

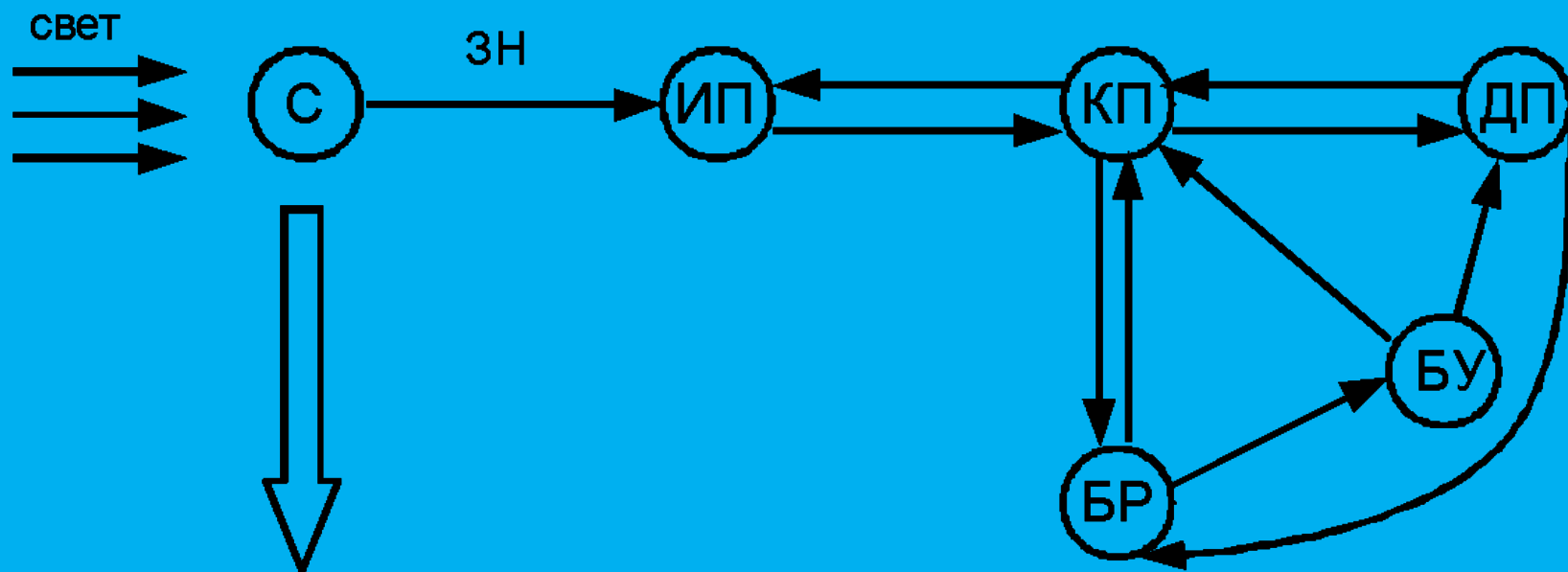
# ФУНКЦИИ ЗРЕНИЯ

## Стационарные

- спектральная эффективность  $V(\lambda)$
- абсолютная световая чувствительность
- контрастная чувствительность
- остротная чувствительность (острота зрения)

## Нестационарные

- адаптация к изменившимся условиям
- инерция
- индукция



С — сетчатка  
 ЗН — зрительный нерв  
 ИП — иконическая память  
 КП — кратковременная память

ДП — долговременная память  
 БР — блок распознавания  
 БУ — блок управления

# Модель зрительного восприятия (по Аткинсу - Шифрину)

Свет, переработанный сетчаткой глаза, поступает в виде сенсорной (чувственной) информации в блок иконической памяти в виде ощущения (икона - образ). Комбинация сигналов, еще не обработанная мозгом, может запомниться в КП – блоке кратковременной памяти, где хранится не самая важная информация, которая скоро будет не нужна. Распознавание объекта,

отображенного на сетчатке, осуществляется на основании работы блока БР при сравнении информации, получаемой из ИП, с признаками, хранящимися в КП и ДП.

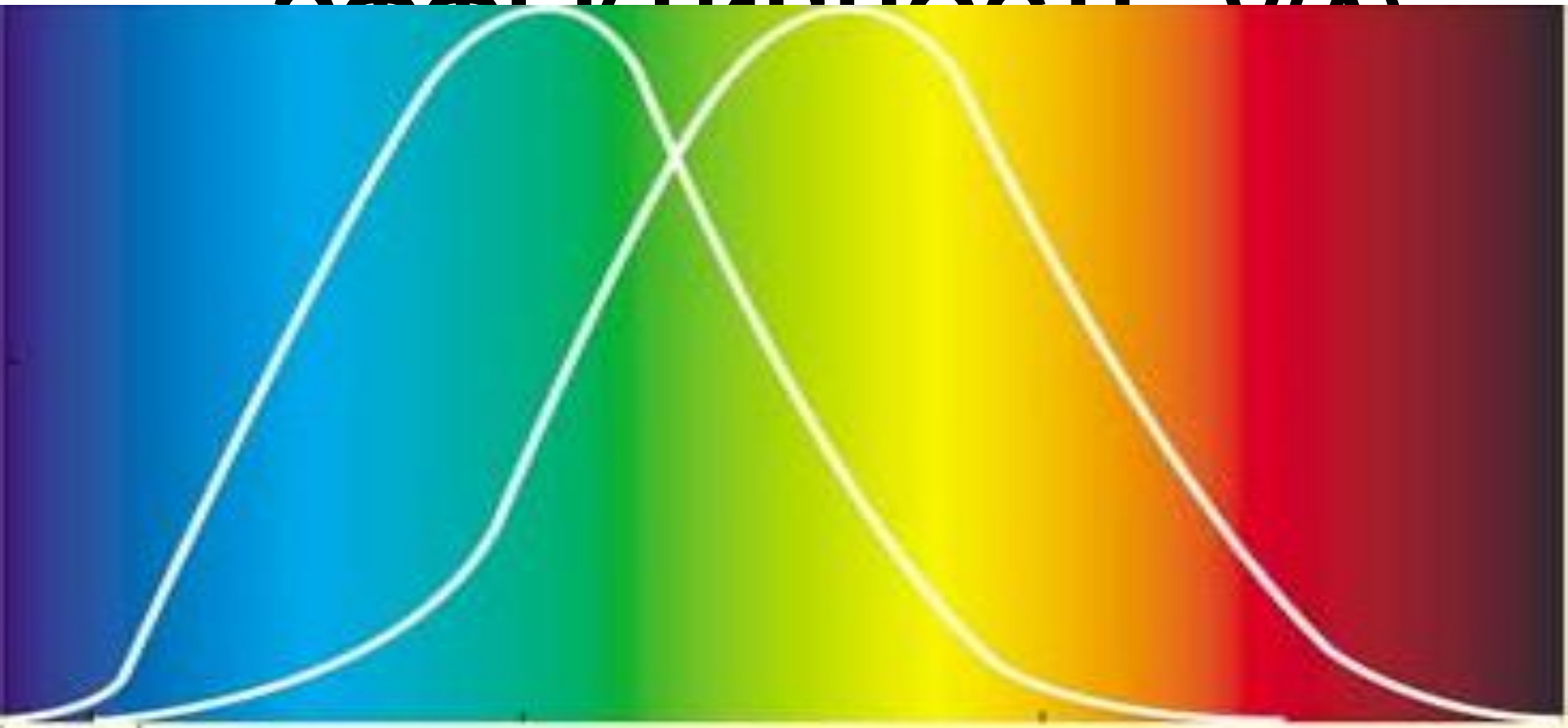
БУ «руководит» деятельностью КП, ДП, БР. В конце концов, именно блок БР принимает решение и делает вывод, какой именно образ зафиксирован глазом. В образе, который человек внутренне изучает, воспроизведены некоторые характерные признаки изображаемого объекта, так чтобы был понятен смысл. Человек способен по этим признакам восстановить целиком образ, опираясь на КП и ДП, т.к. там хранятся черты, параметры уже встречавшихся образов и сами образы.

# ФУНКЦИИ ЗРЕНИЯ

**Относительная спектральная  
световая эффективность  
(спектральная чувствительность  
глаза)**

# ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ СВЕТОВАЯ

ЭФФЕКТИВНОСТИ  $\eta_{\lambda}$



# Основные понятия

Спектральная эффективность

$V(\lambda)$  – относительная спектральная световая  
эффективность глаза среднего  
фотометрического наблюдателя МКО  
1931 г. к монохроматическому излучению  
(с заданной вероятностью; дневное зрение).

*Порог* – впервые заметное отличие одной величины от другой (с заданной вероятностью).

# $V(\lambda)$ МКО 1924 год

Спектральная эффективность – для дневного зрения взяты  
Для получения  $V(\lambda)$  – для дневного зрения взяты  
усреднённые результаты исследований:

**Кобленц, Эмерсон** 1918 год

**Хейд, Форсайт, Кэди** 1918 год

- Метод мелькающего фотометра
- 125 наблюдателей
- $L=13,5$  кд/м<sup>2</sup>  $\alpha=2^\circ$

**Джибсон, Тиндаль** 1925 год

- Метод малых ступеней
- 29 наблюдателей
- $L$  от 130 кд/м<sup>2</sup> до 2-3 кд/м<sup>2</sup>

**Карташевская** 1952 год

- Метод малых ступеней
- 52 наблюдателя
- $L$  от 130 кд/м<sup>2</sup> до 2-3 кд/м<sup>2</sup>

# $V'(\lambda)$ 1951 год , $V_{10}(\lambda)$ 1964 год

Спектральная эффективность

Для получения  $v'(\lambda)$  – для ночного зрения взяты усреднённые результаты исследований:

**Уивер** 1949 год

**Вальтер, Райт** 1969 год

Для получения  $v_{10}(\lambda)$  – для наблюдателя с полем зрения  $10^\circ$  взяты усреднённые результаты исследований:

**Стайлс, Бёрч** 1952 год

**Сперанская** 1952 год



# Методы получения функции

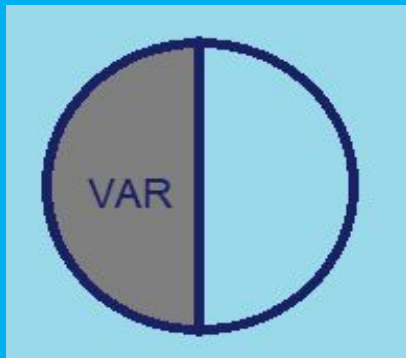
Спектральная эффективность

$V(\lambda)$

- Метод постоянного поля сравнения
  - Метод малых ступеней
  - Метод мелькающего фотометра

# Метод пороговых приращений

Ноль – индикатор



Оценка среднего квадратического отклонения  $\sim$  порогу/ам

- Классический порог устанавливается по изменению яркости одного из одинаковых полей, пока впервые не будет выявлена разница полей.
- Порог чаще всего определяется способом уравнивания: изменение яркости одной половины поля до установления равенства.
- Глаз, как приемник, является хорошим ноль – индикатором, т.е. может хорошо отличать разные или устанавливать одинаковые яркости (светлоты) полей.
- Обратную величину порогового значения принимаем <sup>10</sup> за чувствительности

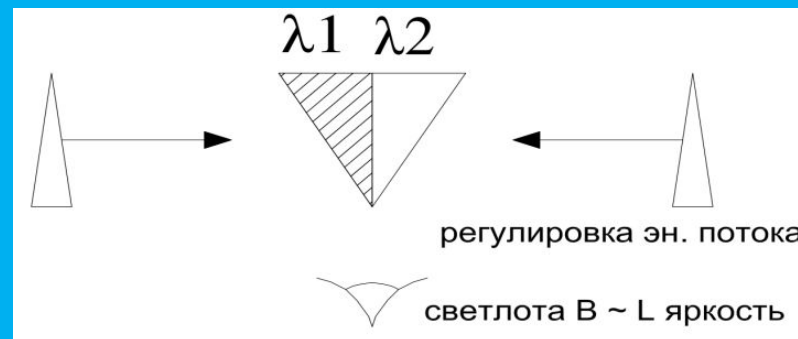
# Метод постоянного поля сравнения – является исторически первым методом

- Задача всех методов определить соотношения энергетических потоков (см. следующий слайд). Этот метод не входит в окончательные эксперименты, так как, например, желто-зеленое поле приходится сравнивать с полем разных цветов (от фиолетового до красного). Из-за этого глаз уже не может работать как хороший ноль – индикатор => большая погрешность. В частности,  $\Delta L_{пор}$  быстро возрастает потому, что при уравнивании яркости (светлоты) в этом методе у полей сравнения разная

# Метод постоянного поля сравнения

Спектральная эффективность

**Суть метода:** сравнение двух полей, одно из которых постоянно по светлоте, а другое **меняется**



**Недостатки:** тяжело сравнивать светлоты полей сравнения разных цветностей, что влечет за собой рост погрешности при удалении, например, от  $\lambda_{max}$ .

# Метод малых ступеней

**Уравнивание по светлоте в этом методе.**

Смотрим какие необходимы энергетические потоки для уравнивания светлоты и принимаем отрегулированное поле за образцовое. При каждой новой серии мы изменяем новое образцовое поле (эталон). Шаг изменения по  $\lambda$  - малый, примерно 1нм. Каждый раз систематическая погрешность образцового поля будет увеличиваться, так как в него все время входят предыдущие погрешности.

# Метод малых ступеней

Спектральная эффективность

*Суть метода:* в каждом новом измерении меняем эталон: сначала сравниваем  $\lambda_1$  (эталон) с  $\lambda_2$ ; затем меняем  $\lambda_1$  на  $\lambda_3$ ,  $\lambda_2$  – новый эталон, который мы сравниваем с  $\lambda_3$  и т.д.

*Недостатки:* каждый новый эталон определяется всё с большей и большей погрешностью.

# Метод мелькающего фотометра

Спектральная эффективность

*Суть метода:*

**f<sub>кр</sub>** – критическая частота мельканий – минимальная частота, при которой мелькания не воспринимаются глазом. Мелькания могут быть только по яркости или по цвету.

Для яркости **f<sub>кр</sub>(я) > f<sub>кр</sub>(ц)** для цвета.

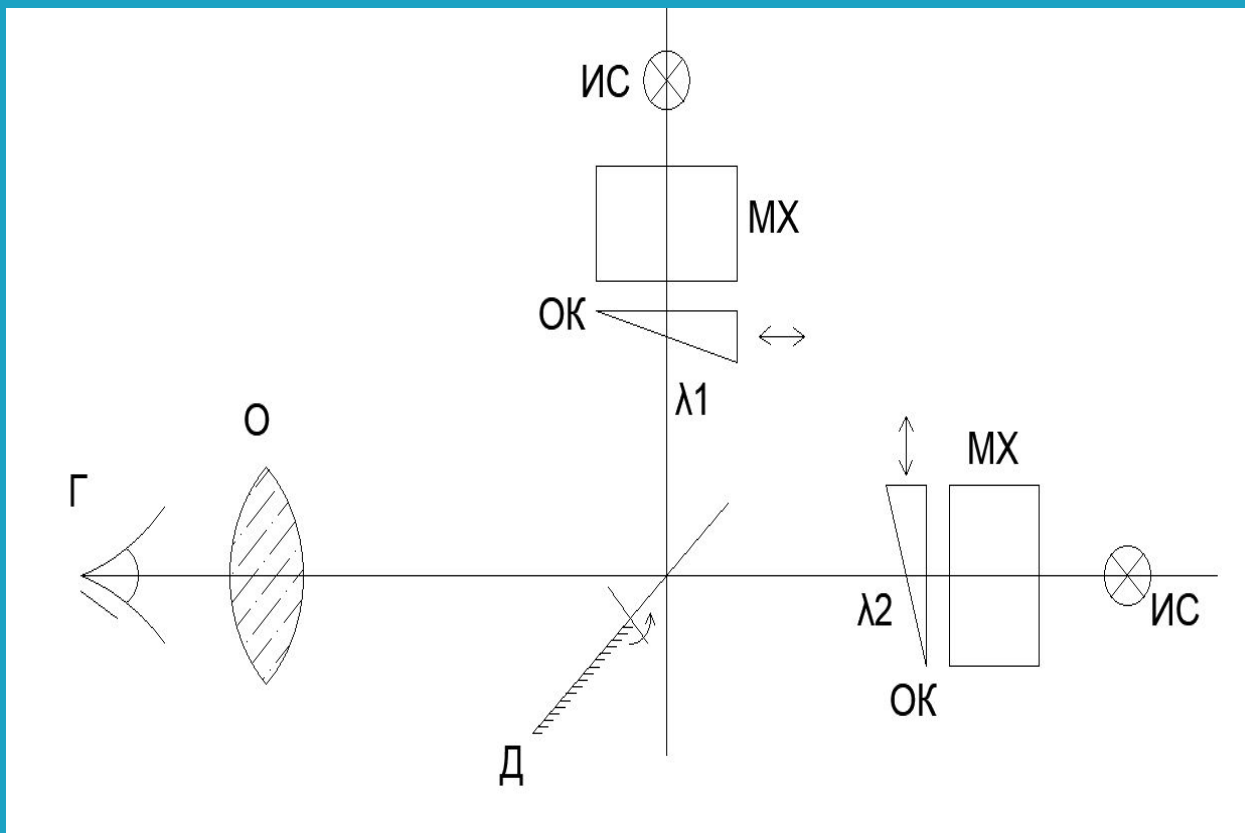
Наполовину зеркальный диск вращается таким образом, что в глаз попадает излучение то с одного источника, то с другого (см. два следующих слайдов). Если частота его вращения диска выбрана в диапазоне критических частот (см. неравенство выше), то излучения будут сливаться по цветности. Подбирая яркости одного или обоих источников, можно добиться одинаковых светлот (тогда мелькания будут не видны).

***Недостатки:*** искусственность ситуации (колбочки работают не в тех условиях, что в методе постоянного поля сравнения).

# Метод мелькающего фотометра

- Представьте, что у нас есть возможность посылать в глаз по очереди одно из полей. Мы можем вращать диск со скоростью большей критической частоты мелькания (минимальная частота, при которой человек ещё не воспринимает мелькания).  $f_{кр}$  зависит от яркости и углового размера объекта,  $f_{кр} \approx 40-45$  Гц . Человек не видит этих мельканий, он видит постоянное «среднее» поле. Недостаток метода в том, что при таком эксперименте происходит, так называемый, «обман» колбочек. Объяснение далее.





Наполовину зеркальный диск вращается так, что в глаз попадает излучение то с одного источника, то с другого.  $f_{кр}$  по цветности ниже, чем  $f_{кр}$  по яркости. Если выбрать частоту вращения диска между этими критическими частотами, наблюдателю не будут видны различия по цветности. А когда с помощью ОК, уравниваем поля по светлоте – мельканий не будет совсем. Однако колбочки в этом случае ведут себя иначе, чем когда освещаются постоянным цветным сигналом.

# Косвенные измерения

Определяют:  $V_1(\lambda_1)/V_2(\lambda_2) = \Delta L_{пор}(\lambda_2)/\Delta L_{пор}(\lambda_1)$

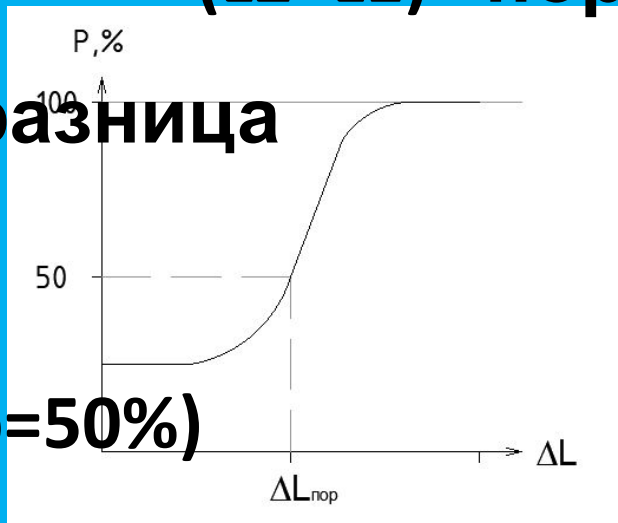
$$\Delta L_{пор}(\lambda) = (L_0 - L_{ф})_{пор}, \quad p = (L_2 - L_1)_{пор},$$

$p$

$(L_2 - L_1)_{пор, p}$  - впервые замеченная

разница

$p=50\%$



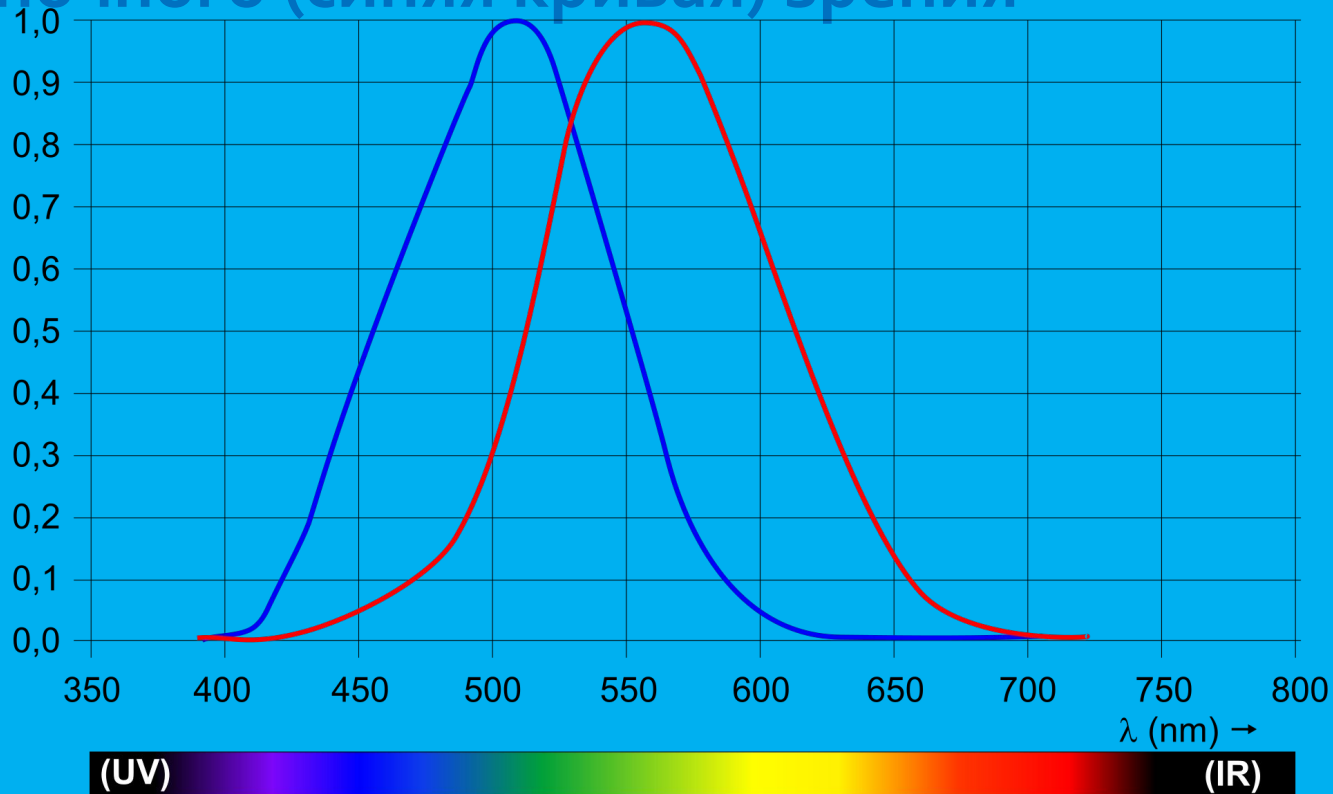
между яркостями (с

# $V'(\lambda)$ и $V(\lambda)$

Спектральная эффективность

Относительная спектральная световая  
эффективность

- для дневного (красная линия) зрения
- для ночного (синяя кривая) зрения



# Относительная спектральная световая эффективность

Спектральная эффективность

Для  $V'(\lambda)$  (палочки, ночное зрение):  $L_v \leq 0,01 \text{ кд/м}^2$

[планируется  $L_v \leq 0,001 \text{ кд/м}^2$ ]

Для  $V(\lambda)$  (колбочки, дневное зрение):  $L > 10 \text{ кд/м}^2$

[планируется  $L > 5 \text{ кд/м}^2$ ]

Сумеречное зрение ( палочки + колбочки):

$0,01 < L < 10 \text{ кд/м}^2$

[Последний –наиболее сложный вид зрения, так как работают и палочки и колбочки, а спектральная чувствительность глаза меняется с изменениями яркости адаптации]

# $V(\lambda)$ - расчетные

Спектральная эффективность

Удобные аппроксимации для грубых (оценочных) расчетов:

$$V_c = \frac{V(\lambda) + V'(\lambda)}{2} \quad \text{- для сумеречного зрения}$$

$$V'(\lambda) \approx e^{-346 \cdot (\lambda - 0.503)^2} \quad \text{- для ночного зрения}$$

$$V(\lambda) \approx e^{-275 \cdot (\lambda - 0.560)^2} \quad \text{- для дневного зрения}$$

Интересный факт: Роговица глаза Челювска так  
похожа на роговицу акулы, что последнюю  
используют в качестве заменителя при операциях  
на глазах.



Спасибо за внимание!