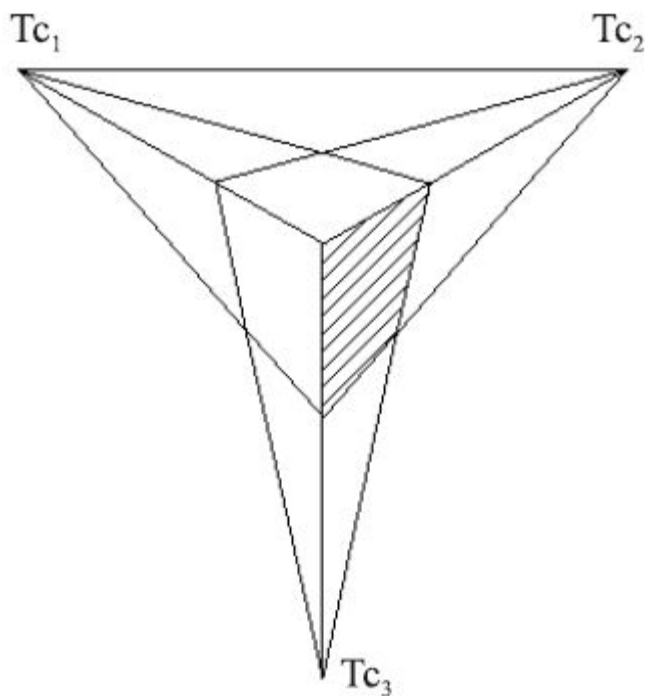
*Одноточечное  
перспективное  
преобразование*



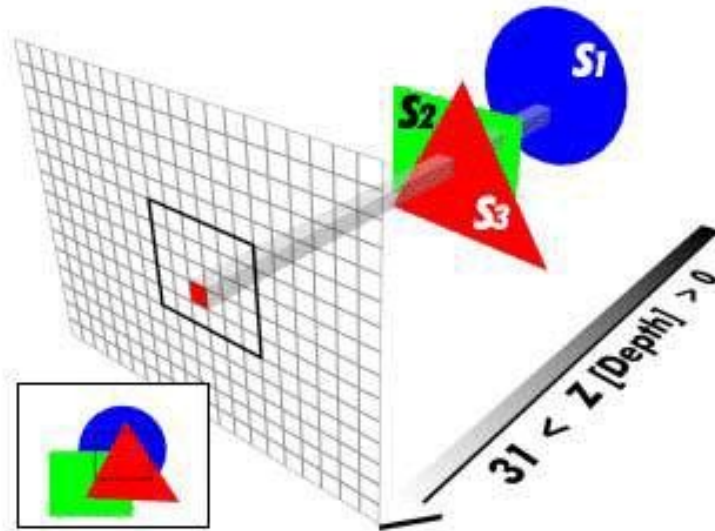
*Двухточечное  
перспективное  
преобразование*



*Трёхточечное  
перспективное  
преобразование*



# Растреризация изображения



1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	0	0
	10	10	10	10	0	0
	10	10	10	10	0	0
3	5	5	5	5	5	5
	5	5	5	5	5	5
	10	10	10	10	5	5
	10	10	10	10	5	5
	10	10	10	10	5	5
4	5	5	15	15	5	5
	5	5	15	15	15	5
	10	15	15	15	15	15
	10	15	15	15	15	15
	15	15	15	15	15	15

## Алгоритм Z-буфера

1. Заполнить Z-буфер максимальным значением глубины  $z$
2. Преобразовать описываемые объекты в растровую форму в любом порядке
3. Для каждого объекта
  - Для каждого пикселя  $(x, y)$  объекта подчитать его глубину  $z(x, y)$
  - Сравнить глубину  $z(x, y)$  со значением глубины Z-буфера  $a$  в этой же позиции
  - Если  $z(x, y) > Z\text{-буфер}(x, y) \rightarrow$  занести атрибуты пикселя в буфер кадра и заменить Z-буфер  $(x, y)$  на  $z(x, y)$ , в обратном случае ничего не делать



# Закрашивание поверхностей

## Метод Гуро

Цвет примитива рассчитывается лишь в его вершинах, а затем линейно интерполируется по поверхности

## Метод Фонга

случае строится нормаль к объекту в целом, ее вектор интерполируется по поверхности составляющих примитивов и освещение рассчитывается для каждой точки

## Свет в каждой точке представляет сумму компонентов:

- свет, пришедший с обратной стороны поверхности, то есть преломленный свет (Refracted)
- свет, равномерно рассеиваемый поверхностью (Diffuse)
- зеркально отраженный свет (Reflected)
- блики, то есть отраженный свет источников (Specular)
- собственное свечение поверхности (Self Illumination)

# Трассировка лучей

## Генерация луча

для каждого пикселя изображения генерируется луч (один из лучей, попадающих на него через оптическую систему)



## Пересечение

находится пересечение луча с объектами сцены



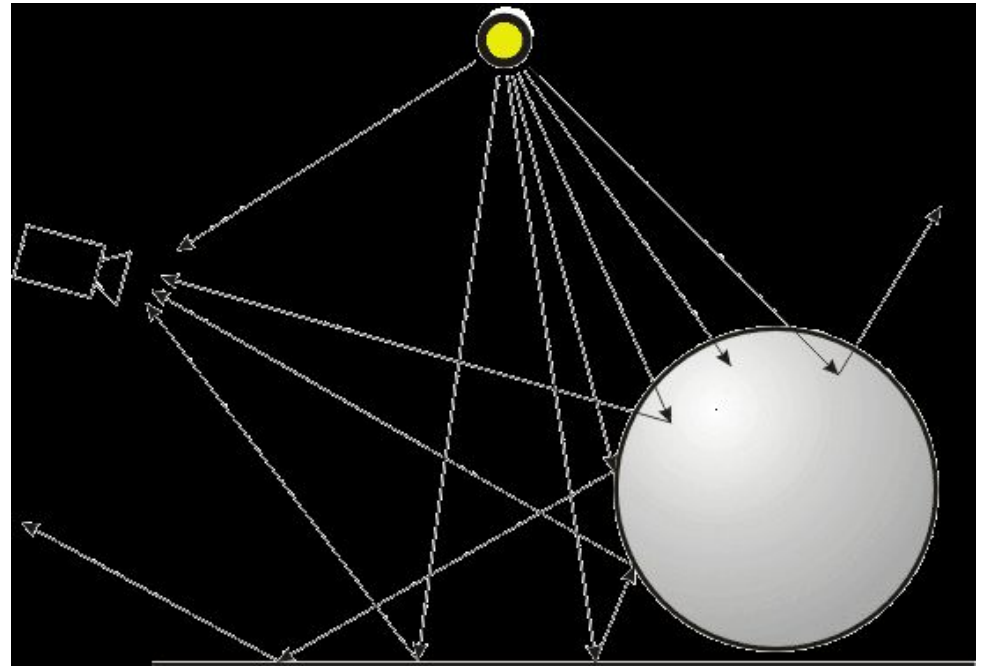
## Расчет цвета точки

рассчитывается яркость (цвет) точки пересечения

# Трассировка лучей

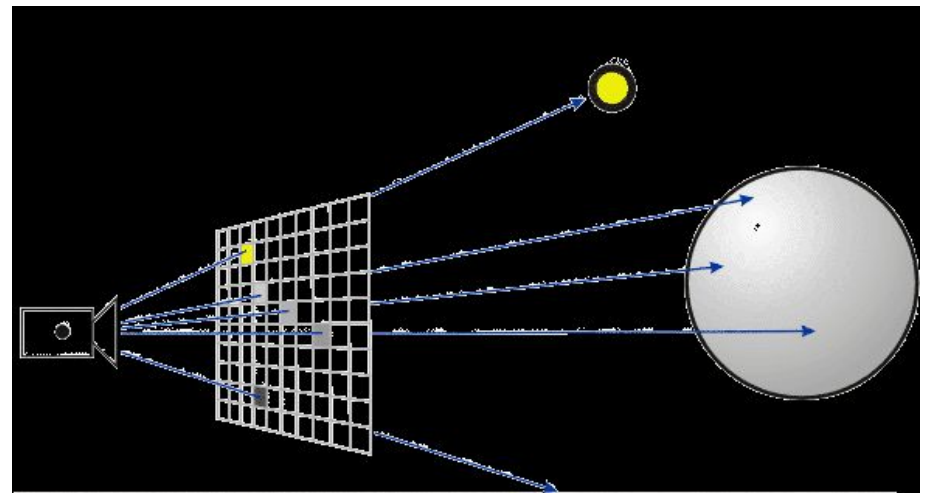
## Прямая трассировка

Лучи должны быть построены от каждого источника освещения ко всем точкам поверхностей всех объектов сцены и отслежены в соответствии с законами отражения и преломления

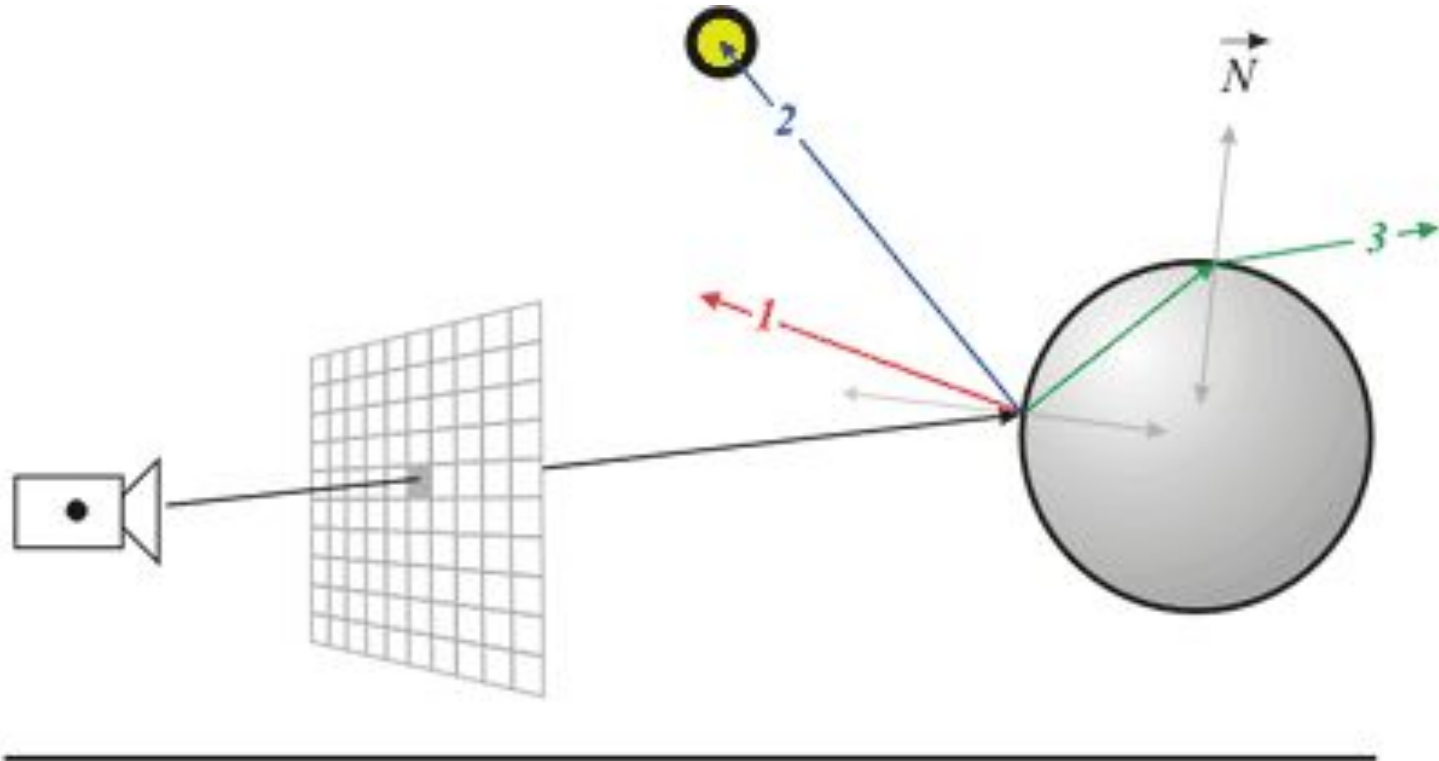


## Обратная трассировка

Луч строится от наблюдателя через видовое окно до первого пересечения с объектом и далее – в соответствии с законами преломления и отражения.



# Обратная трассировка



1 – луч в направлении отражения

2 – луч в направлении источника света

3 – луч в направлении преломления прозрачной поверхностью

# Анимация и её особенности

**Анимация** – искусственное представление движения в кино, на телевидение и в компьютерной графике, осуществляемое путем отображения последовательности кадров с определенной частотой, при которой обеспечивается целостное зрительное восприятие образов

**Кадр** (*frame*) – статическое изображение, соответствующее определенному моменту времени

**Частота кадров** (*frame rate*) – количество кадров, демонстрируемых в течение секунды

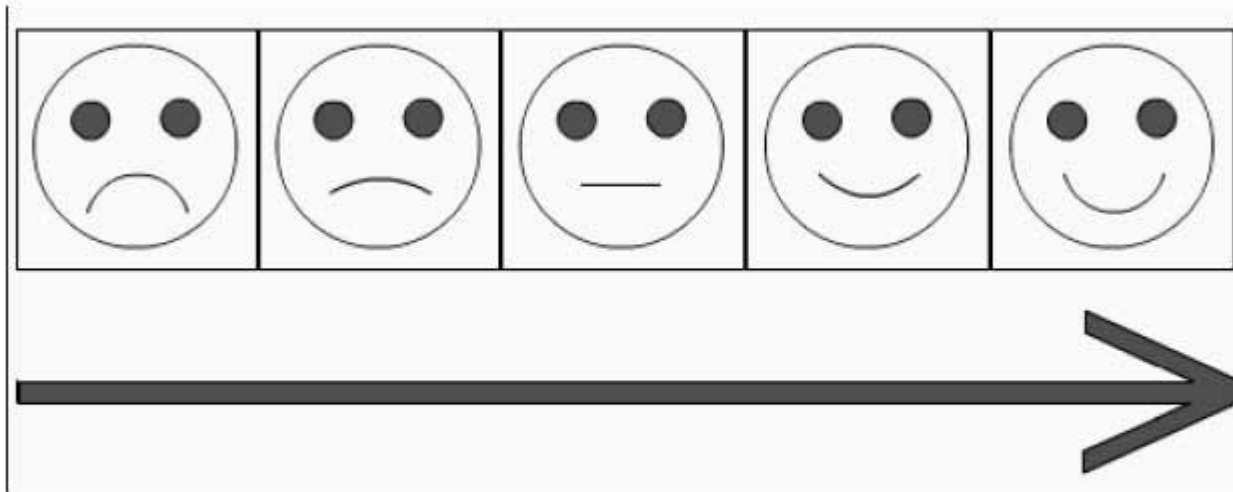
## Анимация и видео

- **Видеосъемка:** записывается непрерывное движение и разбивается на множество дискретных кадров
- **Анимация:** используются независимые рисунки или графические файлы, которые выводятся в определенной последовательности для создания иллюзии непрерывного движения

# Покадровая анимация

*frame by frame*

Покадровая анимация – прорисовка всех кадров анимации



Покадровая анимация из пяти кадров

# Автоматическое построение промежуточных кадров

## *tweening*

В основе – создание опорных кадров и автоматическое построение промежуточных кадров

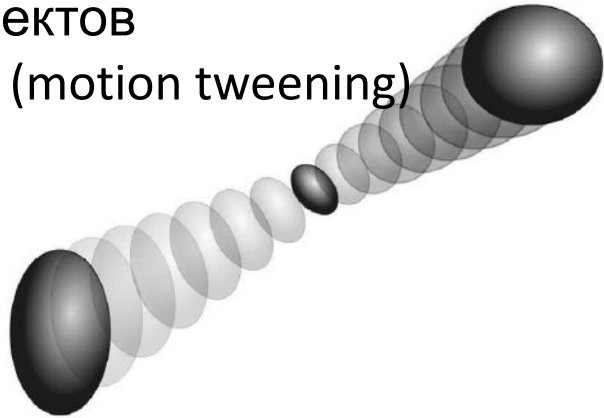


Трансформационная анимация из пяти кадров,  
серые кадры формируются программно

# Автоматическое построение промежуточных кадров в программе Adobe Flash

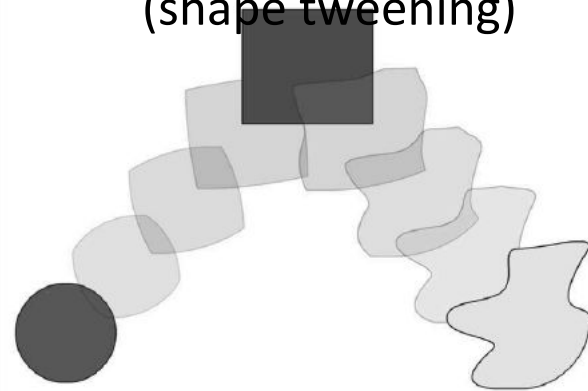
Трансформация  
объектов

(motion tweening)



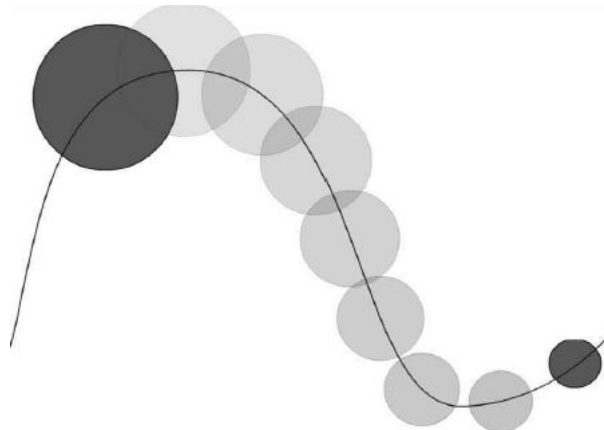
Преобразование  
объектов

(shape tweening)



Движение вдоль  
пути

(motion path tweening)





# Программы для создания анимации

- Adobe Flash

## Альтернативы:

- Swish Max
- A4Desk

## Программы для создания мультфильмов:

- Pencil (<http://www.pencil-animation.org/>)
- Anime studio pro (<http://anime.smithmicro.com/>)
- TV Paint Animation  
(<http://www.tvpaint.com/v2/content/article/downloads/index.php>)