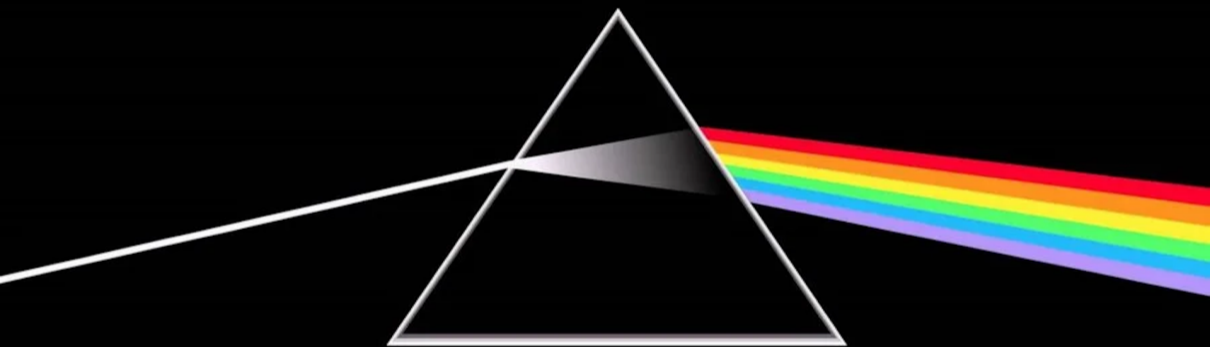
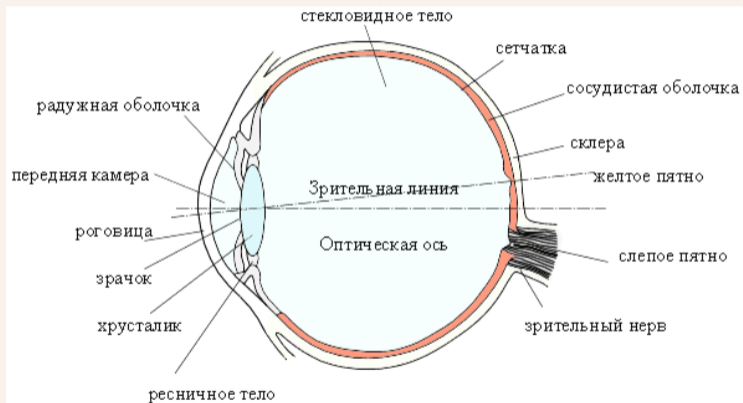


Оптика гаджетов



Глаз, очки и контактные линзы

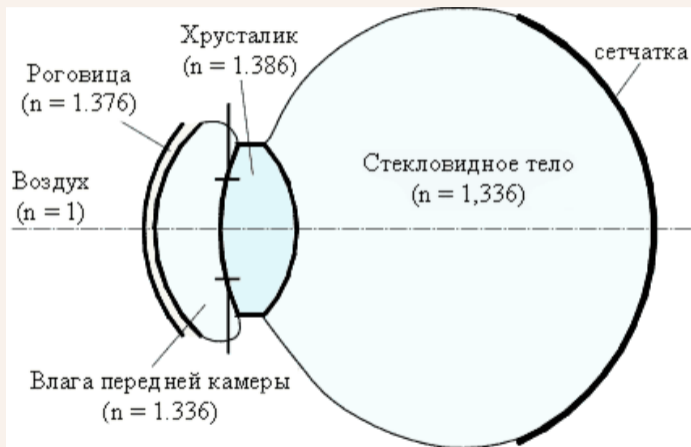
Строение глаза



Оптическая сила:
59–70 дптр.

ИТМО

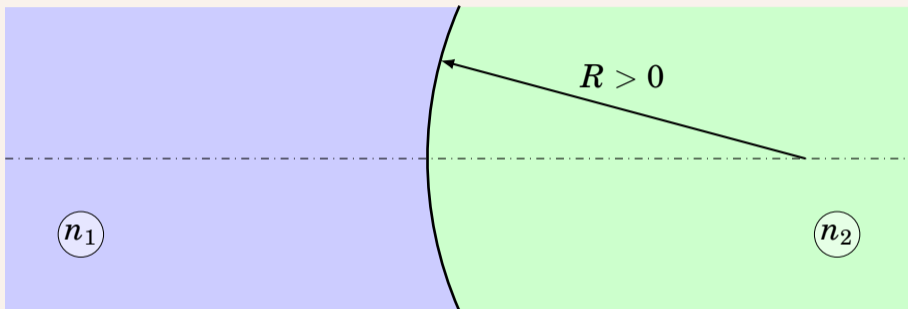
Строение глаза



Оптическая сила:
59–70 дптр.
1: 48,8 дптр
2: –5,9 дптр
3: 5,0–9,4 дптр
4: 8,3–9,4 дптр

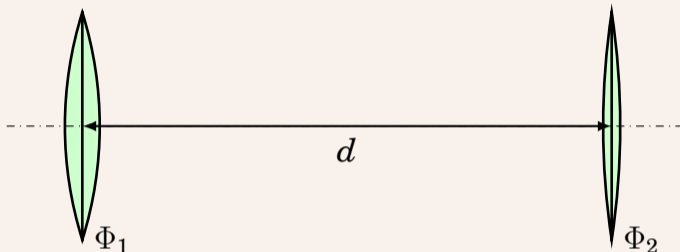
ИТМО

Оптическая сила поверхности



$$\Phi = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Оптическая сила системы

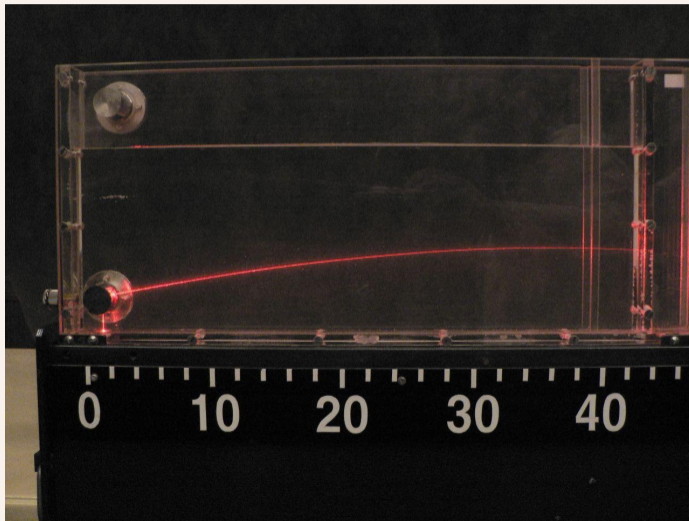


$$D = D_1 + D_2 - dD_1D_2.$$

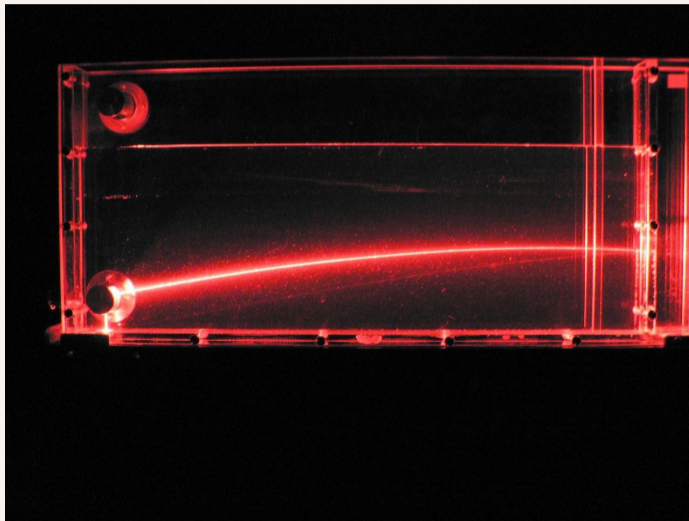
Для линз, сложенных вплотную друг к другу, $d = 0$ и

$$D = D_1 + D_1.$$

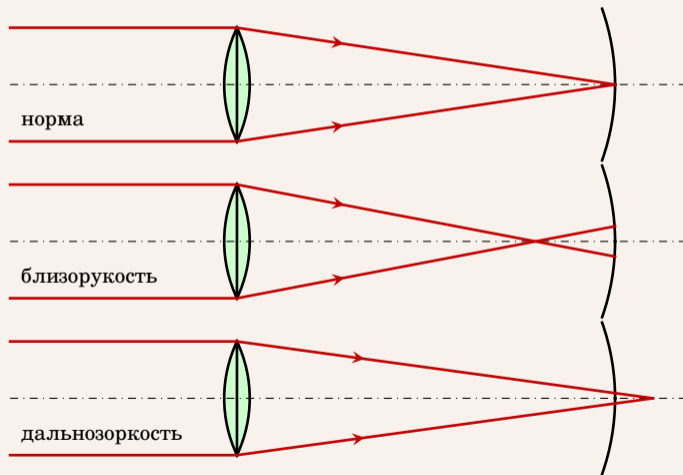
Преломление в неоднородной среде



Преломление в неоднородной среде



Дефекты зрения: близорукость, дальность

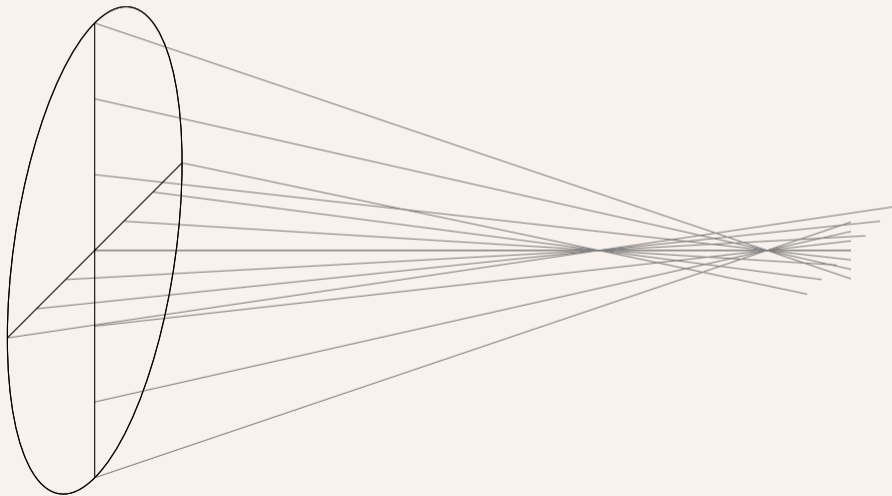


Дефекты зрения: как мы видим

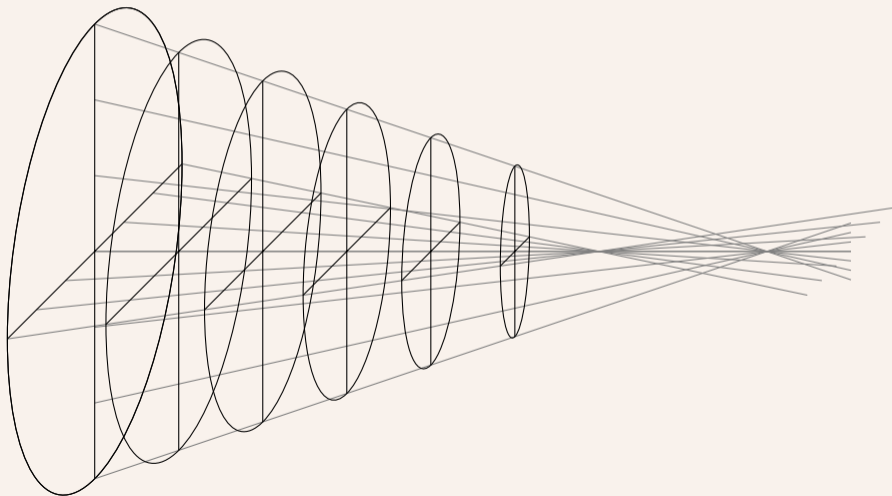


Philip Barlow

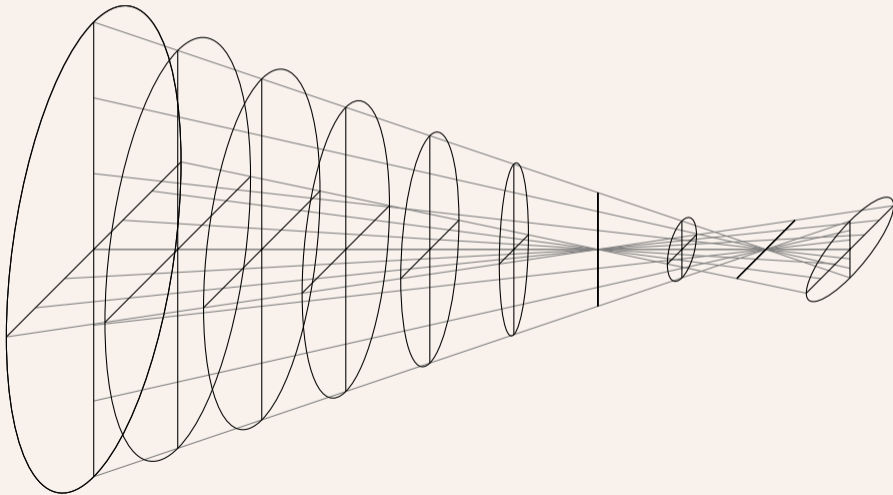
Дефекты зрения: астигматизм



Дефекты зрения: астигматизм



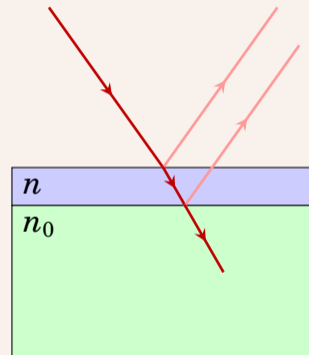
Дефекты зрения: астигматизм



Просветляющие покрытия

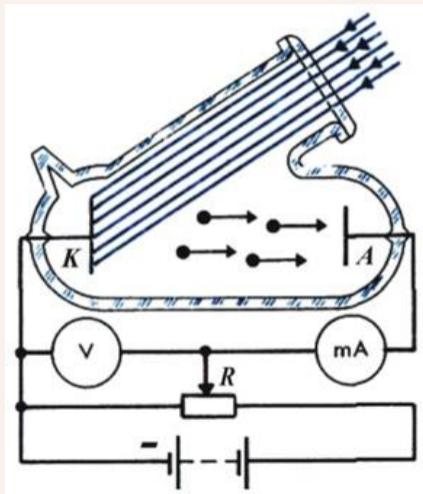


Виктор 'DARTVENOM' Гарелес

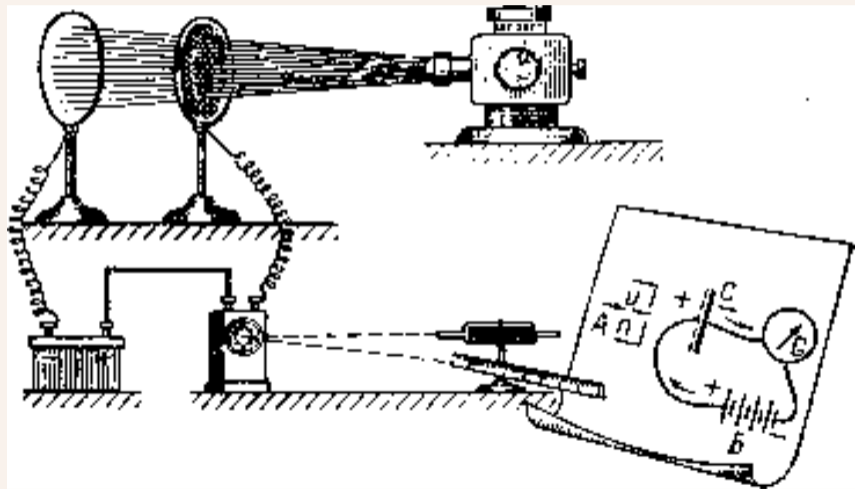


Почему RGB?

Фотоэффект



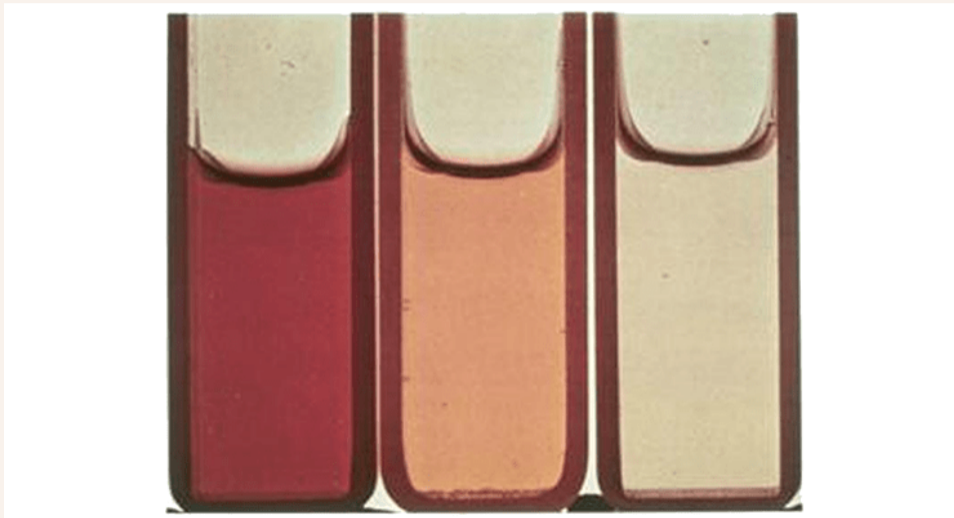
Фотоэффект



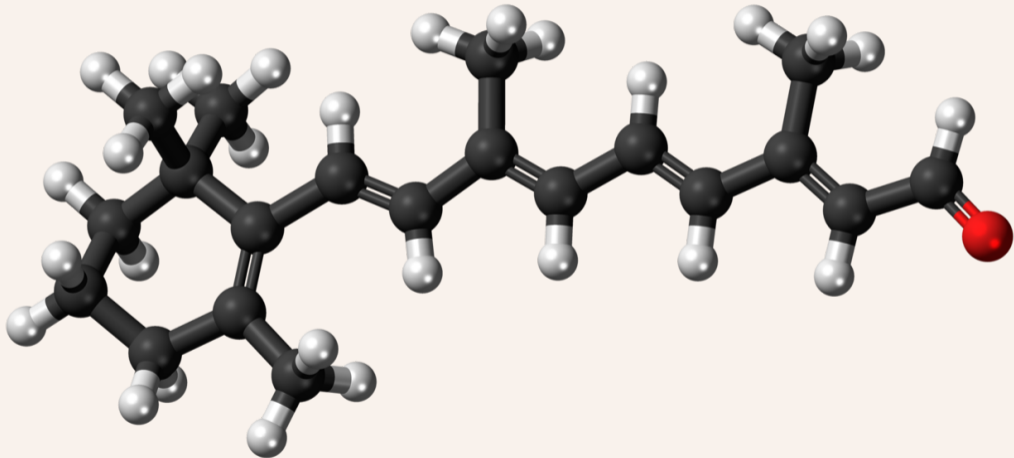
Фотоэффekt



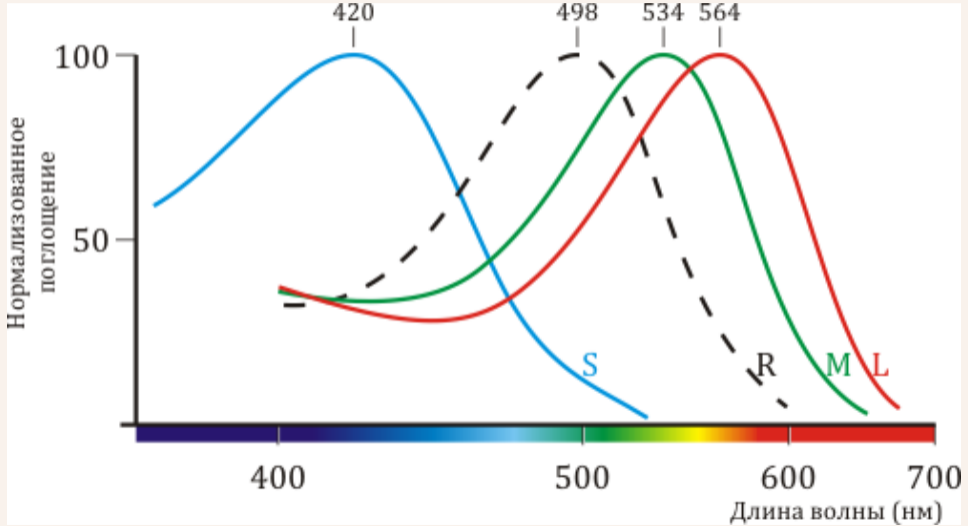
Родопсин



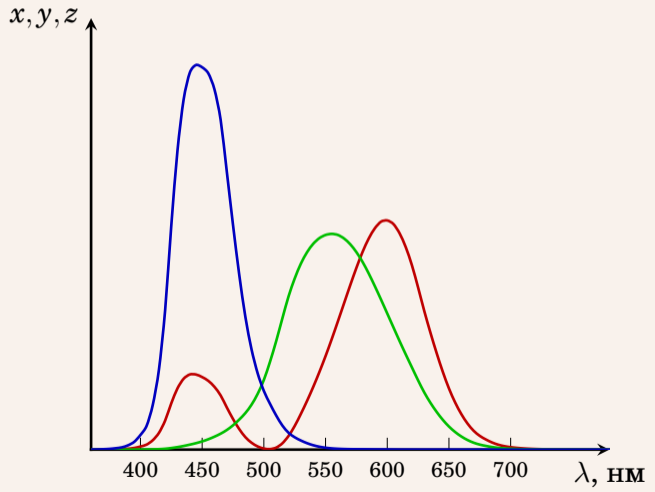
Ретиналь



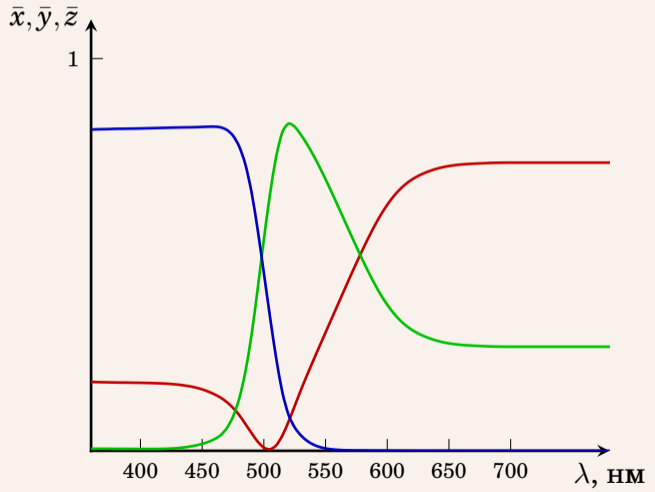
Чувствительность родопсинов сетчатки



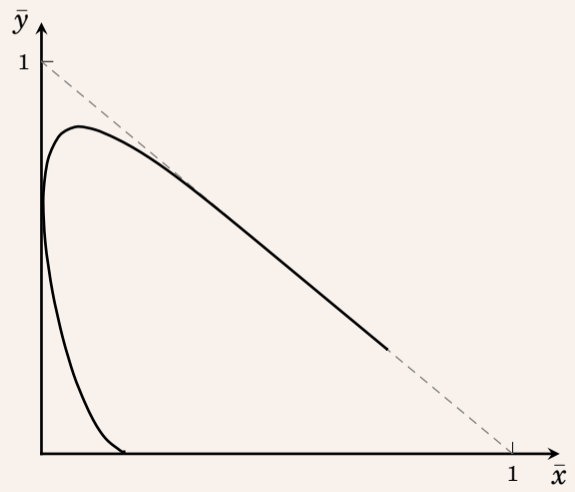
Кривые чувствительности $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$



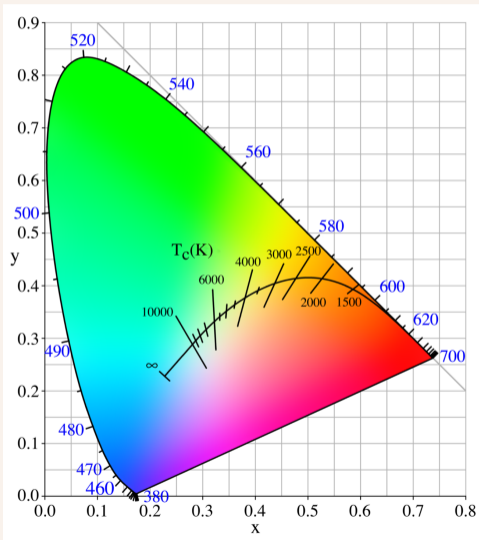
Кривые чувствительности $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$



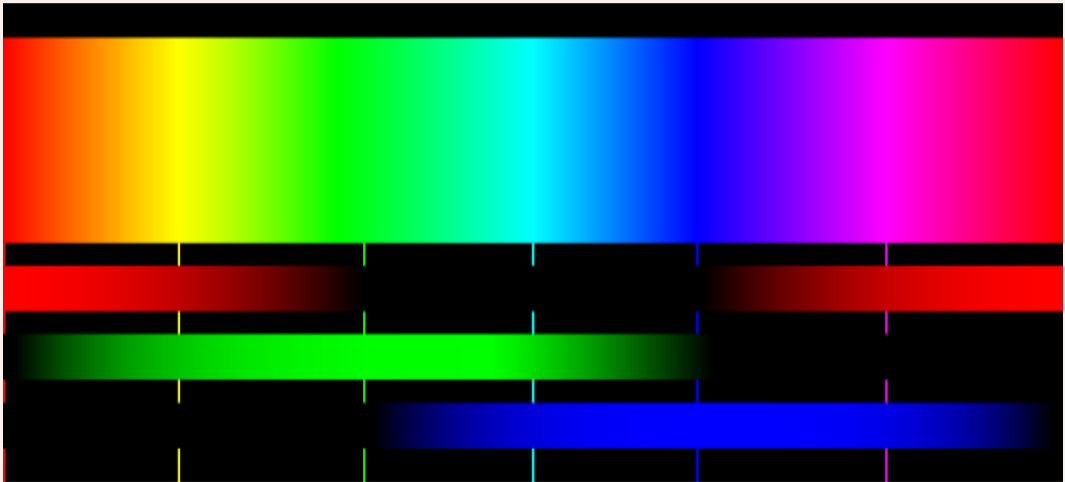
Спектральный локус $\bar{y}(\bar{x})$



Цветовое пространство XY



Спектр и зрительные стимулы



Законы Грассмана (Hermann Günter Grassmann, 1809–1877), 1853 г.:

1. Любой цвет получается смешением трёх базисных цветов:

$$\mathbf{C} = R [\mathbf{R}_0] + G [\mathbf{G}_0] + B [\mathbf{B}_0].$$

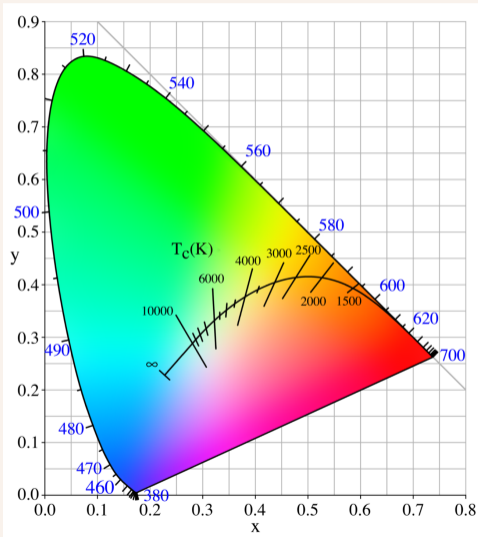
2. При непрерывном изменении спектрального состава излучения его цвет изменяется непрерывно.

3. Цвет смеси излучений зависит от цветов компонентов:

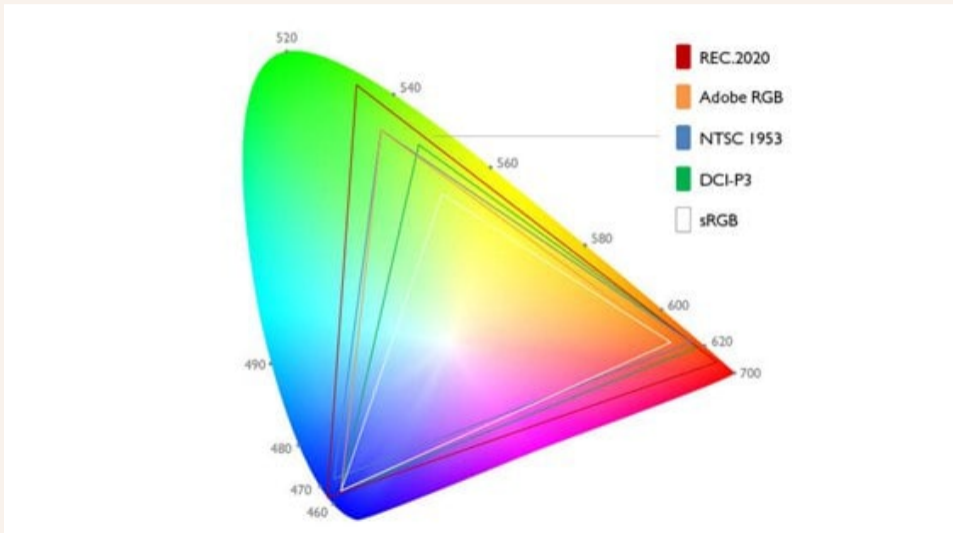
$$[\mathbf{C}_1] + [\mathbf{C}_2] = (R_1 + R_2)[\mathbf{R}_0] + (G_1 + G_2)[\mathbf{G}_0] + (B_1 + B_2)[\mathbf{B}_0].$$

Цвет — трёхмерная векторная величина.

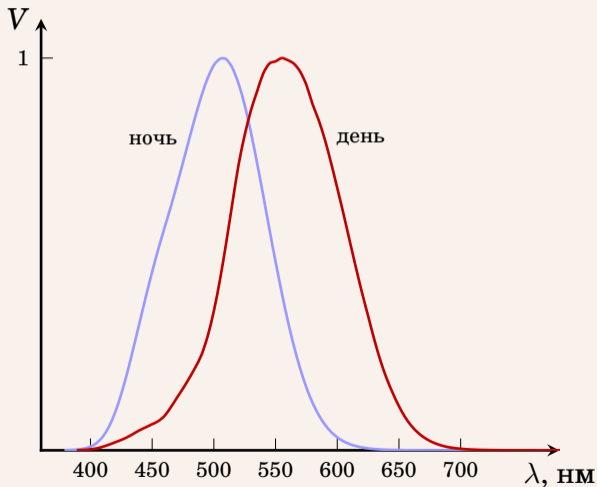
Цветовое пространство XY



RGB-базис



Кривая видности



Энергетические и световые величины



Энергетические величины характеризуют излучение через его энергию, мощность и т.п.

Световые величины — через восприятие человеком.

Связующее звено — кандела.

1 кандела — сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.

Спектральная световая эффективность излучения на частоте $540 \cdot 10^{12}$ Гц (555 нм): 683 лм/Вт = 683 кд·ср/Вт (*точно*).

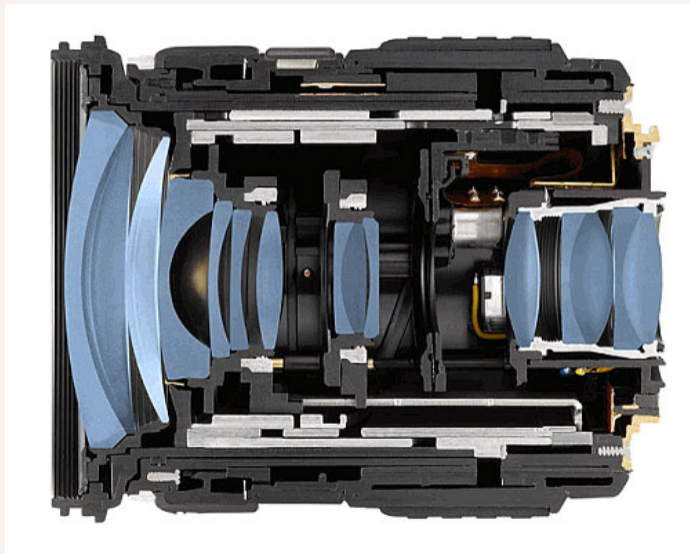
Энергетические и световые величины



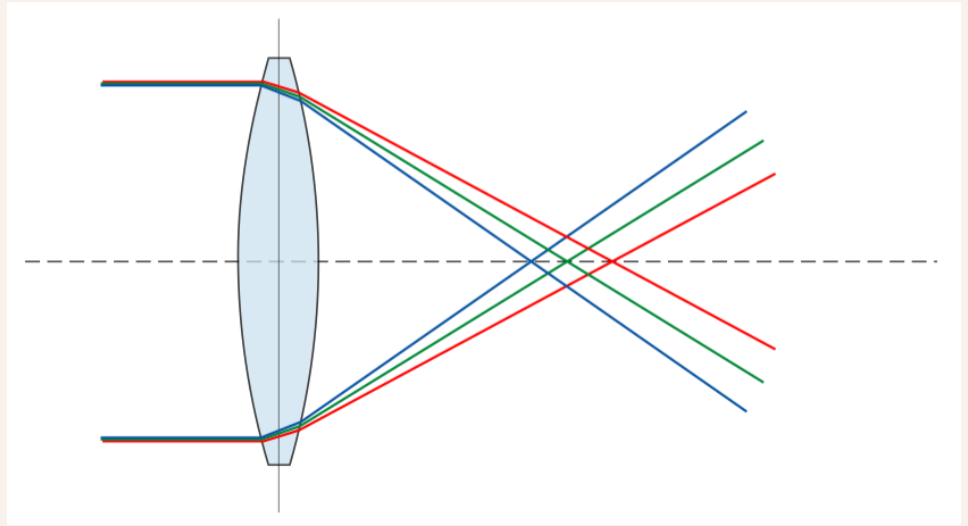
	Энергетическая	Ед.	Световая	Ед.
Φ	Поток излучения	Вт	Световой поток	лм
$\frac{d\Phi}{d\Omega}$	Сила излучения	Вт/ср	Сила света	кд
$\frac{d\Phi}{dS_{\text{ист}}}$	Энерг. светимость	Вт/м ²	Светимость	лм/м ²
$\frac{d\Phi}{dS_{\text{пов}}}$	Облучённость	Вт/м ²	Освещённость	лк
	Энерг. яркость	Вт/(м ² ·ср)	Яркость	кд/м ²

Фотокамера

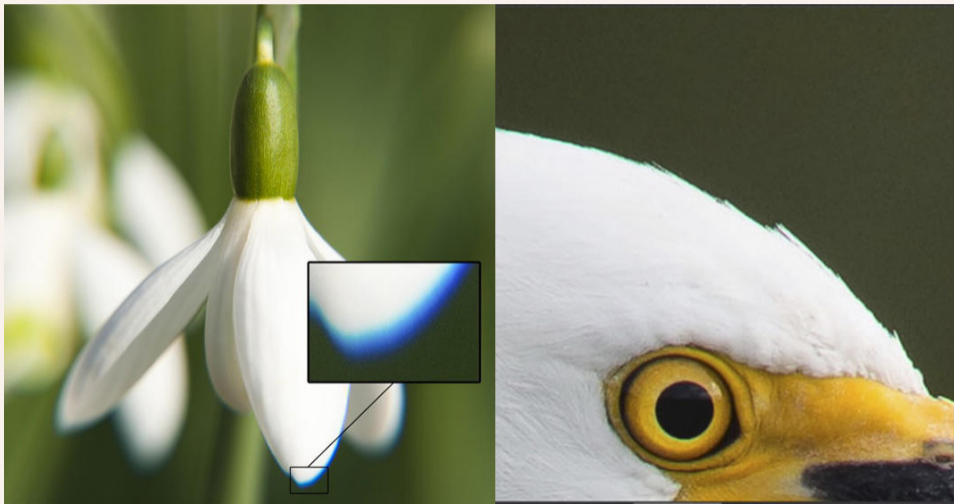
Получение изображения



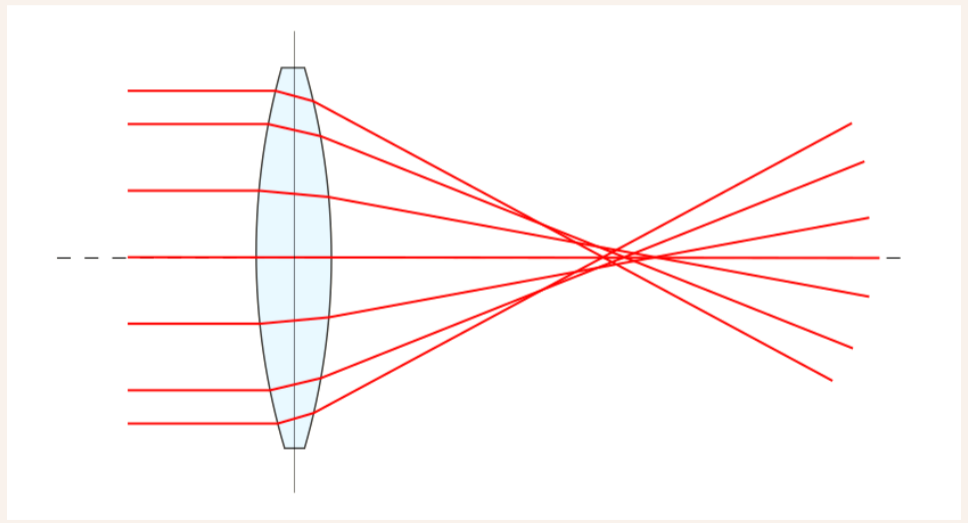
Аберрации изображения: хроматическая аберрация



Аберрации изображения: хроматическая аберрация



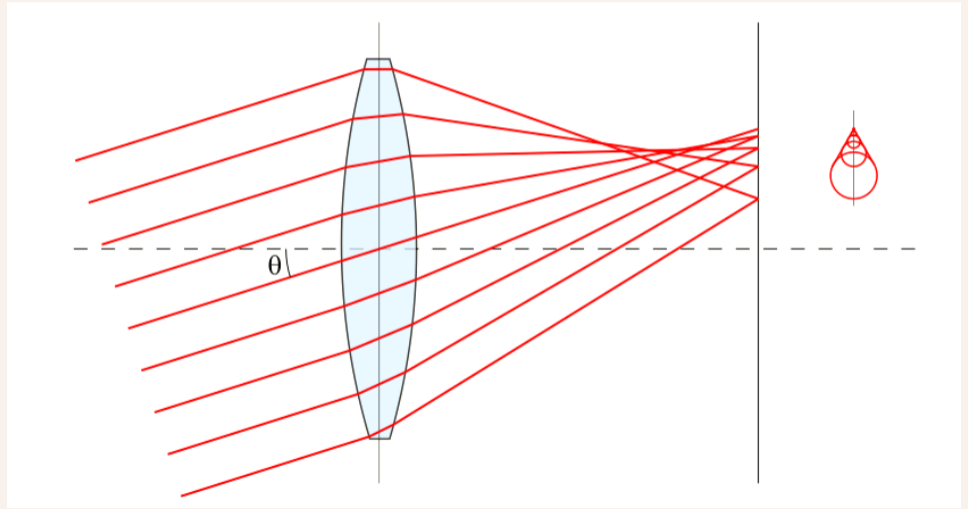
Аберрации изображения: сферическая аберрация



Аберрации изображения: сферическая аберрация



Аберрации изображения: кома



Аберрации изображения: кома



Глубина резкости



Глубина резкости



Глубина резкости



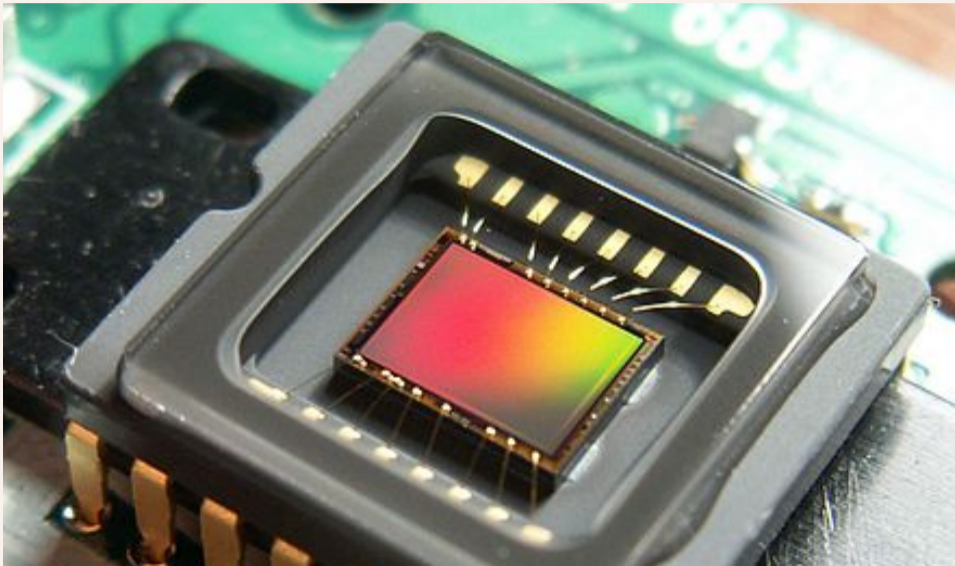
Глубина резкости



Глубина резкости



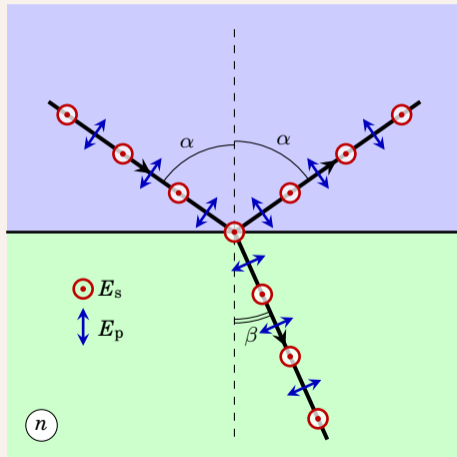
ПЗС-матрица



Угол Брюстера



Формулы Френеля

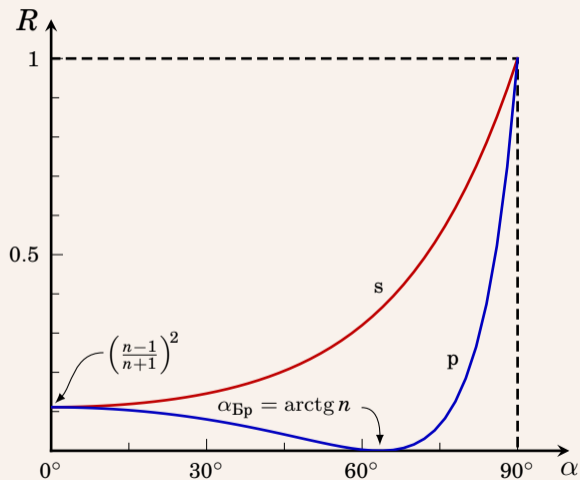


При падении света на границу «воздух–диэлектрик» происходит преломление:

$$\sin \alpha = n \sin \beta.$$

При этом часть энергии отражается.
Но разные поляризации ведут себя по-разному.

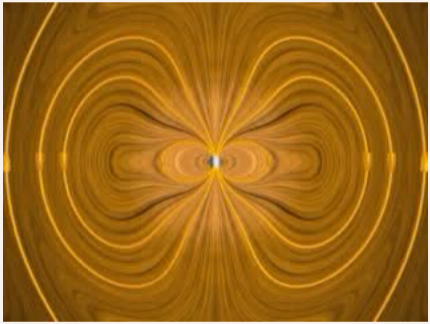
Формулы Френеля



$$R_s = \left(\frac{\cos \alpha - n \cos \beta}{\cos \alpha + n \cos \beta} \right)^2,$$

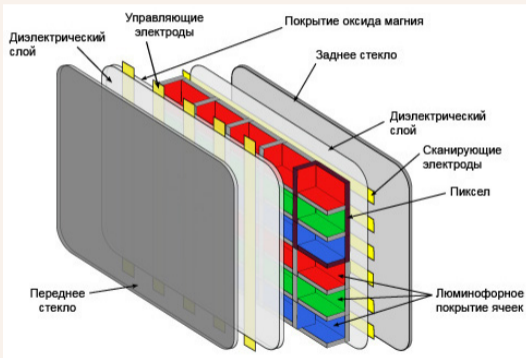
$$R_p = \left(\frac{n \cos \alpha - \cos \beta}{n \cos \alpha + \cos \beta} \right)^2.$$

Излучение диполя



Экраны, дисплеи, телевизоры, проекторы. И указки

Плазменные панели



Субпиксел: $200 \times 200 \times 100$ мкм.

Передний электрод:

$(\text{In}_2\text{O}_3)_{0,9}-(\text{SnO}_2)_{0,1}$, прозрачен.

Ячейки: Ne или Xe + Hg.

Люминофоры:

R: $(\text{Y,Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}$, $\text{YBO}_3:\text{Eu}$,

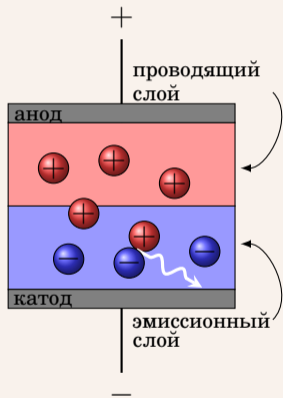
$\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$.

G: $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$, $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}$,

$\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}$.

B: $(\text{Y,Gd})(\text{V,P})\text{O}_4$, $\text{BaMgAl}_{14}\text{O}_{23}:\text{Eu}$.

OLED (Organic Light-Emitting Diode)



Органические светодиоды — светодиоды из органических полупроводников. [®]

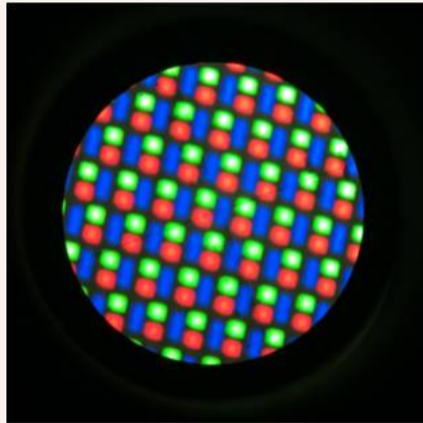
Обычно это тонкоплёночные многослойные структуры, состоящие из слоев нескольких полимеров.

Анод: $(\text{In}_2\text{O}_3)_{0,9}-(\text{SnO}_2)_{0,1}$, прозрачен, высокая работа выхода. [®]

Катод: Al, Ca, низкая работа выхода.

Рекомбинация происходит в эмиссионной зоне (подвижность дырок выше).

OLED (Organic Light-Emitting Diode)

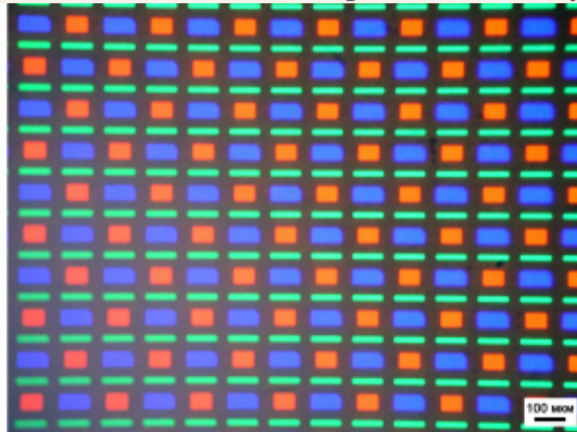


www.oled-info.com

AMOLED (Active Matrix Organic Light-Emitting Diode)



AMOLED = OLED + активная матрица TFT для управления.



QLED (Quantun dot Light-Emitting Diode)



Квантовые точки ^W — малые фрагменты проводника или полупроводника (например InGaAs, CdSe, CdS или GaInP/InP), ограниченные по трём измерениям, чтобы квантовые эффекты доминировали над остальными, включая тепловые.

Уровни энергии этой системы зависят от её размеров: $E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2 n^2}{2m_{e\text{эф}} d^2}$.

Светятся, когда подвергаются воздействию тока или света.

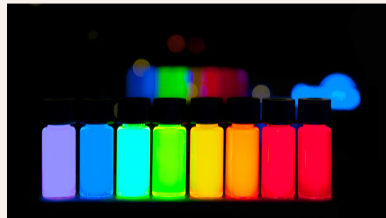
(+) Область поглощения широкая, флуоресценции — узкая (25–40 нм).

Хороший цветовой охват.

Размеры для R/G/B — 6 нм/3 нм/2 нм.

Субпиксел 50 мкм × 10 мкм.

(–) Нет чёрного, плохой контраст.



Лазерная указка: laser pointer



В 1980–90 гг. в качестве лазерных указок использовались маломощные He–Ne лазеры.

Первые компактные — полупроводниковые красные.

Зеленые твердотельные лазерные указки появились в 2002 г.

Мощность может достигать нескольких ватт.

Самые мощные указки — диодные синие.

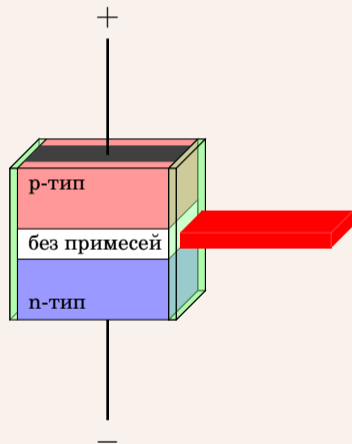
Лазерная указка: laser pointer



Длины волн излучения лазерных указок и модулей, нм

Диодные лазеры		Твердотельные лазеры	
Красный	650–660	Красный	671
Красно-оранжевый	635	Жёлтый	593,5
Зелёный	510–530	Зелёный	532
Синий	445	Бирюзовый	473
Фиолетовый	405		

Лазерная указка: laser pointer



Основан на структурах GaAsP/GaP.

Красный лазерный диод без

фокусировки даёт почти прямоугольный

в сечении пучок, расходящийся под

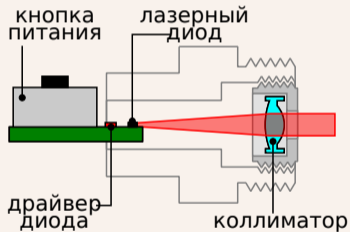
углом порядка $30^\circ \times 10^\circ$.

Поляризация излучения, как правило,
линейна и перпендикулярна длинному
измерению пучка.

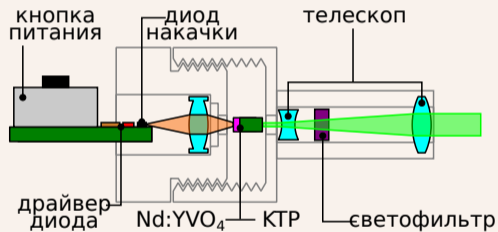
Лазерная указка: laser pointer



Устройство лазерных указок различных типов



Диодный лазер
(diode laser, laser diode)



Твердотельный лазер
(DPSS, Diode Pumped Solid State)

Лазерная указка: laser pointer

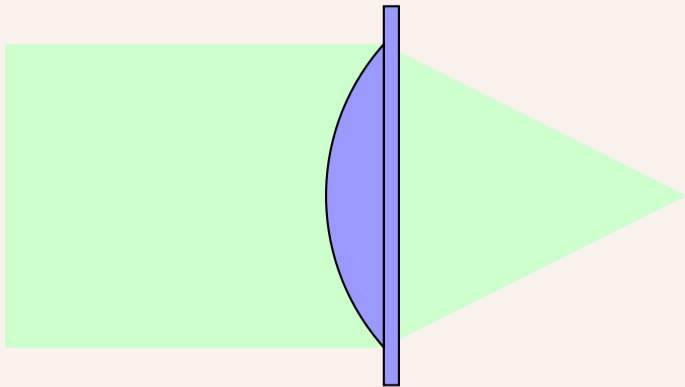


Зелёное излучение твердотельного лазера — это вторая гармоника (532 нм), генерируемая в нелинейном кристалле титанилфосфата калия (КТР) ИК-излучением (1064 нм) ванадата иттрия, легированного неодимом (Nd:YVO_4) при накачке ИК-диодом (808 нм).

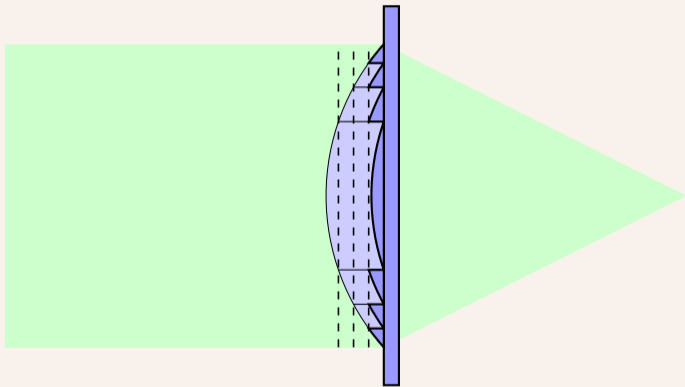
Активная среда и кристалл склеены вместе, резонатор лазера образован зеркалами на их наружных торцах: первое пропускает излучение накачки, второе — вторую гармонику, оба хорошо отражают излучение с длиной волны 1064 нм.

Пучок в сечении круглый, без выходной линзы расходится под углом примерно 5° . Нужен фильтр, не пропускающий ИК-излучение: при его отсутствии указка может быть опасна для глаз на расстоянии до нескольких десятков метров!

Линза Френеля



Линза Френеля



Линза Френеля

