



ИНФОРМАТИКА

10
класс

ОБЪЕКТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

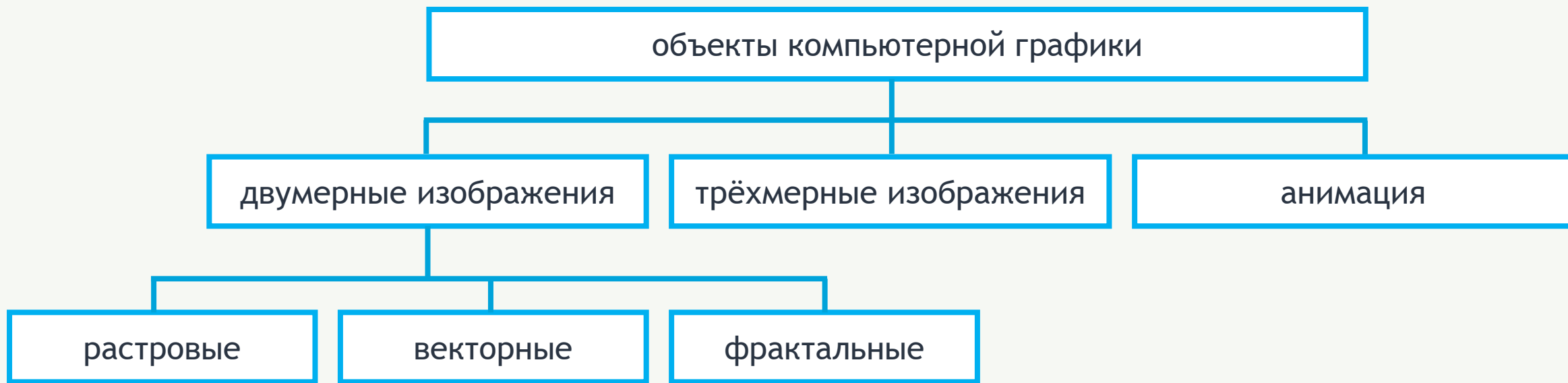
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- ◆ компьютерная графика
- ◆ растровая, векторная, фрактальная графика
- ◆ кривые Безье
- ◆ трехмерная графика
- ◆ компьютерная анимация
- ◆ форматы графических файлов
- ◆ алгоритмы сжатия изображений
- ◆ разрешение

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И ЕЁ ВИДЫ

- 1) область деятельности, в которой компьютеры используются как инструменты создания и обработки графических объектов;
- 2) разные виды графических объектов, созданных или обработанных с помощью компьютера.



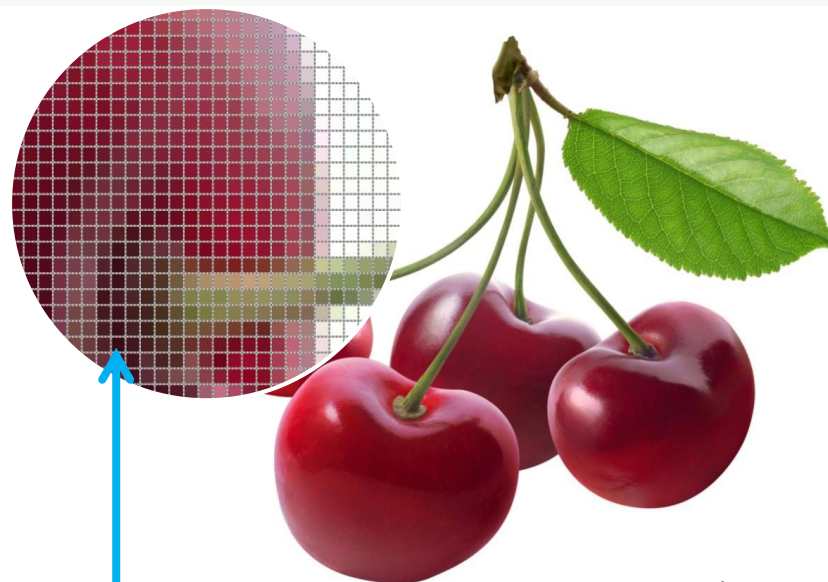
РАСТРОВАЯ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Растровое графическое изображение состоит из отдельных маленьких прямоугольников – пикселей.

Пиксель – наименьший элемент растрового изображения. При сохранении растрового изображения в памяти компьютера сохраняется информация о цвете каждого входящего в него пикселя.



Качество растрового изображения возрастает с увеличением количества пикселей в изображении и количества цветов в палитре. Но при этом возрастает и информационный объём всего изображения.



Минимальная единица растрового изображения – точка (пиксель)

РАСТРОВАЯ ГРАФИКА

Растровая графика — универсальное средство для формирования и обработки любых плоских изображений. С помощью цветов и оттенков отдельных точек на плоском изображении могут быть показаны и пространственные (объёмные) сцены.



В полиграфических и электронных изданиях растровые изображения используются в тех случаях, когда нужно качественно и чётко передать в изображении оттенки цветов и плавные переходы от одного цвета к другому.

Серьёзным недостатком растровой графики является существенное падение качества изображения в результате его масштабирования и различных геометрических преобразований.



РАСТРОВАЯ ГРАФИКА

Растровые изображения можно получить, сканируя рисунки или фотографии, фотографируя объекты цифровым фотоаппаратом, создавая рисунки с использованием графического планшета или разнообразных растровых графических редакторов.



РАСТРОВАЯ ГРАФИКА

Для манипуляций с отдельными фрагментами изображений предусматриваются средства создания составных изображений с помощью:

1. механизма слоёв (layers) — накладывающихся друг на друга плоскостей, в каждой из которых используется только часть точек;
2. механизма фильтров, преобразующих цвета пикселей с учётом некоторых параметров;
3. управления цветовыми каналами;
4. управления способом взаимодействия отдельных слоёв.



ВЕКТОРНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Векторное изображение – изображение, построенное из геометрических примитивов (объектов): отрезков прямых, дуг, окружностей, эллипсов, многоугольников и кривых Безье. Примитив не нужно рисовать – выбрав на панели инструментов пиктограмму с его изображением или названием, вы просто задаёте необходимые параметры, по которым компьютер сам выполняет необходимые построения.

Объекты векторного изображения накладываются друг на друга, образуя независимые слои. Каждый слой векторного изображения содержит свой объект.



ВЕКТОРНАЯ ГРАФИКА

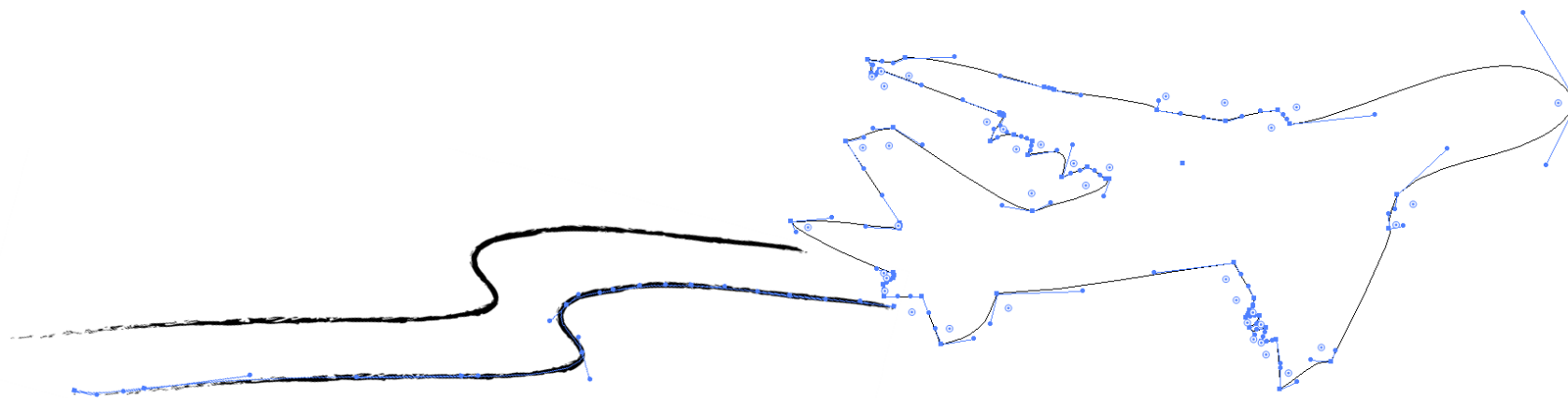
При преобразовании векторного объекта исходное изображение удаляется, а вместо него строится новое – по тем же алгоритмам, но с учётом изменённых данных. Это позволяет без потерь качества масштабировать, поворачивать и трансформировать векторные изображения.



Векторные графические изображения создают с помощью специальных программ (*CorelDRAW*, *Inkscape*) и широко используют в картографии, мультипликации, инженерной графике, при создании логотипов, схем, диаграмм - там, где важны чёткость контуров и возможность увеличения масштаба изображения без потери качества.

КРИВЫЕ БЕЗЬЕ

Кривые Безье были разработаны в 60-х годах XX века независимо друг от друга Пьером Безье из автомобилестроительной компании «Рено» и Полем де Кастельжо из компании «Ситроен», где применялись для проектирования кузовов автомобилей. Математический аппарат кривых Безье основан на многочленах Бернштейна, описанных Сергеем Натановичем Бернштейном в 1912 году.



КРИВЫЕ БЕЗЬЕ

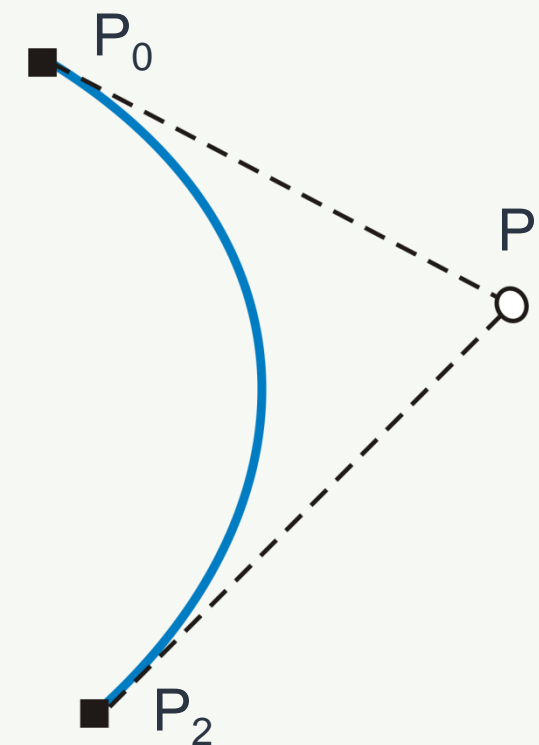
В компьютерной графике в основном применяются кривые Безье второго и третьего порядка .

Кривая Безье второго порядка описывается уравнением:

$$B(t) = (1 - t)^2 P_0 + 2t(1 - t) P_1 + t^2 P_2, t \in [0, 1].$$

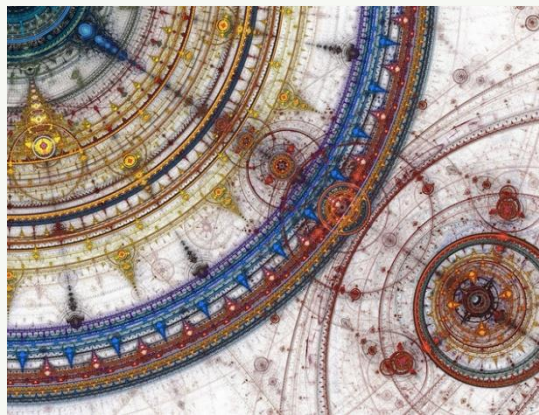
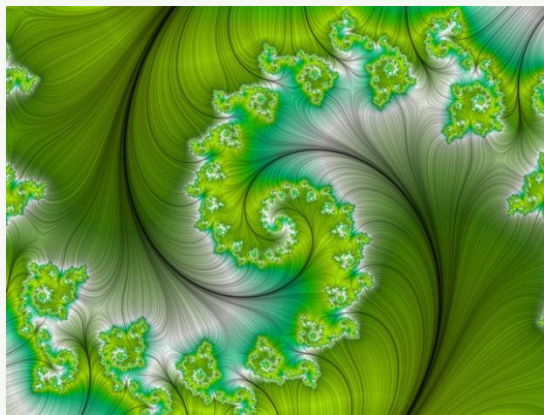
Здесь:

- ◆ P_0 – начало кривой
- ◆ P_1 – опорная точка
- ◆ P_2 – конец кривой
- ◆ прямая $P_0 P_1$ – касательная к кривой в точке P_0
- ◆ прямая $P_1 P_2$ – касательная к кривой в точке P_2



ФРАКТАЛЬНАЯ ГРАФИКА

Термин **фрактал** (от лат. *fractus* — дроблёный) употребляется для обозначения объектов, обладающих свойством самоподобия, когда целое (в точности или приближённо) имеет ту же форму, что одна или более его частей.



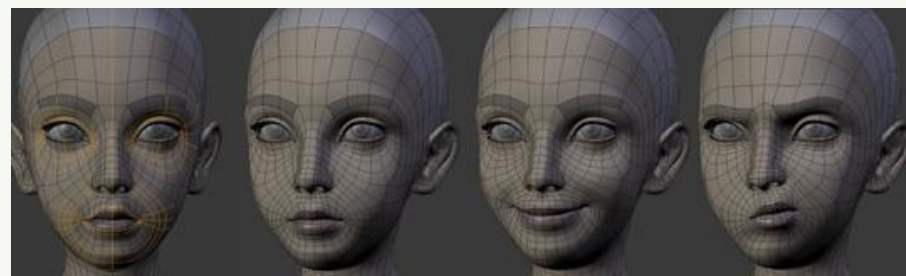
В основе фрактальной графики лежит очень простая идея: бесконечное по красоте и разнообразию множество фигур можно получить из относительно простых конструкций при помощи всего двух операций — копирования и масштабирования.



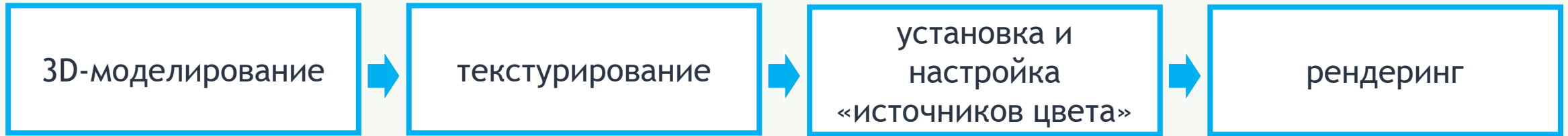
ТРЕХМЕРНАЯ ГРАФИКА

В последнее время всё большую популярность приобретает трёхмерная или **3D-графика** (от англ. *three dimensions* – три измерения). В ней применяются технологии создания в виртуальном пространстве объёмных моделей, которые максимально приближены к реальным объектам.

Трёхмерная графика широко используется в инженерном проектировании, компьютерном моделировании физических объектов и процессов, в мультипликации, кинематографии и компьютерных играх.



ПРОЦЕСС ПОСТРОЕНИЯ 3D-ИЗОБРАЖЕНИЙ



- ♦ **полигональное моделирование** — создание сетки из множества полигонов (четырёхугольников и треугольников), стыкующихся рёбрами и вершинами; каждый такой полигон может быть растянут, сжат, выдавлен; таким образом достигается объём и необходимая форма объекта;
- ♦ **сплайновое моделирование** — модель образуется не из полигонов, а из кривых (сплайнов), формирующих каркас; используется для создания плавных форм.



АНИМАЦИЯ

Анимация (от англ. *animation* – одушевление) – это «оживление» изображения. При анимации несколько рисунков (кадров) сменяют друг друга через заданные промежутки времени.

Компьютерная анимация – последовательный показ заранее подготовленных графических файлов, а также компьютерная имитация движения с помощью изменения формы объектов или показа последовательных изображений с фазами движения.



ВИДЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ АНИМАЦИИ

АНИМАЦИЯ ПО КЛЮЧЕВЫМ КАДРАМ

Наиболее близка к традиционной рисованной мультипликации. Прорисовку и расстановку ключевых кадров по временной шкале производит художник, а промежуточные кадры рассчитывает специальная программа.

ЗАПИСЬ ДВИЖЕНИЯ

Движения актёров в специальных костюмах с датчиками записываются камерами и анализируются специальным программным обеспечением. Итоговые данные о перемещении суставов и конечностей актёров применяют к трёхмерным скелетам виртуальных персонажей, чем добиваются высокого уровня достоверности изображения движения последних.

ПРОЦЕДУРНАЯ АНИМАЦИЯ

Автоматически генерируется компьютером в режиме реального времени в соответствии с установленными правилами. Представляет собой симуляцию физического взаимодействия твёрдых тел; имитацию движения систем частиц, жидкостей и газов; расчёт движения персонажа под внешним воздействием и многое другое. Процедурная анимация часто используется в компьютерных играх.

ПРОГРАММИРУЕМАЯ АНИМАЦИЯ

Движения анимируемых объектов программируются, например, на языке JavaScript.



ФОРМАТЫ ГРАФИЧЕСКИХ ФАЙЛОВ

Формат графического файла – это способ представления графических данных на внешнем носителе.

Различают **растровые** и **векторные** форматы графических файлов. Среди них, в свою очередь, выделяют *собственные (оригинальные)* форматы графических приложений и *универсальные* графические форматы, которые «понимаются» всеми приложениями, работающими с растровой (векторной) графикой.

Графические редакторы предоставляют пользователю возможность самостоятельно выбирать формат файла, в котором будет сохранено изображение.



РАСТРОВЫЕ ФОРМАТЫ ФАЙЛОВ



BMP

BMP (от англ. *Bit MaP image* – битовая карта изображения) Изображения хранятся в файлах попиксельно, без сжатия, потому размеры таких файлов достаточно большие



GIF

GIF (от англ. *Graphics Interchange Format* – формат обмена графикой) способен хранить сжатые данные без потери качества в формате не более 256 цветов, поддерживает анимацию



PNG

PNG (от англ. *Portable Network Graphic* – портативная сетевая графика) имеет высокую степень сжатия данных без потерь и предназначен для применения в сетевых приложениях



TIFF

TIFF (от англ. *Tagged Image File Format* – формат файла размеченного изображения). Большая глубина цвета у данного формата позволяет хранить изображение с высоким качеством



JPEG

JPEG (от англ. *Joint Photographic Expert Group* – объединённая группа экспертов в области фотографии) сжатый формат для хранения изображений с плавными переходами между цветами



СЖАТИЕ ДАННЫХ

Основной недостаток растровых изображений – их большой размер. Поэтому растровые фотографии и рисунки сохраняются в сжатом виде.

Под **сжатием** (упаковкой, компрессией) **данных** понимается применение алгоритмов преобразования данных, производимое с целью уменьшения их объёма. Обратная процедура называется восстановлением данных (распаковкой, декомпрессией).

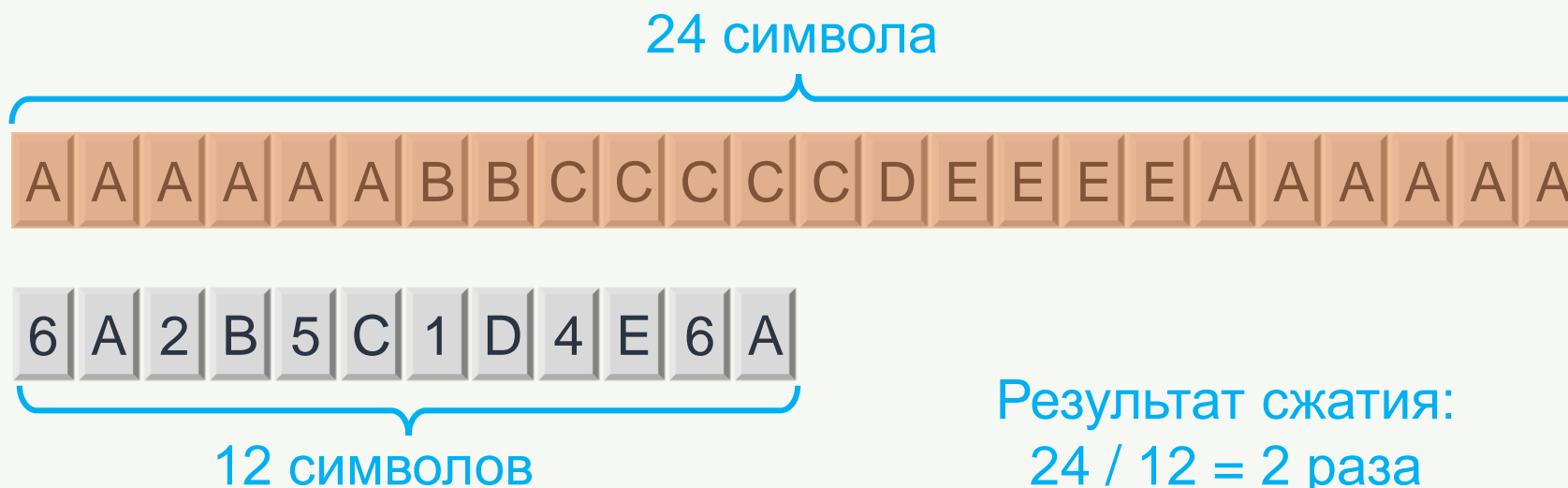
Различают две основные группы:

- ◆ методы сжатия без потерь, позволяющие восстановить исходные данные без каких-либо изменений;
- ◆ методы сжатия с потерями, восстанавливающие данные с отличиями, допустимыми с точки зрения дальнейшего их использования.

АЛГОРИТМ СЖАТИЯ RLE

Алгоритм RLE (от англ. *Run Length Encoding* – кодирование длин серий) – один из простейших методов сжатия изображений.

Его основной идеей является поиск цепочек одинаковых элементов и замена их на пары «число повторений – значение», что в определённых случаях существенно уменьшает избыточность данных.



Результат сжатия:
 $24 / 12 = 2$ раза

АЛГОРИТМ СЖАТИЯ RLE

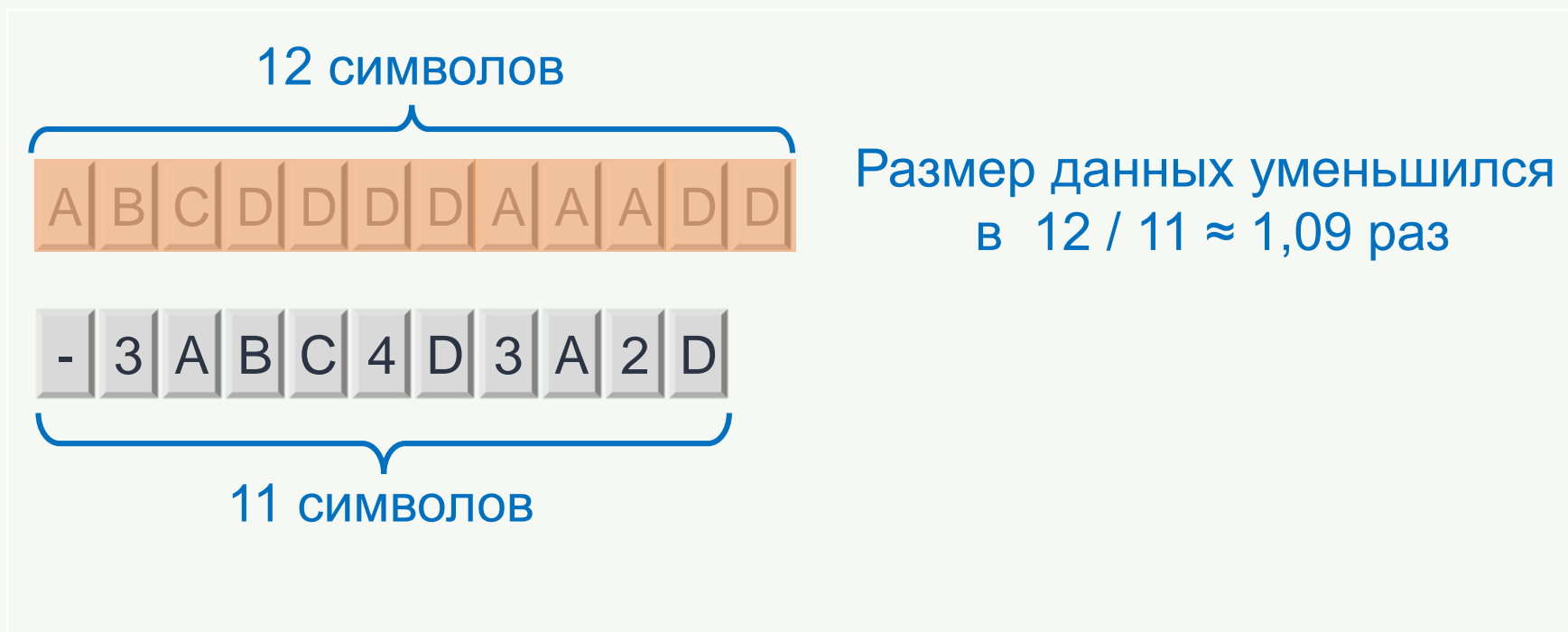
Алгоритм RLE в первую очередь рассчитан на изображения с большими областями одного цвета (деловая графика, схемы, рисунки и т.п.).

При его использовании в других ситуациях (например, при сохранении цветных фотографий) вместо уменьшения размера файла может происходить его увеличение.



АЛГОРИТМ СЖАТИЯ RLE

Если для записи длины цепочки идущих подряд одинаковых символов использовать положительные числа, а для записи количества следующих друг за другом различных символов использовать отрицательные числа, то для разных изображений возможно как уменьшение, так и увеличение размера.



АЛГОРИТМ LZW

Алгоритм LZW – Лемпеля-Зива-Велча (назван по именам его разработчиков Авраама Лемпеля, Якоба Зива и Терри Велча).

В его основе лежит идея замены наиболее часто встречающихся последовательностей в исходном потоке данных ссылками на «образцы», хранящиеся в специально создаваемой таблице (словаре).



ВЕКТОРНЫЕ ФОРМАТЫ ФАЙЛОВ



WMF (от англ. *Windows MetaFile* – метафайл Windows) – универсальный формат для программ, которые работают в ОС Windows (хранение коллекции Microsoft Clip Gallery)



CGM (от англ. *Computer Graphic Metafile* – метафайл компьютерной графики) – используется для представления графических объектов, преимущественно, в технических областях



SVG (от англ. *Scalable Vector Graphics* – масштабируемая векторная графика) – универсальный формат, позволяет с высоким качеством хранить в файле текст, изображение и анимацию



CDR (от англ. *CorelDraw files* – файлы CorelDraw) – собственный формат файлов векторного графического редактора CorelDraw



AI (от англ. *Adobe Illustrator files* – файлы Adobe Illustrator) – собственный формат файлов редактора векторной графики Adobe Illustrator



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ФОРМАТА ФАЙЛА

- ◆ записывать изображение в формате, использующем сжатие с потерями, следует только после окончания редактирования, так как многие манипуляции с изображением могут умножить дефекты сжатия;
- ◆ если вы собираетесь работать с графическим изображением только в одном графическом редакторе, целесообразно выбрать тот формат, который редактор предлагает по умолчанию. Если же последующая обработка данных предполагается в разных программах, стоит использовать один из универсальных форматов;
- ◆ для файлов, которые передаются по сети Интернет, очень важен небольшой размер, поскольку от этого зависит время передачи данных. Основной недостаток цифровых растровых изображений — их большой размер. Поэтому растровые фотографии и рисунки сохраняются в сжатом виде в различных графических форматах. Выбор формата зависит от типа изображения и способа его использования.



ПОНЯТИЕ РАЗРЕШЕНИЯ

Разрешение – величина, определяющая количество точек (элементов растрового изображения) на единицу площади (или единицу длины).

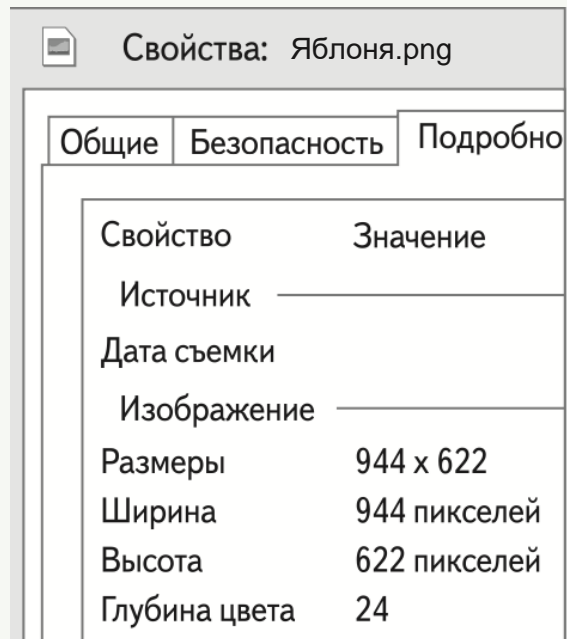
При работе с объектами компьютерной графики приходится иметь дело с разрешением экрана, разрешением изображения и разрешением печатающего устройства.



РАЗРЕШЕНИЕ ЭКРАНА МОНИТОРА

Разрешением экрана монитора обычно называют размеры получаемого на экране изображения в пикселях: 1024 × 768, 1280 × 1024, 1920 × 1080.

Разрешение экрана монитора – это свойство компьютерной системы (зависит от монитора и видеокарты) и операционной системы (зависит от настроек ОС).



РАЗРЕШЕНИЕ ЭКРАНА МОНИТОРА

Разрешение экрана монитора в **ppi** (произносится как «пи-пи-ай», сокращение от англ. *pixels per inch* — пикселей на дюйм; 1 дюйм \approx 2,54 см) можно рассчитать как отношение размера диагонали экрана в пикселях к размеру диагонали в дюймах:

$$ppi = \frac{d_p}{d_i}, \text{ где:}$$

- ♦ d_p — размер диагонали экрана в пикселях;
- ♦ d_i — размер диагонали экрана в дюймах.

Рассчитать размер диагонали экрана в пикселях можно по теореме Пифагора:

$$d_p = \sqrt{w_p^2 + h_p^2}, \text{ где:}$$

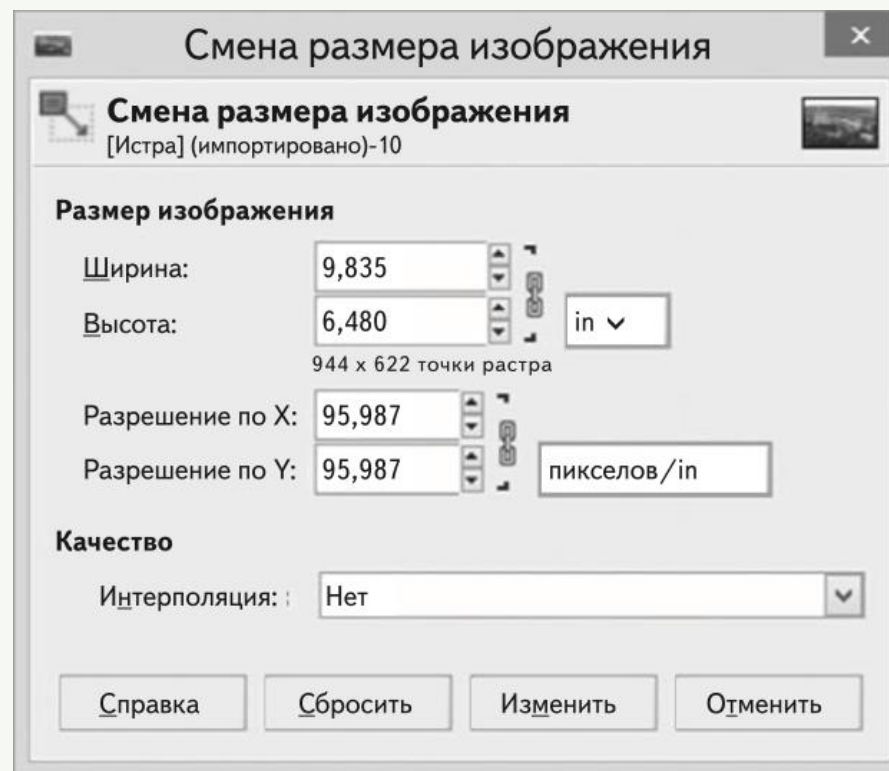
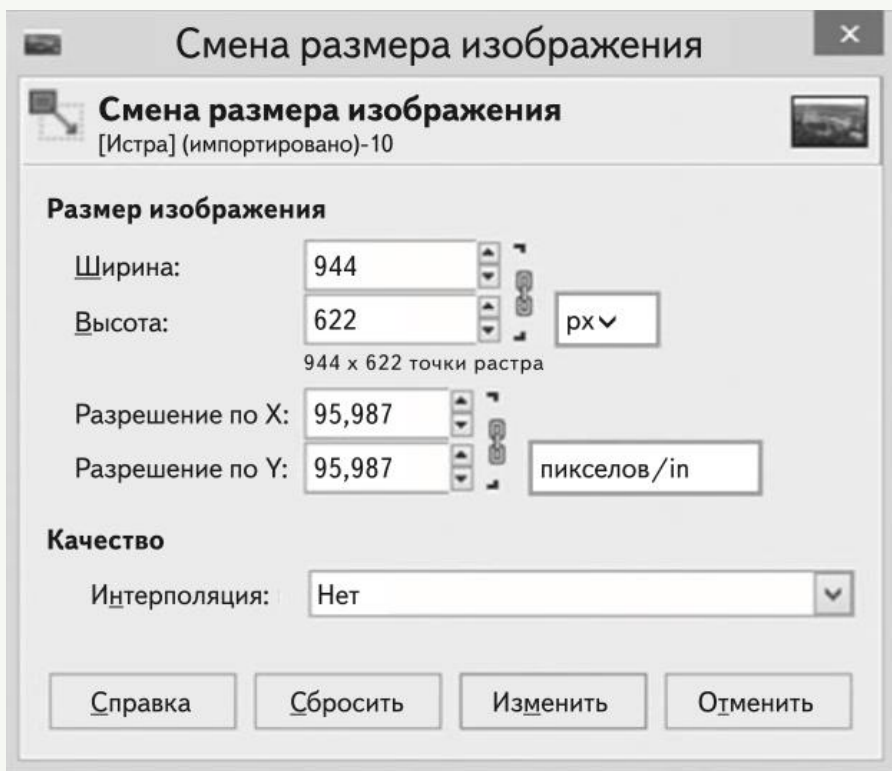
- ♦ w_p — ширина разрешения экрана в пикселях;
- ♦ h_p — высота разрешения экрана в пикселях.

Например, для 21,5-дюймового экрана с разрешением 1920×1080 (здесь $w_p = 1920$, $h_p = 1080$ и $d_i = 21,5$) получим ≈ 102 ppi. Для монитора с диагональю 17 дюймов при разрешении 1280×1024 получаем разрешение в ppi, равное 96; при разрешении 1024×768 — 75 ppi.



СМЕНА РАЗМЕРА ИЗОБРАЖЕНИЯ

В графическом редакторе также есть возможность посмотреть размеры обрабатываемого в нём изображения. Например, в графическом редакторе Gimp в окне Смена размера изображения можно увидеть размер изображения в пикселях, миллиметрах, дюймах или других единицах по выбору пользователя.

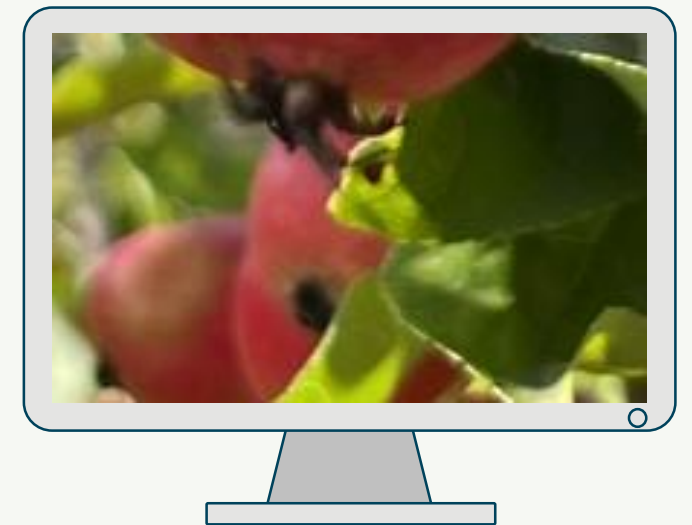


РАЗРЕШЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Разрешение изображения – это количество пикселей на единицу длины изображения. Чем выше разрешение, тем больше пикселей умещается в дюйме и тем более мелкими они являются: детали изображения прорисовываются чётче и оригинал отображается точнее.

Для оптимального размещения изображения на экране необходимо согласовывать количество точек в изображении, пропорции сторон изображения с соответствующими параметрами устройства отображения. Изображение качественно воспроизводится на экране, если его разрешение не меньше разрешения монитора.

Поэтому, когда мы подбираем красивые обои на рабочий стол, размер картинка в пикселях не должен быть меньше установленного разрешения монитора, в противном случае изображение будет нечётким, расплывчатым.



РАЗРЕШЕНИЕ ПРИНТЕРА

Разрешение принтера – это свойство принтера, выражающее количество отдельных точек, которые могут быть напечатаны на участке единичной длины. Оно измеряется в единицах dpi (от англ. *dots per inch* – точек на дюйм). Например, под разрешением 300 dpi подразумевается 300 × 300 точек на одном квадратном дюйме.

Большинство форматов графических файлов позволяют хранить данные о желаемом масштабе при выводе на печать, т. е. о желаемом разрешении в dpi. Считается, что для печати изображения, которое будет рассматриваться с расстояния порядка 40–45 сантиметров, достаточно разрешения 300 dpi.

Так, чтобы напечатать на бумаге изображение размером 10 × 15 см (4 × 6 дюймов) с разрешением в 300 dpi, размер исходного изображения должен быть не менее 1200 × 1800 пикселей.

ЦИФРОВЫЕ ФОТОГРАФИИ

Цифровая фотография – растровое изображение, состоящее из множества цветных точек (пикселей).

Её размер определяется количеством пикселей в строке и количеством таких строк. Общее количество пикселей в фотографии рассчитывают как произведение количества строк на количество пикселей в строке и указывают в мегапикселях (миллионах пикселей).



Размер цифровой фотографии определяет качество (детализацию) изображения и размер файла.

СООТНОШЕНИЕ ЖЕЛАТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ОТПЕЧАТКОВ И РАЗМЕРОВ ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАФИИ

Желательный размер отпечатков (см)	Приемлемые размеры цифровой фотографии (пиксели)	Предпочтительные размеры цифровой фотографии (пиксели)
9 × 12	768 × 1024	1200 × 1600
10 × 15	768 × 1024	1200 × 1712
20 × 30	1200 × 1600	2272 × 3048

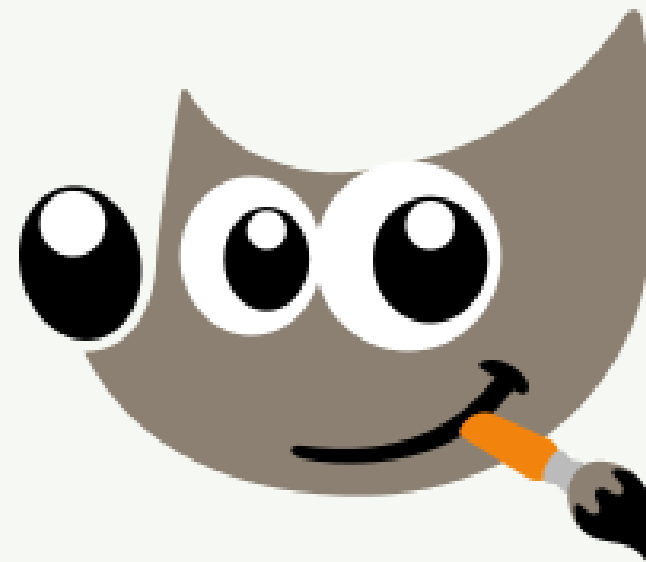
ОБРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ФОТОГРАФИЙ

Кадрирование — операция, позволяющая вырезать из исходного изображения его прямоугольную часть, отсекая всё, что находится снаружи выбранного прямоугольника.

Коррекция — изменение характеристик изображения, позволяющее добиться нужного качества.

Более сложную обработку изображения можно произвести с помощью **коррекции цветов**. Специфика работы с цветом заключается в том, что изменение одного из них обязательно отражается на других.

свободно распространяемый
растровый графический редактор
GIMP



Компьютерная графика — широкое понятие, обозначающее:

- 1) область деятельности, в которой компьютеры используются как инструменты создания и обработки графических объектов;
- 2) разные виды графических объектов, созданных или обработанных с помощью компьютера.

По способу создания можно выделить следующие классы объектов компьютерной графики: двумерные изображения (растровые, векторные, фрактальные), трёхмерные изображения, анимацию.

Графический формат — это способ записи графической информации. Графические форматы делятся на векторные и растровые. Большинство графических форматов реализуют сжатие данных (одни — с потерями, другие — без).

Физический размер изображения определяет размер рисунка по вертикали (высота) и горизонтали (ширина) и может измеряться как в пикселях, так и в единицах длины (миллиметрах, сантиметрах, дюймах).

Разрешением экрана монитора обычно называют размеры получаемого на экране изображения в пикселях: 1024 × 768, 1280 × 1024, 1920 × 1080.

Разрешение изображения — это количество пикселей на единицу длины изображения.

Разрешение принтера — это свойство принтера, выражающее количество отдельных точек, которые могут быть напечатаны на участке единичной длины. Для печати изображения, которое будет рассматриваться с расстояния порядка 40–45 сантиметров, достаточно разрешения 300 dpi.

Неоспоримыми достоинствами цифровой фотографии являются: простота процесса съёмки и оперативность получения конечного результата; возможность проверки на месте (предпросмотр) качества результата; возможность съёмки очень большого количества кадров; простота создания панорам и спецэффектов; возможность обработки сделанных фотографий средствами компьютерной графики; простота встраивания фотографий во всевозможные цифровые материалы; возможность передачи фотографий по телекоммуникационным сетям или размещения в Интернете.



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Назовите основные виды графических изображений, выделяемые по способу их создания.

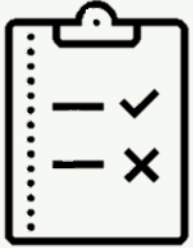




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Назовите основные параметры, определяющие качество растровых изображений.

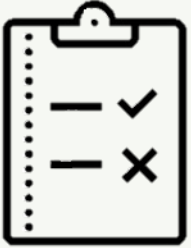




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Проведите сравнительный анализ растровой и векторной графики с точки зрения технологии создания изображений, возможности их редактирования (включая масштабирование), объёма занимаемой памяти, применения и других характеристик.





ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Какой объём памяти требуется для хранения изображения размером 1280×1024 пикселей при использовании палитры из 16 777 216 цветовых оттенков?

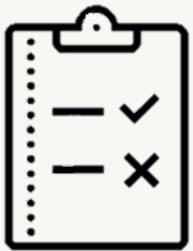




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Какие преимущества при формировании изображения обеспечивает механизм слоёв?





ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Подготовьте небольшое сообщение об истории разработки кривых Безье.

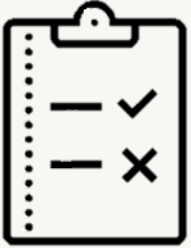




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

В зависимости от области применения выделяют научную, деловую, конструкторскую, иллюстративную, художественную и рекламную графику. Подберите печатные или электронные образцы изображений каждого вида.

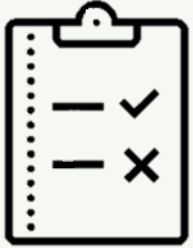




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Что такое формат графического файла? Предложите классификацию известных вам форматов графических файлов.





ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

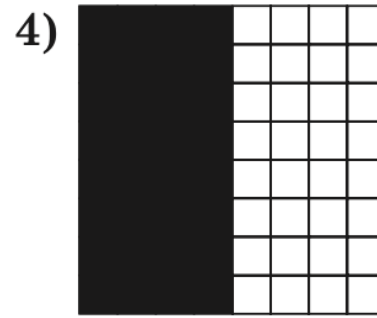
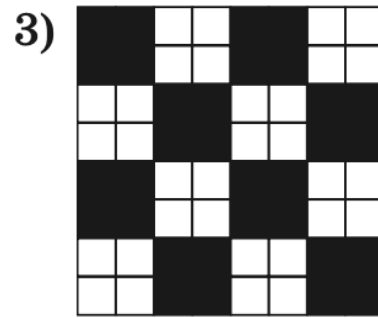
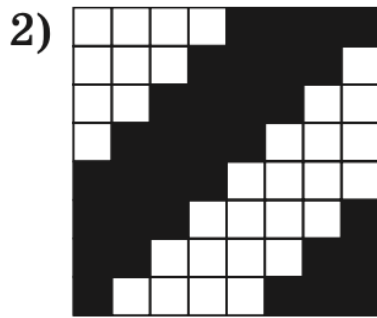
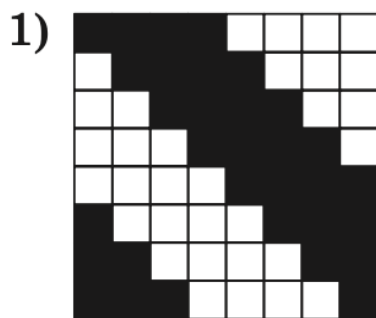
В связи с чем в графических форматах применяются алгоритмы сжатия?





ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Какая из следующих картинок будет иметь самый короткий код при сжатии алгоритмом RLE?





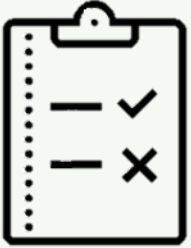
ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Сообщение, сжатое с помощью алгоритма RLE, имеет вид

8O4X11O6X5O1X1O1X2O2X2O2X5O1X1O1X1O2X1O2X1O2X4O1X1O1X1
O2X1O2X1O2X5O5X1O1X2O2X5O5X1O4X6O6X1O3X 7O10X2O16X

Восстановите первоначальный вид сообщения, если известно, что оно состоит из 10 строк, в каждой из которых содержится по 16 символов.

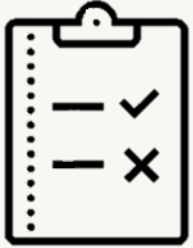




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Рассчитайте разрешение 10,1-дюймового экрана нетбука в ppi, если его разрешение в пикселях 1024×600 .





ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Укажите физические размеры цифрового изображения в пикселях, достаточные для того, чтобы обеспечить высокое качество его отпечатка размером 15 × 20 см.

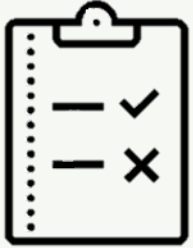




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Одним из серьёзных недостатков цифровой фотографии считаются принципиальные трудности доказательства её аутентичности. Прокомментируйте это утверждение.





ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Сравните цифровую и плёночную фотографии с точки зрения технологии создания изображений, их качества, возможности обработки и распространения и т. д.





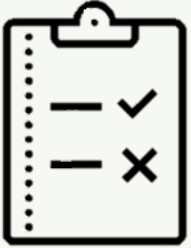
ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Выразите предпочтительные размеры цифровых фотографий, указанные в таблице, в мегапикселях. Сравните их с возможностями фотокамеры, имеющейся в вашем распоряжении, или фотокамеры кого-то из членов вашей семьи. Какой вывод о возможностях этой фотокамеры вы можете сделать?

Соотношение желательных размеров отпечатков и размеров цифровой фотографии

Желательный размер отпечатков (см)	Приемлемые размеры цифровой фотографии (пиксели)	Предпочтительные размеры цифровой фотографии (пиксели)
9 × 12	768 × 1024	1200 × 1600
10 × 15	768 × 1024	1200 × 1712
20 × 30	1200 × 1600	2272 × 3048

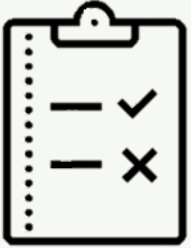




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Какую информацию можно получить с помощью гистограммы распределения количества пикселей изображения по их яркости?

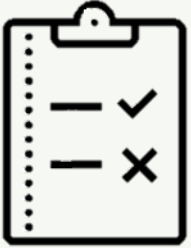




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Исследуя меню графического редактора GIMP, найдите возможность исправления на фотографиях эффекта «красных глаз».

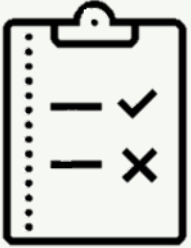




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Почему при цветовой коррекции нельзя настроить один определённый цвет?

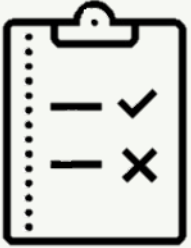




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Выясните, что такое аддитивные технологии. Где они применяются? Каковы преимущества аддитивных технологий? В чём их отличие от традиционного производства?

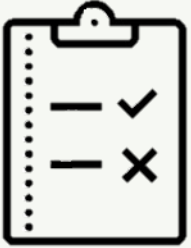




ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Выясните, что такое виртуальная реальность. Где применяется эта технология?





ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Выясните, что такое дополненная реальность. Чем она отличается от виртуальной реальности? Где она применяется?

