

Некоторые вопросы светимости и тональности в оптике

Содержание:

- о003.01. Светимость
- о003.02. Световой поток
- о003.03. Яркость и освещённость
- о003.04. Контраст
- о003.05. Регулировка яркости и контраста
- о003.06. Светимость и сенсиметрическая чувствительность глаза
- о003.07. Тональные искажения
- о003.08. Цветовая температура
- о003.09. ЛИТЕРАТУРА

==== *** ==== *** =====

В данном приложении рассматриваются вопросы о яркости, освещённости и светимости различных источников света и отражающих поверхностей, а также подводятся «физиологическая база» под эти единицы измерения. Также рассматриваются вопросы цветовых и «тональных» искажений некоторых приборов и глаза дальтоника, а также зависимость тона от цветовой температуры.

о003.01. Светимость

Для начала рассмотрим некоторые понятия о свете, которые по разным причинам преподавались или опускались в школьном курсе оптики.

Единицей светимости светящихся объектов является единица СИ кандела, что переводится как «свеча». Этот эталон сложен для воспроизведения, но его практическим примером может быть горение обычной стеариновой или парафиновой свечи. Как известно, в пламени свечи можно нормально видеть контуры и очертания предметы, и различать цвета. Но для нормальной работы глаз нужно освещение не менее 40 свечей, что примерно соответствует лампе накаливания 40 Вт. Соотношение светимости различных ламп к их мощности показано в таблице о003.I.

Таблица о003.I. Примерное соотношение мощности различных ламп их светимости.

о003.02. Световой поток

Светимость сама по себе не может служить мерой «светлоты» или «черноты» освещаемых поверхностей. На это есть две причины:

1. При распределении света от точечного источника (например, колбы лампы) суммарная амплитуда световых волн падает (обратно пропорциональна) квадрату расстояния от источника, даже если нет поглощения этих волн окружающей средой;
2. От точечного источника свет распространяется во всех направлениях. Поэтому, если использовать отражатель, то освещённость предметов, расположенных противоположно от экрана, увеличивается. Поэтому было введено понятие «световой поток», указывающее, насколько ярким является свет от точечных источников, распространяющийся в

определённом сферическом угле.

Также было введено понятие сферического угла (см. чертёж o003.01). В единицах СИ сферический угол измеряется в стерadianах (обозначается как *sr* или *ср*). Стерadian равен части площади поверхности единичной сферы, отсекаемой от неё конусом (см. чертёж o003.01), причём площадь этой поверхности равна единице измерения (площади). Стерadianны сложны для понимания и точных расчётов (см. справочник Бронштейна и Семендяева [3]), но нужно знать, что полная сфера содержит 4π стерadianн (площадь поверхности сферы — $4\pi R^2$, площадь единицы измерения равна R^2).

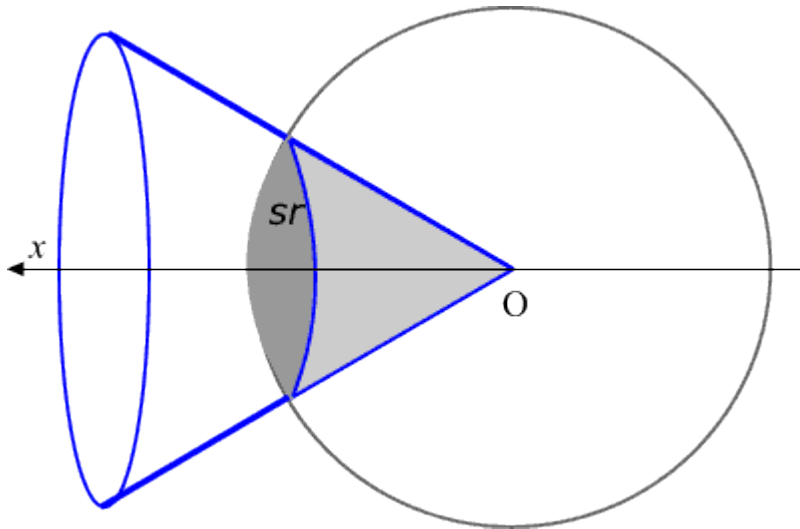


Рис. o003.01. Сферический сектор, отсекаемый конусом от сферы.

Таким образом, мы пришли к пониманию понятия «световой поток». Световой поток в единицах СИ называется люменом, имеет обозначение *lm* (лм), и соблюдается равенство: $1 \text{ lm} = \text{cd/sr}$. ($1 \text{ лм} = 1 \text{ кд/ср}$). Таким образом, световой поток от точечного источника светимостью 1 cd будет равен $1/4\pi \text{ lm}$. Если же поставить экран позади источника, то световой поток от того же источника будет равен $1/2\pi$, поскольку свет, распространяющийся в другую сторону от освещаемого объекта, отражается от экрана и возвращается обратно.

Примечание. В практических расчётах необходимо учитывать коэффициенты условия рассеяния и поглощения света (средой и экраном), а также форму экрана. Но для данного примера это несущественно.

o003.03. Яркость и освещённость

Теперь мы подходим к самому важному понятию в проекции видео — освещённости. Она равна световому потоку (в люменах), делённому на квадрат расстояния от источника (в метрах). Измеряется освещённость в люксах (*lx*, лк). $1 \text{ лк} = \text{лм/м}^2$. Освещённость не следует путать с яркостью поверхности, выраженная в канделах на квадратный метр (кд/м^2) или (в единицах СГС), в апостильбах (*асб*).

$$1 \text{ асб} = \text{кд/см}^2 = 10^4 \text{ кд/м}^2.$$

Иначе говоря, световой поток в 1 лм создаст на экране площадью 1 м^2 , отдалённого на расстояние 1 м от источника света, яркость в 1 кд/м^2 или $0,0001 \text{ асб}$. Это очень малая величина, поэтому источники освещения в проекторе делают по возможности более светосильными.

o003.04. Контраст

Контрастом называют отношение яркости светлых и тёмных участков. При этом различают динамический контраст (отношение яркостей соседних участков на сцене) и статический контраст (отношение яркости самой светлой и самой тёмной области экрана, на которое только способен прибор). Динамический контраст обычно на два порядка выше, чем статический контраст, и на

практике он применяется редко. А вот статический контраст является характеристикой прибора, и на него следует обращать внимание при его покупке.

Как правило, динамический контраст регулируется не повышением яркости светлых участков (которая определяется лампой проектора или подсветкой жидкокристаллического монитора), а яркостью «тёмных областей» — иначе говоря — качеством поглощения света в приборе и отсутствием «паразитных» яркостей (или бликов) на тёмных участках экрана. Приведу пример, взятый из книги Н. Панфилова «Начинающему кинолюбителю» [2].

Пусть статический контраст системы «видеопроектор — экран» имеет отношение 50:1 (это нормальная контрастность, достигаемая дешёвыми домашними видеопроекторами). Следовательно, при демонстрации чёрных надписей на белом фоне яркость надписи составит 50 асб, а букв 1 асб. Это вполне нормально воспринимаемая глазом надпись — достаточно чёрные буквы на ярком фоне.

Теперь допустим, что на экране присутствует паразитный блик с яркостью 1 асб, например, из не полностью закрытой занавески. В этом случае яркость светлых участков (фона) составит $50+1 = 51$ асб, а яркость чёрных участков также увеличится и будет равной $1+1 = 2$ асб. При этом статический контраст уменьшится до $51:2 \sim 25:1$, то есть в два раза. В результате этой паразитной засветки контраст уменьшится, буквы будут казаться не чёрными, а серыми, и весь экран будет как бы подёрнут дымкой.

Как видно, небольшой «блик», например, от открытой занавески, полностью испортил картинку на экране и впечатление от просмотра.

Из примера видно, что не следует гнаться за высокой светосилой проектора. Гораздо экономичнее и эффективнее уменьшить яркость тёмных участков на экране, как за счёт выбора прибора с большим статическим контрастом, так и за счёт правильного затемнения помещения, в котором происходит кино- или видео проекция.

о003.05. Регулировка яркости и контраста

Для регулировки яркости и контраста любого изображения в приборах используется следующее:

1. Для уменьшения яркости — уменьшают мощность лампы и световой поток, исходящий от источника освещения;
2. Для уменьшения контраста — увеличивают освещённость тёмных участков изображения путём ослабления поглощения света фильтрами;
3. При цифровой обработке фотографий и других цифровых изображений используются программные «фильтры», которые пересчитывают значения цветности пикселей, «эмулируя» алгоритмы из пунктов 1. и 2. Поскольку алгоритмы «эмулирующие» изменение контраста и яркости, разные, то применение разных фильтров в разных программах может приводить к разным результатам, не смотря на их одинаковые названия;

До сих пор пишутся алгоритмы, которые позволяют менять яркость и контраст изображений в зависимости от условий съёмки, цветовой гаммы, для эмуляции корректировки различными «аналоговыми» устройствами и т.п.

о003.06. Светимость и сенсиметрическая чувствительность глаза

У человека, знакомого с теорией волновых процессов, может возникнуть вопрос: «А для чего вводятся такие «странные и малопонятные» величины, как кандела, люмены, люксы? Не проще ли заменить их соответствующими мощностями сигнала, переносимого световой волной?». На некорректность этих вопросов указали физиологи.

Выяснилось, что человеческий глаз чувствителен к воспринимаемому спектру частот неодинаково. Наибольшая чувствительность глаза к цвету имеют зелёные лучи, а сам график чувствительности похож на колокол (см. рисунок о003.02). Всё, что находится вне этого колокола, человек не увидит, какова не была бы мощность сигнала. Здесь возникает ситуация, что «проще погибнуть под лучом, чем увидеть его».

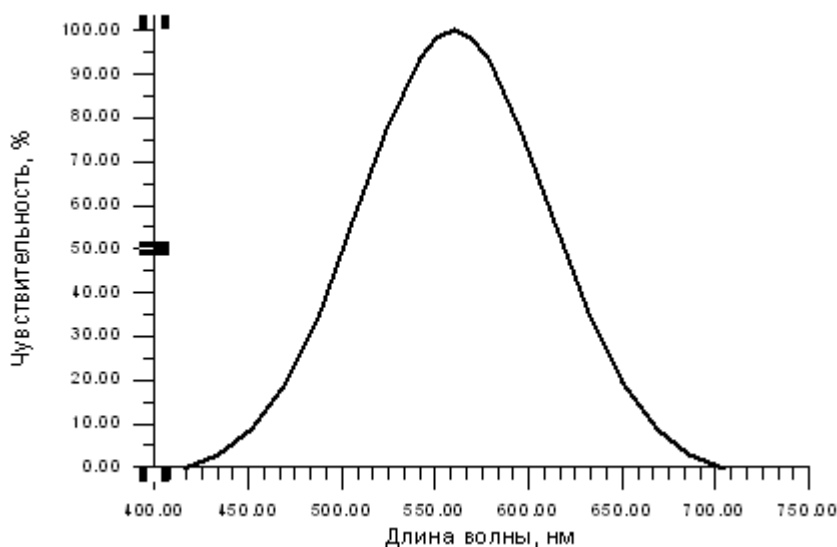


Рис. о003.02. Чувствительность глаза к цвету.

Такая величина, как «свеча» (кандела), позволяет привязать световые волны разной мощности и частоты колебаний к «одному значению», учитывающему чувствительность глаза к свету.

о003.07. Тональные искажения

при различии сенсиметрических кривых

В данном разделе автор сделает отступление «физиологической направленности».

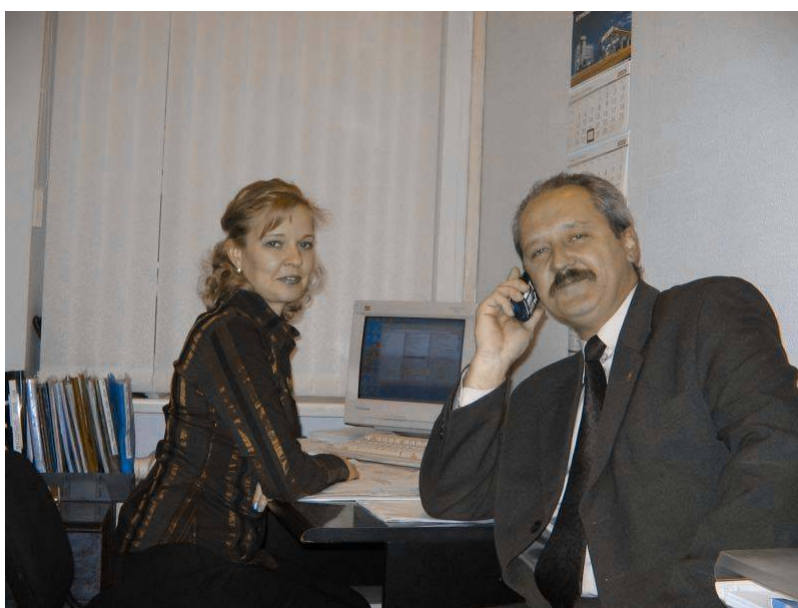
На самом деле, человеческий глаз — это не очень совершенный оптический прибор, хуже которого могут быть лишь глаза мухи. Глаз создаёт на сетчатке изображение, неровное по краям, и к тому же перевёрнутое «вверх ногами». И то изображение, которое мы воспринимаем зрением, является продуктом деятельности нашего мозга. За формирование зрения у хордовых животных (к которым относится и человек) отвечают сразу три раздела головного мозга, занимающие у разных животных от 10 до 50% его объёма. Для сравнения — центры речи занимают менее процента объёма мозга.

Именно поэтому мозг научился исправлять такие искажения в ощущении света, как дальтонизм (не различение цвета, полное или частичное), астигматизм, близорукость и дальнозоркость, и другие заболевания глаз. Мозг научился воспринимать неполную информацию, и может восстанавливать цвета, используя сочетание яркостей соседних участков изображения, проводить дополнительные линии и делать более резкими контуры, исходя из информации, выдаваемой глазом. Человеческий мозг оперирует такими параметрами, как цвет, яркость, тональность, линии, пропорции, и их комбинацией, поэтому может даже по не цветной фотографии «узнать» место фотографирования, и найти сходство рисунка и оригинала.

Но, как говорится в одной пошлой поговорке, «из какашки не сделаешь мяшки». Поэтому ограничения на ощущения оказывают влияние на восприятие. И различие в сенсиметрической чувствительности глаза обычного человека, глаза дальтоника и светочувствительного слоя киноплёнки показано на рисунках о003.03 и о003.04. На рисунке о003.05 представлен колокол чувствительности дальтоника и несенсибилизированной киноплёнки.



a)



b)

Рис. 0003.03. Вид одного и того же портрета. а) нормальное зрение; б) дальтоник.



a)



b)



c)

Рис. 0003.04. Обесцвеченный портрет. а) нормальное зрение; б) дальтоник; с) несенсибилизированная киноплёнка.

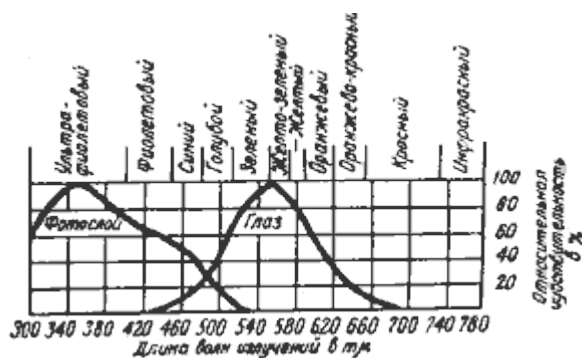


Рис. 0003.05. Колокол чувствительности: нормального человека и несенсибилизированной киноплёнки.

Как вы видите, все эти изображения различаются. Поэтому различия в спектральной чувствительности глаза и киноплёнки (или ПЗС матрицы) может привести к различным эффектам искажения восприятия. Смотрите также [1] и другую литературу по фотосъемке.

о003.08. Цветовая температура

Как уже говорилось в разделе о003.06, чувствительность глаза к световым волнам различной частоты неодинакова (см. рисунок о003.02 в разделе о003.06). Кроме этого, диапазон цветов, воспринимаемых глазом, также неоднороден. На рисунке о003.06 показан сенсиметрический диапазон цветов, воспринимаемый человеческим мозгом.

Рис. о003.06. Диапазон цветов, воспринимаемых мозгом.

Как видно на этом рисунке, восприятие цвета неодинаково. Да, глаз лучше всего чувствует зелёный цвет. Но именно в этом цвете глаз видит меньше всего оттенков. В то время как красно-жёлтые и сине-фиолетовые оттенки глаз различает намного лучше. При этом на рисунке видно, что белый цвет имеет большую протяжённость на этой диаграмме цветов.

Теперь посмотрим на рисунок о003.07.

Рис. о003.07. Диапазон цветов со спектральным составом излучения абсолютно чёрного тела.

На нём кривой чёрного цвета показан «видимый цвет» излучения абсолютно чёрного тела, как его ощущает человеческий глаз и воспринимает человеческий мозг. По этой диаграмме видно, что абсолютно чёрное тело излучает белый цвет в диапазоне температур примерно от 2000 до 5000 градусов Кельвина. При этом тренированный глаз может воспринимать и различать цветовые оттенки белого цвета (от слабо жёлтого до слабо фиолетового оттенка). Этот оттенок обуславливается спектром излучения абсолютно чёрного тела, и называется «цветовой температурой».

Цветовая температура имеет принципиальное значение при настройке осветительных приборов и подборе светочувствительных материалов (и матриц), и при обработке (цветовой коррекции) фотографий. Запомните правило: чем выше цветовая температура, тем более «холодной» будет цветовая гамма изображения, при той же тональной композиции. Поэтому изменение цветовой температуры может намного изменить «настроение фотографий».

о003.09. Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бунимович Д.З. В помощь фотолюбителю. Изд. 2-е, — Минск, «Беларусь», 1964. — 359 с: ил.
2. Панфилов Н.Д. Начинающему кинолюбителю Изд. 2-е, исправленное и дополненное — М., «Искусство», 1969. — 160 с: ил.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике (для инженеров и учащихся ВТУЗОВ). Издание седьмое, стереотипное //М.: Государственное издательство Технико-Теоретической литературы, 1957. — 608 с., ил.