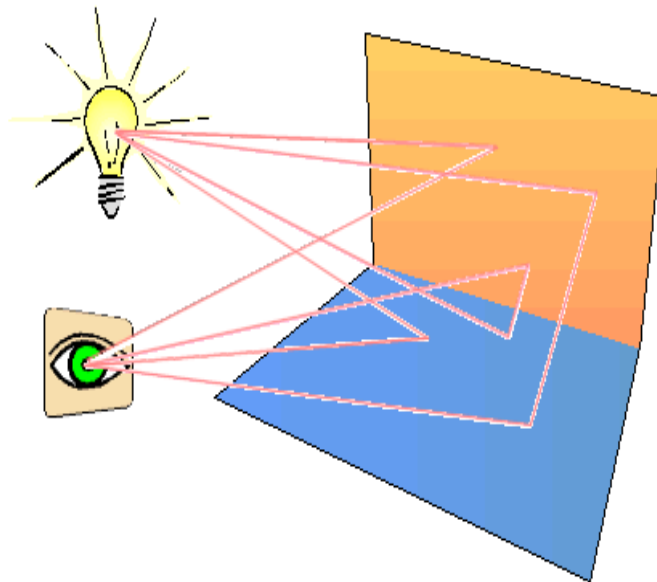


T7 Модели освещения

Математическое представление физических свойств источников света и поверхностей, а также их взаимное расположение называются *моделями освещения*.

Простые модели освещения основаны на вычислении интенсивности отражаемого объектом света от точечного источника.

Освещение это - перенос светового потока от источников света по прямым и непрямым путям.



Компоненты освещения:

Источники света:

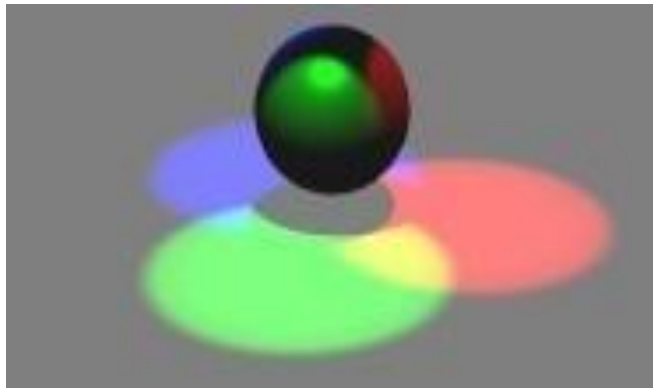
- Спектр излучения (цвет)
- Геометрия (положение и цвет)
- Свойства поверхности с направленным затуханием:

- Спектр отражения (цвет)
- Геометрия (положение, ориентация и микроструктура)

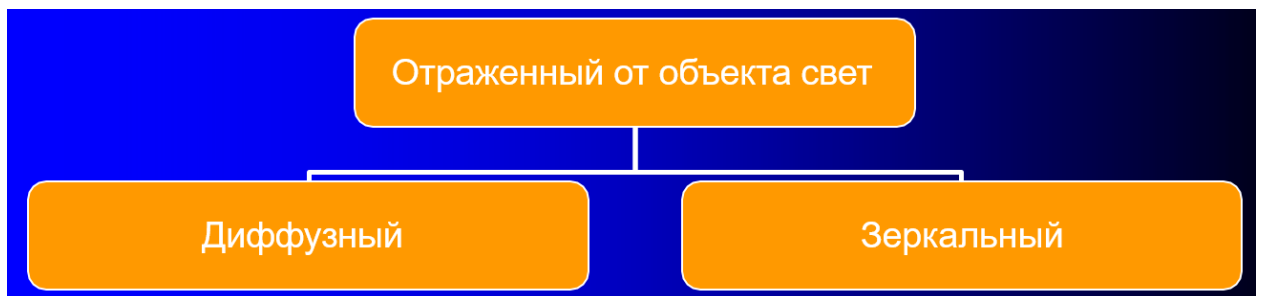
-Поглощение

Упрощения:

Использовать только прямое освещение от эмиттеров до отражателей.
Игнорировать геометрию излучателей, использовать только геометрию отражателей
Light Sources:



Свойства отраженного света зависят от строения, направления и формы источника света, от ориентации и свойств поверхности.



- **Диффузное отражение** происходит при равномерном по всем направлениям рассеивании света, поэтому создается иллюзия, что поверхности имеют одинаковую яркость независимо от углов обзора. Рассеянный свет практически всегда присутствует в реальной обстановке. Пример поверхности с диффузным отражением – кусочек мела.

Зеркально отраженный свет не рассеивается. Угол отражения от идеальной отражающей поверхности равен углу падения. В любом другом положении наблюдатель не видит зеркально отраженный свет. Благодаря зеркальному отражению на блестящих предметах появляются блики.

Цветовые модели

Цвет - это характеристика восприятия глазом электромагнитных волн разной длины, отраженных от предмета или пропущенных сквозь прозрачный предмет, именно длина волны определяет для глаза видимый цвет.

Амплитуда, определяющая энергию волны (пропорциональную квадрату амплитуды), отвечает за яркость цвета.

Цвета в природе редко являются простыми. Большинство цветовых оттенков образуется смешением основных цветов. Если смешать желтую и голубую краски, получится зеленая. Из двух цветов получен третий. Путем смешивания из небольшого числа базовых или основных цветов можно получить остальные цвета, называемые составными. Таким образом, цвет можно математически описать как соотношение базовых компонентов (создать модель цвета).

Способ разделения цветового оттенка на составляющие компоненты **называется цветовой моделью.**

Цветовая модель – описание представления цветов в виде последовательности чисел обычно из 3-х значений, **называемых цветовыми компонентами или цветовыми координатами.**

Все возможные значения цветов задаваемые моделью определяют цветное пространство.

Объект, имеющий цвет, может излучать свет или поглощать его.

В первом и во втором случае цвет объекта описывается по-разному, то есть для его описания применяются разные модели цвета.

Различаем аддитивное цветовоспроизведение (характерно для излучающих объектов) и субтрактивное цветовоспроизведение (характерно для отражающих объектов). В качестве примера объекта первого типа можно привести электронно-лучевую трубку монитора, второго типа - полиграфический отпечаток.

Существует несколько цветовых моделей (систем кодирования): **HSB**, **RGB** и **СМΥК**.

Модель RGB

Наиболее распространенным способом кодирования цвета является модель RGB. При этом способе кодирования любой цвет представляется в виде комбинации трех цветов: красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue), взятых с разной интенсивностью.

Интенсивность каждого из трех цветов - это один байт (т. е. число в диапазоне от 0 до 255), который хорошо представляется двумя 16-ричными цифрами (числом от 00 до FF). Таким образом, цвет удобно записывать тремя парами 16-ричных цифр, как это принято, например, в HTML-документах.

К достоинствам этой модели можно отнести: ее "генетическое" родство с аппаратурой (сканером и монитором), широкий цветовой охват (возможность отображать многообразие цветов, близкое к возможностям человеческого зрения), доступность многих процедур обработки изображения (фильтров) в программах растровой графики, небольшой (по сравнению с

моделью СМҮК) объем, занимаемый изображением в оперативной памяти компьютера и на диске.

К недостаткам этой модели можно отнести: коррелированность цветовых каналов (при увеличении яркости одного канала другие уменьшают ее), возможность ошибки представления цветов на экране монитора по отношению к цветам, получаемым в результате цветоделения (перевода в модель СМҮК).

К сожалению, нельзя создать краски, аналогичные RGB для печати. Все дело в том, что эти цвета работают только "на просвет", т.е. через пленку-фильтр или люминофор монитора. Цвета словно вырезаются соответствующими фильтрами из сплошного спектра. В печати все происходит с точностью до наоборот, т. е. бумага поглощает весь спектр за исключением того цвета, в который она покрашена.

Поэтому приходится вводить четвертую дополнительную краску - черную. Ее задача - усилить поглощение света в темных областях, сделать их максимально черными, т. е. увеличить тоновый диапазон печати.

Другие цвета и их оттенки получаются за счет наличия или отсутствия этих составляющих. Экран (как и всякое другое неизлучающее свет тело) - изначально темный. Его исходным цветом является черный. Все остальные цвета на нем получаются путем использования комбинации таких трех цветов, которые в своей смеси должны образовать белый цвет. Черный цвет в схеме отсутствует, т.к. это исходный цвет экрана. Значит, отсутствие цвета в RGB схеме соответствует черному цвету. Чтобы получить определенный цвет на экране необходимо взять черный цвет (отсутствие цвета) и добавлять к нему первичные цвета, складывая их друг с другом.

Эта система цветов называется аддитивной (additive) - дополняющей.

Все цифровые устройства работы с цветом хранят, обрабатывают и воспроизводят цвет и цветные изображения с помощью значений RGB. В компьютере эти значения кодируются числами.

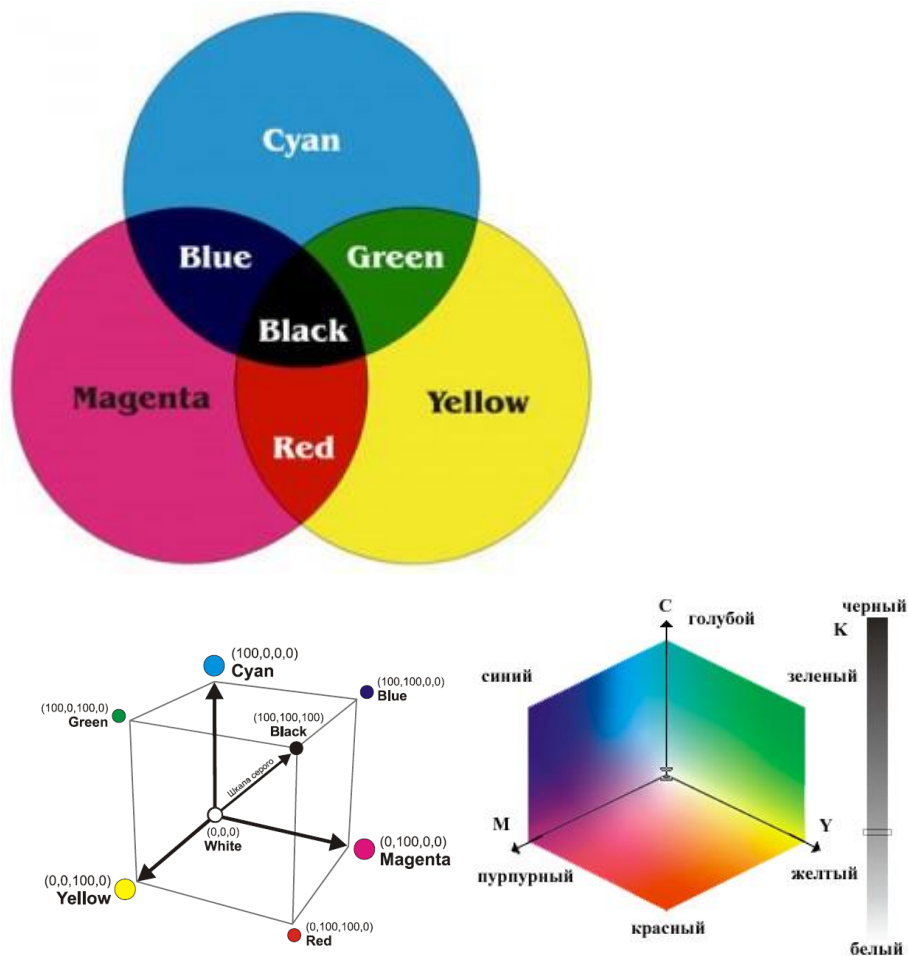


Для того чтобы сохранить цифровое изображение, его сначала требуется разбить на сетку мелких пикселей (точек). Каждый пиксель замеряется на количество в нем красного, зеленого и синего цветов. Затем все изображение в целом записывается пиксель за пикселем. Для стандартного представления RGB-цвета на каждый первичный цвет схемы приходится по 1 байту. Поэтому значение каждой составляющей может быть закодировано числом от 0 до 255. Например, чтобы залить экран абсолютно красным цветом компьютер должен послать монитору команду RGB (255,0,0).

Качество изображения на экране зависит от следующих факторов:

- качество монитора (насколько хорошо он дает черный цвет, насколько мелки точки, составляющие изображение на экране)
- качество видеосистемы (насколько хорошо она составляет все цвета из комбинации трех цветов)
- окружающее освещение (в темной комнате или на ярком солнце)

Принцип метода СМУК



Это родная модель для печати, только ее понимают растровые процессоры – RIP-ы выводных устройств.

Достоинством этой модели является: независимость каналов (изменение процента любого из цветов не влияет на остальные). Недостатками этой модели являются: узкий цветовой охват, обусловлен несовершенством пигментов и отражающими свойствами бумаги, не совсем точное отображение цветов CMYK на мониторе, многие фильтры растровых программ в этой модели не работают, на 30% требуется больший объем памяти по сравнению с моделью RGB.

Эта система цветов называется субтрактивной (subtractive) - исключаящей.

Качество изображения на бумаге зависит следующих факторов:

- качество бумаги (насколько она бела)
- качества красителей (насколько они чисты)
- качества полиграфической машины (насколько точно и мелко она наносит краски)
- качества разделения цветов (насколько точно сложное сочетание цветов разложено на три цвета)
- качества освещения (насколько полон спектр цветов в источнике света, если он искусственный)

На бумаге (в системе CMYK) не могут быть представлены некоторые цвета, которые с легкостью можно представить на экране. Если на экране запросто можно сделать оттенок цвета с точностью до бита, то в смешивании красителей такой точности добиться просто невозможно. Поэтому часто то, что на экране выглядит потрясающе, на бумаге выглядит блекло и некрасиво. Потому-то так много труда тратится при переводе картинки, сделанной на компьютере, в вид, который достойно будет выглядеть при печати.

Цветовая модель CMYK используется при подготовке к печати. Каждому из основных цветов ставится в соответствие дополнительный цвет

(дополняющий основной до белого). Получают дополнительный цвет за счет суммирования пары остальных основных цветов. Значит, дополнительными цветами для красного является голубой (Cyan, C) = зеленый + синий = белый - красный, для зеленого - пурпурный (Magenta, M) = красный + синий = белый - зеленый, для синего - желтый (Yellow, Y) = красный + зеленый = белый - синий. Причем принцип декомпозиции произвольного цвета на составляющие можно применять как для основных, так и для дополнительных, то есть любой цвет можно представить или в виде суммы красной, зеленой, синей составляющей или же в виде суммы голубой, пурпурной, желтой составляющей. В основном такой метод принят в полиграфии. Но там еще используют черный цвет (Black, так как буква B уже занята синим цветом, то обозначают буквой K). Это связано с тем, что наложение друг на друга дополнительных цветов не дает чистого черного цвета.

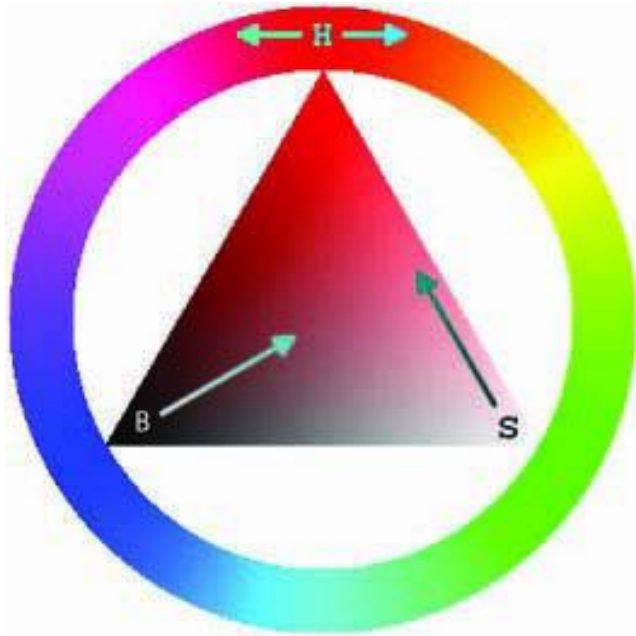
Модель HSB

Модель HSB характеризуется тремя компонентами: оттенок цвета (Hue), насыщенность цвета (Saturation) и яркость цвета (Brightness). Можно получить большое количество произвольных цветов, регулируя эти компоненты. Эту цветовую модель лучше применять в тех графических редакторах, в которых изображения создают сами, а не обрабатывают уже готовые. Затем созданное произведение можно преобразовать в цветовую модель RGB, если ее планируется использовать в качестве экранной иллюстрации, или CMYK, если в качестве печатной. Значение цвета выбирается как вектор, выходящий из центра окружности. Направление вектора задается в угловых градусах и определяет цветовой оттенок. Насыщенность цвета определяется длиной вектора, а яркость цвета задается на отдельной оси, нулевая точка которой имеет черный цвет. Точка в центре соответствует белому (нейтральному) цвету, а точки по периметру - чистым цветам

Параметр **hue** (оттенок)- это цвет. Определяется градусами от 0 до 360 исходя из цветов радужного кольца.

Параметр **saturation** - процент добавления к этому цвету белой краски имеет значение от 0% до 100%.

Параметр **Brightness** - процент добавления черной краски так же изменяется от 0% до 100%.



Достоинством данной модели является то, что это самая простая для понимания цветовая модель.

Недостатки. Глаз человека воспринимает цвета радужного кольца, как цвета, имеющие различную яркость. Например, спектральный зелёный имеет большую яркость, чем спектральный синий. В цветовой модели HSB все цвета этого круга считаются обладающими яркостью в 100%, что, к сожалению, не соответствует действительности.

Цветовая модель Lab

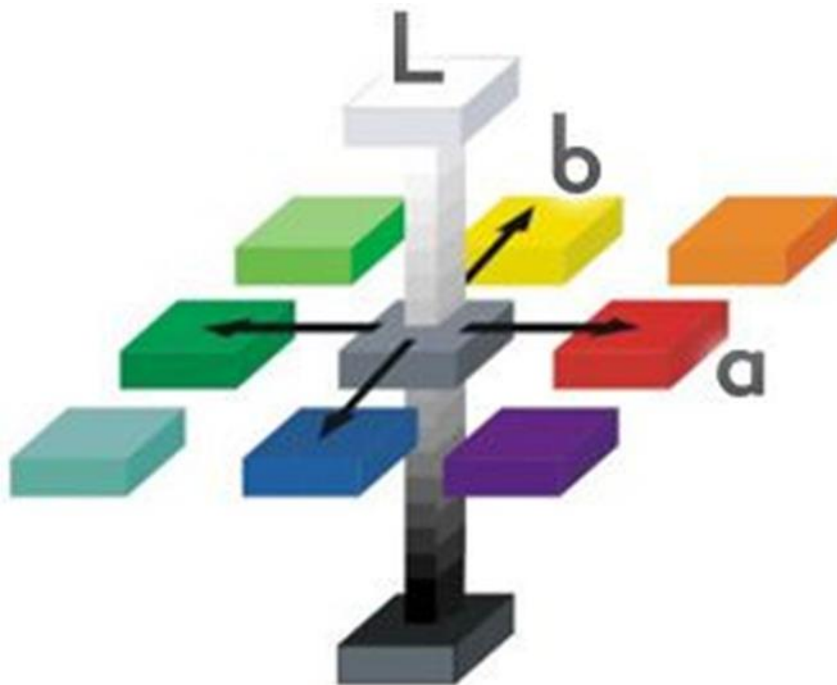
LAB - эта модель наиболее точно описывает параметры цвета, так как обладает самым широким охватом. Ее часто используют в качестве внутренней модели многих программных продуктов, и с ее помощью в них осуществляется пересчет из одной модели цвета в другую.

В этой цветовой модели цвет состоит из:

Luminance - освещенность. Это совокупность понятий яркость (lightness) и интенсивность (chrome)

A - это цветовая гамма от зеленого до пурпурного

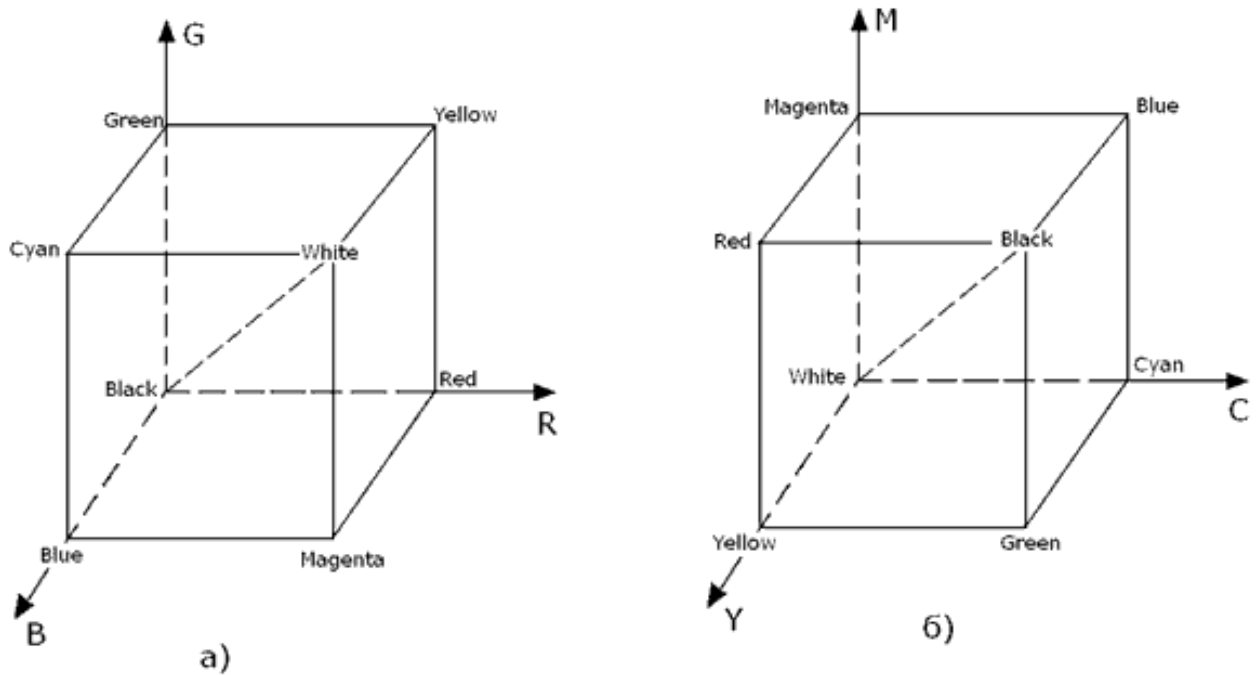
B - цветовая гамма от голубого до желтого



Достоинством данной модели является то, что в ней информация о цвете и яркости разделена и является независимой. Это дает возможность изменять тоновые градационные характеристики изображения, не затрагивая цветовые.

Недостатком можно считать высокую концентрацию цветовой информации в середине осей a и b. Это затрудняет тонкую коррекцию цвета с помощью градационных кривых.

Специально разработана для получения предсказуемых цветов, т.е. она является аппаратно-независимой и соответствующей особенностям восприятия цвета глазом человека.



Цветовой куб для моделей RGB и CMY

| | RGB | CMYK |
|--------------------------|----------------------|------------------------------|
| Основные цвета | Red, Green, Blue | Cyan, Magenta, Yellow, Black |
| Использование | телевизоры, мониторы | В принтерах, типографии |
| Количество цветов | 16 миллионов | 10 миллионов |
| Модель | адитивная | субтрактивная |
| Свет | Emise de lumina | Поглощает свет |

Тени

Существуют 6 основных градаций света и тени:

- **блик** — то место на освещенной части предмета, где свет отражается непосредственно от источника (на глянцевых поверхностях мы видим непосредственно отражение источника света);
- **свет** — освещенная часть предмета;
- **полутень** — переход между светом и собственной тенью, или между тенью и рефлексом;
- **тьень** — самое темное место в собственной тени, на которое не попадает ни прямой, ни отраженный свет;
- **рефлекс** — то место в собственной тени на предмете, на которое попадает отраженный свет от другого освещенного предмета или освещенной части того же предмета;
- **падающая тень** — самая темная градация среди теней при условии одинаковой окраски предметов (по мере удаления от предмета ее границы размываются, а сила тона слабеет).

Следует заметить, что собственная тень — это тень на тех поверхностях предмета, которые отвернуты от источника света, а падающая тень — это тень на тех поверхностях предмета, которые обращены к источнику света, но загорожены от него другим предметом.

Тень состоит из двух частей:

- полутени - окружающая ее более светлая часть.
- полная тень - это центральная, темная, резко очерченная часть.

Но обычно при синтезе изображений на компьютере рассматриваются точечные источники света, которые создают только полную тень. Это

объясняется тем, что в таком случае значительно уменьшаются вычислительные затраты на построение теней.

На сложность вычислений существенно влияет положение источника света.

Если источник света находится в бесконечности, тогда тени определяются при помощи ортогонального проецирования.

Если источник находится вне поля зрения на конечном расстоянии. Тогда задача определения объектов, находящихся в тени, является эквивалентом определения видимой поверхности относительно источника света.

Если источник находится в поле зрения. В этом случае пространство необходимо делить на сектора и для каждого сектора рассчитывать тени отдельно.

Алгоритмы построения теней

Выделяем три класса алгоритмов построения теней:

- а) вычисление затенения в процессе преобразования в растровый вид;
- б) разделение поверхностей объекта на теневые и нетеневые площади, предшествующее преобразованию в растровый вид;
- в) включение значения теней в данные, описывающие объект.

Первый класс это алгоритмы, основанные на принципе отбрасывания лучей, и алгоритмы, которые включают метод трассирования лучей как составную часть.

Второй класс алгоритмов использует известные алгоритмы определения видимых поверхностей. При этом используются двухпроходные реализации алгоритмов построчного сканирования или z-буфера. Один проход здесь

выполняется относительно наблюдателя, другой — относительно источника света.

Третий класс, заносит в базу данных информацию о "затененных" полигональных областях. Затененные области являются невидимыми, но при определении видимой поверхности они используются для проверки остальных видимых полигональных областей на затенение.

Основные принципы построения теней разделяются на:

- собственные
- падающие.

Линии, ограничивающие тень, называются границей или контуром тени.

Собственной тенью называется неосвещенная, противоположная источнику света часть поверхности предмета. Грани, затененные собственной тенью, являются не лицевыми, по отношению к источнику света.

Падающая тень — область на обращенной к источнику света части поверхности предмета, закрытая от лучей света другим предметом или частью данного предмета.