ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВЫ СВЕТОТЕХНИКИ.

Лучше невежество, чем ложные знания.

Никола Буало-Депрео

Мудрость начинается с определения терминов.

Сократ

«Если 20-й век прошел под знаком электрона, то сегодня мы стоим перед эпохой фотона»

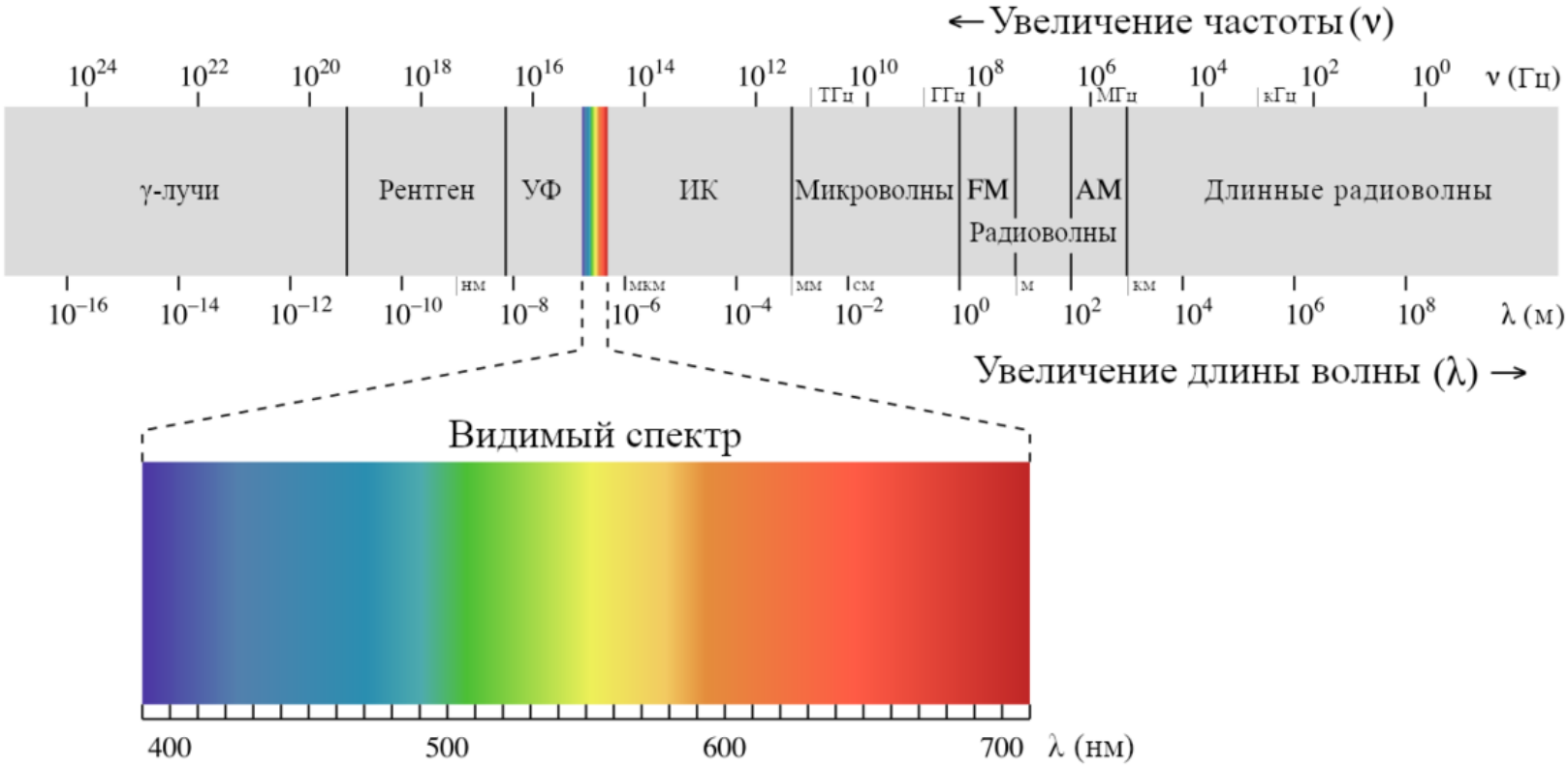
Новые технические возможности позволяют создавать принципиально новые условия жизненной среды человека.

Современное человеческое общество немыслимо без повсеместного использования света.

более 80% приходится на долю зрения

Однако для работы нашего органа зрения – глаза – необходимо наличие еще одного важнейшего фактора – **света**.

Оптическая область спектра делится на части:
ультрафиолетовую - 10 до 380 нм
видимую – 380 до 780 нм
инфракрасную – 780 до 1000·10³ нм



Инфракрасное излучение имеют фотоны с меньшей энергией, чем фотоны видимого и ультрафиолетового излучений. Характерным для излучения этого участка спектра является его тепловое действие и в значительно меньшей степени – фотоэлектрическое и фотохимическое действия.

Излучение видимого участка спектра характерно тем, что только оно позволяет видеть нам все многообразие окружающего нас мира. Видимое излучение обладает значительным фотоэлектрическим и фотохимическим действиями.

Из всех излучений оптической области спектра **ультрафиолетовое излучение** обладает самыми мощными фотонами. При облучение ультрафиолетом люминофора мы получаем источник видимого излучения.

Поток излучения

В светотехнике принято пользоваться мощностью излучения, которая называется **потоком излучением** (или лучистым потоком) – энергия излучения, переносимая потоком фотонов в единицу времени.

$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}$$

где dQ_e - доля энергии излучения в промежуток времени dt.

Единицей измерения потока излучения служит ватт (**Вт**).

Спектр излучения

Изучение источника света характеризуется **количественными** (мощность излучения, световой поток) и **качественными** (спектр излучения, цветность) характеристиками.

Под **спектром излучения** понимают зависимость спектральной плотности излучения **φλ** от длины волны **λ** или энергии излучаемых квантов света **hν**.

Спектральной плотностью излучения называется поток излучения в узком интервале спектра **Δλ**, стремящемся к нулю, при длине волны **λ**, рассчитанный на единичный интервал длин волн (обычно на 1 нм). То есть:

$$\varphi_\lambda = \frac{\Delta \Phi_{e\lambda}}{\Delta\lambda}$$

где $\Delta \Phi_{e\lambda}$ - поток излучения в спектральном интервале Δλ при длине волны λ.

Измеряется спектральная плотность излучения в единицах [Вт/нм].

Распределение потока излучения по спектру можно охарактеризовать функцией φ(λ).
Зная функцию φ(λ), легко определить поток излучения любого участка спектра:

$$\Phi_e = \int_{\lambda n}^{\lambda 1} \varphi(\lambda) d\lambda$$

Если математического выражения φ(λ)нет или интегрирование этой функции затруднительно, то интеграл заменяют суммой произведений :

$$\Phi_e = \sum_{i=1}^{n} \varphi_{\lambda i} \cdot \Delta\lambda$$

По спектральному потоку распределению потока излучения источники разбивают на три класса: с ***линейчатым***, ***полосатым*** и ***сплошным*** спектрами.

Распределение потока излучения по спектру

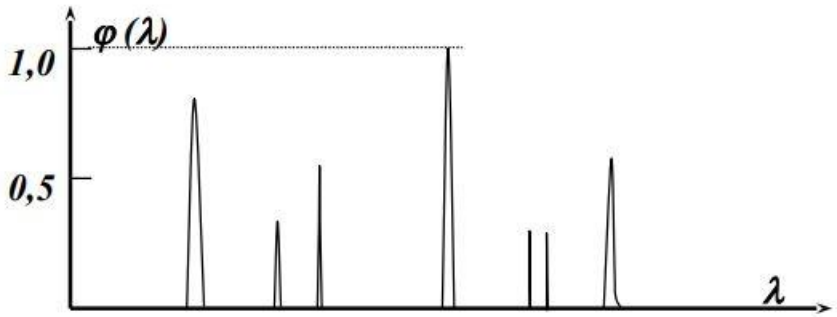
1. У источников с **линейчатым спектром** излучение происходит в пределах узких участков спектра – линий.

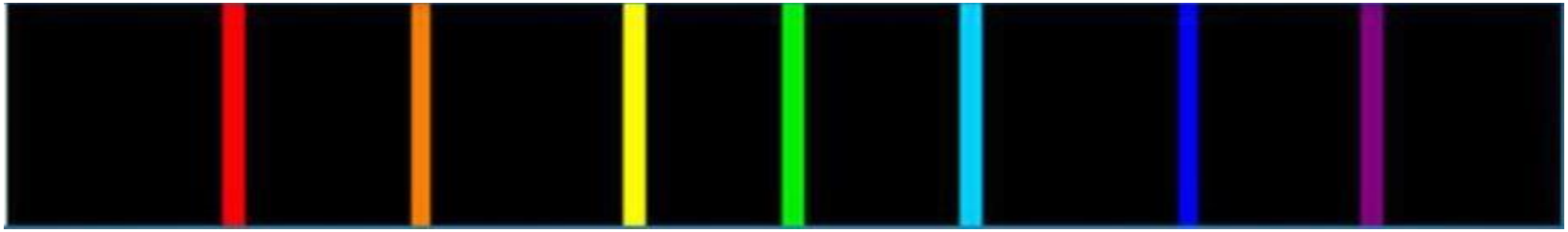
Принято поток излучения одной линии считать монохроматическим.

В дальнейшем под ***монохроматическим потоком излучения*** будем понимать поток, излучаемый в пределах очень узкого участка (длин волн или частот), который можно охарактеризовать одним значением длины волны или частоты.

Линейчатым называется спектр излучения, состоящий из серии отдельных линий из лучения, обычно шириной менее 10 нм .

Линейчатые спектры характерны для излучения газового разряда.





* Состоит из отдельных линий разного или одного цвета, имеющих разные расположения

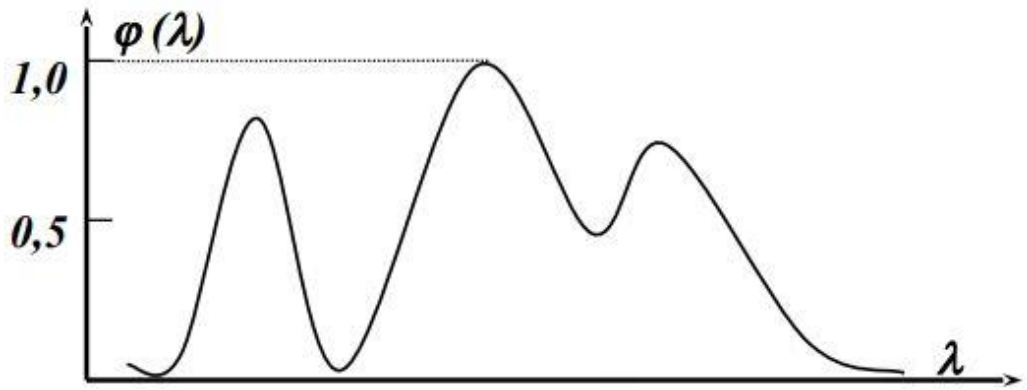
* Излучают газы в атомарном состоянии

* Позволяет по спектральным линиям судить о химическом составе источника света

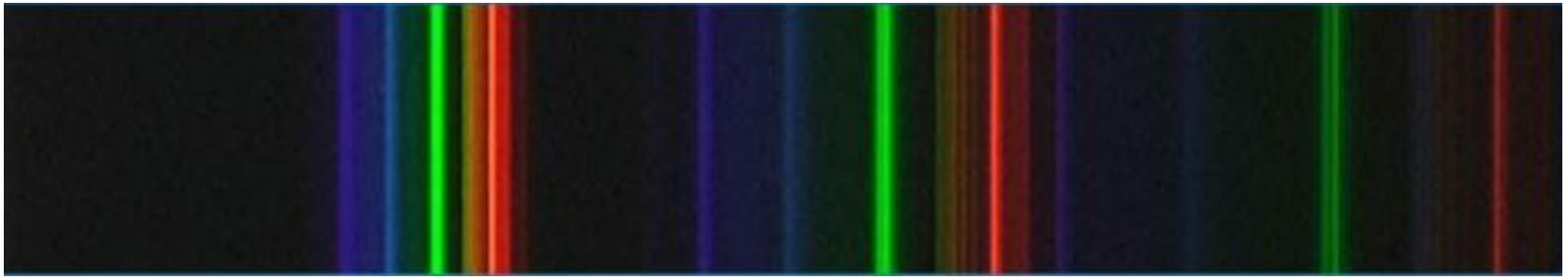
2. У источников **с полосатым спектром** излучение происходит в пределах достаточно широких участков спектра – полос, отделенных одна от другой темными промежутками.

Излучение одной полосы нельзя уже принять однородным, так как ширина полосы может быть значительной.

Полосатые спектры получаются от слияния в полосы близко расположенных друг к другу спектральных линий.



Характерны для люминесценции твердых тел и жидкостей

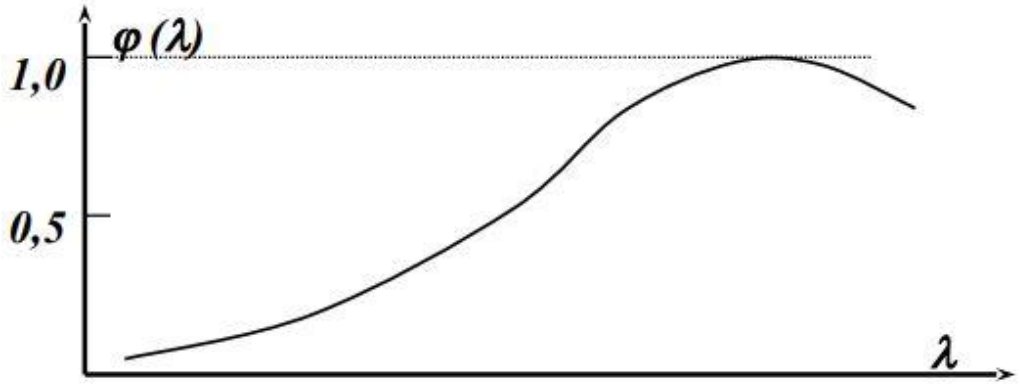


* Состоит из большого числа тесно расположенных линий

* Излучают вещества, находящиеся в молекулярном состоянии

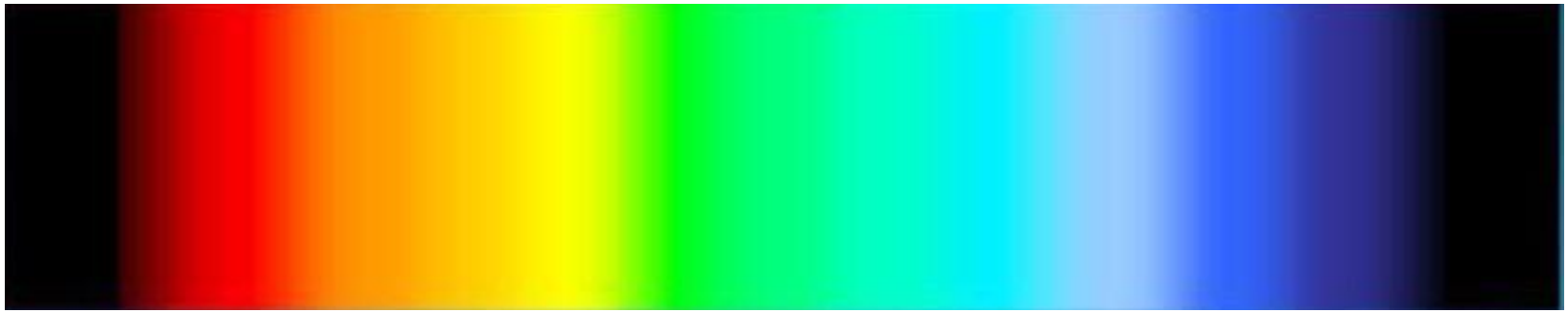
3. Источники теплового излучения и излучения люминесценции жидких и твердых тел имеют **сплошные спектры**.

Сплошной спектр можно представить в виде отдельных монохроматических потоков, примыкающих непосредственно друг к другу.



Часто спектры излучения представляют собой комбинацию перечисленных спектров.

Для подавляющего большинства источников спектральный состав излучения не зависит от направления распространения света, поэтому о спектре излучения источника в целом можно судить по результатам измерения спектра излучения в каком-либо одном выбранном направлении



* Это спектры, содержащие все длины волн определенного диапазона.

* Излучают нагретые твердые и жидкие вещества, газы, нагретые под большим давлением.

* Одинаковы для разных веществ, поэтому их нельзя использовать для определения состава вещества

Приемники энергии излучения

Под приемником энергии излучения понимают тело, эффективно преобразующее поглощенную энергию излучения в один из видов энергии:

- Электрическую
- Биологическую
- Химическую

Приемники энергии излучения делятся на *два больших класса*:

- **Физические** (фотоэлемент, люминофор, фотографическая эмульсия);
- **Биологическая** (глаз, зеленый лист растения, кожа человека и животных и др.)

Преобразование поглощенной энергии излучения не происходит целиком в один из указанных видов энергии, *бóльшая или меньшая часть поглощённой энергии преобразуется в тепловую*. Для большинства приемников тепловая энергия, получаемая при преобразовании поглощенного потока излучения, в дальнейшем не используется и является потерянной.

Поглощённый поток излучения, преобразованный приемником в полезную мощность одного из видов энергии, принято называть **эффективным потоком**.

Каждый приемник энергии излучения характеризуется **спектральной** и **интегральной чувствительностью** (спектральной и интегральной эффективностью).

Интегральной чувствительностью приемника называют отношение эффективно преобразованной приемником энергии к падающей на приемник энергии, ее можно определить также как отношение эффективно преобразованного приемником потока излучения (эффективного потока) к падающему на приемник потоку.

$$K_{пр} = \frac{CQ_э}{Q_e} = \frac{C\Phi_э}{\Phi_e} = \frac{C\alpha_e\Phi_э}{\Phi_{e\alpha}} = C\alpha_e\eta_э$$

где $K_{пр}$ – интегральная чувствительность приемника; $Q_э$ – эффективно преобразованная приемником энергия; Q_e – падающая на приемник энергия; $\Phi_э$ – эффективно преобразованный приемником поток излучения – эффективный поток излучения; Φ_e – падающий на приемник поток излучения; С – коэффициент пропорциональности, зависящий от выбранных единиц $\Phi_э$ и Φ_e; $\Phi_{e\alpha}$ – поглощенный приемником поток излучения; α_e – коэффициент поглощения приемника; $\eta_э$ – энергетический выход преобразования.

Можно измерять в миллиамперах фототока, отнесенных к единице падающей на фотоэлемент энергии излучения.

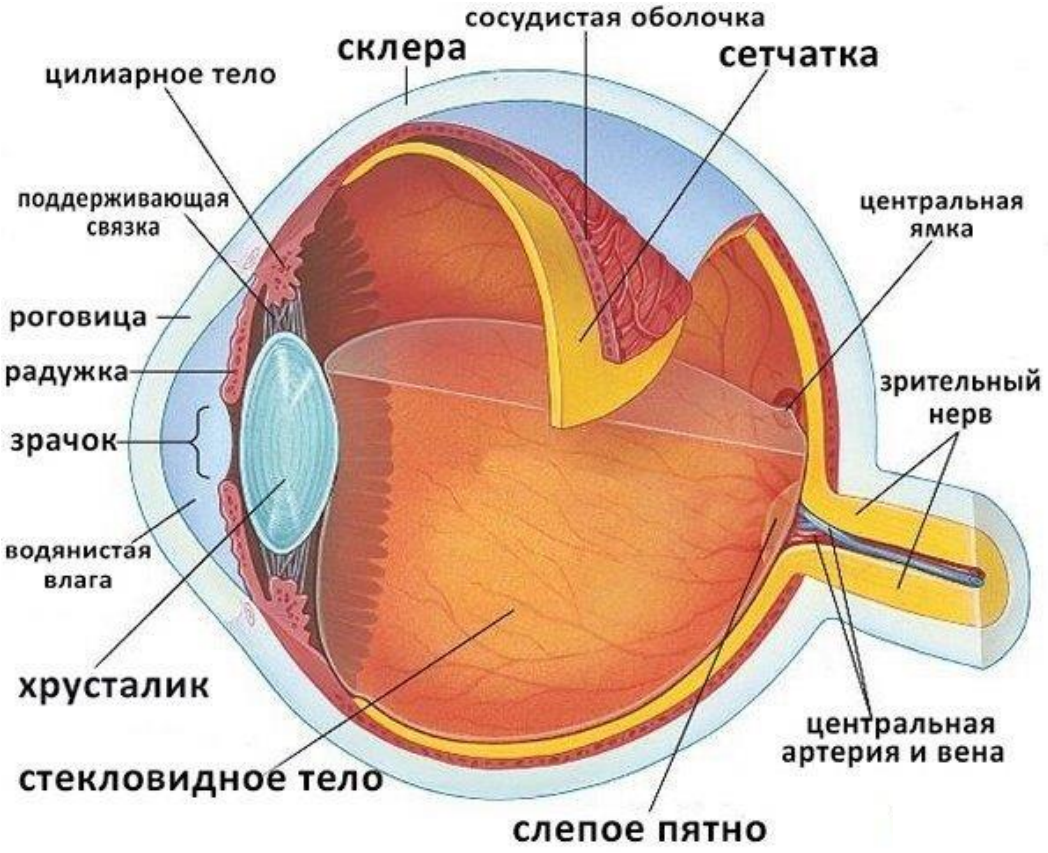
Отношение эффективно преобразованного приемником монохроматического потока излучения к падающему на его активную поверхность монохроматическому потоку называется **спектральной чувствительность приемника**.

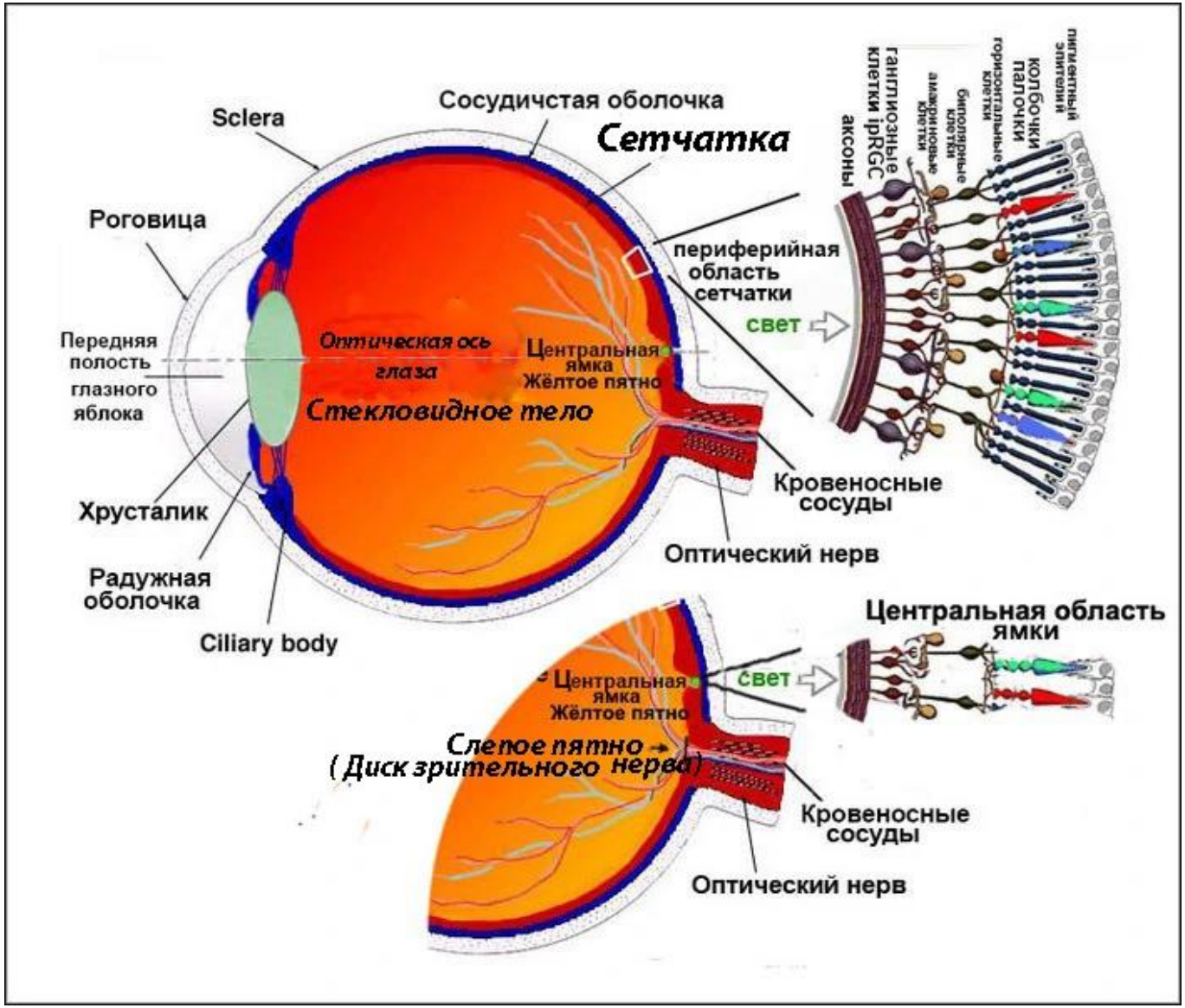
$$K_{пр\lambda} = \frac{C\Phi_э}{\Phi_{e\lambda}} = C\,\alpha_\lambda\,\eta_{э\lambda}$$

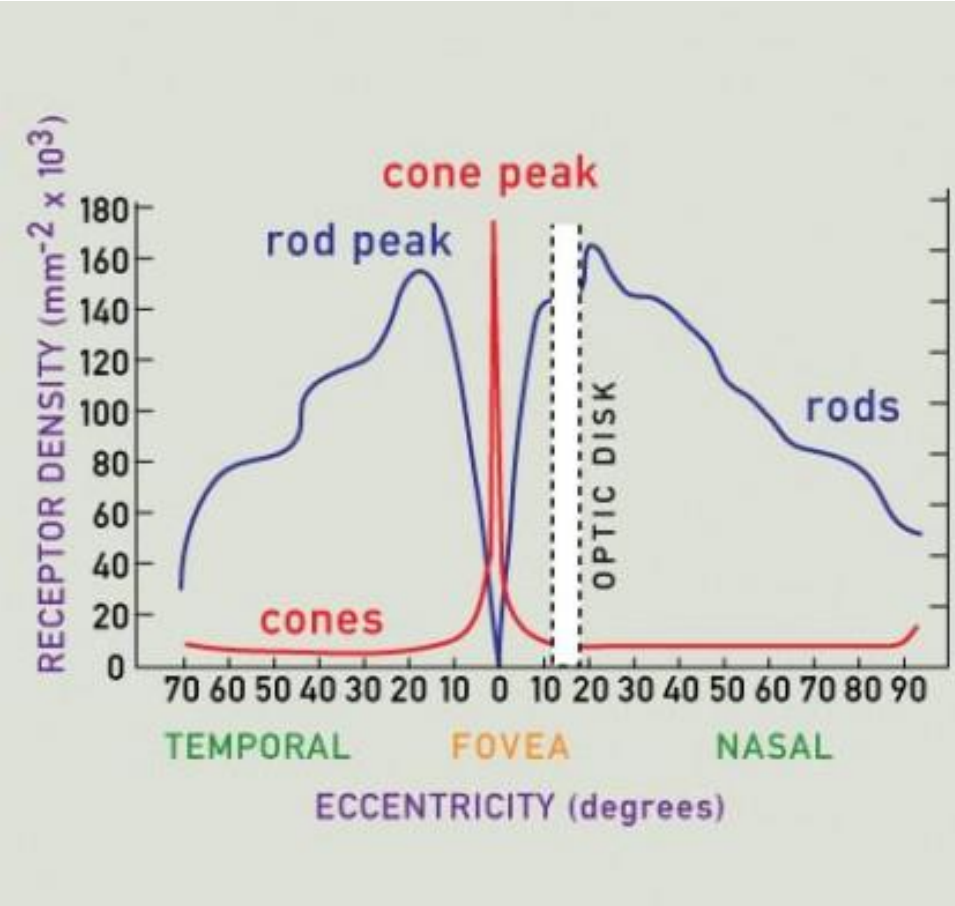
где $K_{пр\lambda}$ – спектральная чувствительность приемника к монохроматическому излучению с длинной волны λ; $\Phi_э$ – эффективно преобразованный приемником монохроматический поток излучения; **С** – коэффициент пропорциональности, зависящий от выбранных единиц $\Phi_э$ и $\Phi_{e\lambda}$; $\Phi_{e\lambda}$ – монохроматический поток излучения, падающий на приемник; α_λ – спектральный коэффициент поглощения; $\eta_{э\lambda}$ – энергетический выход преобразования монохроматического излучения.

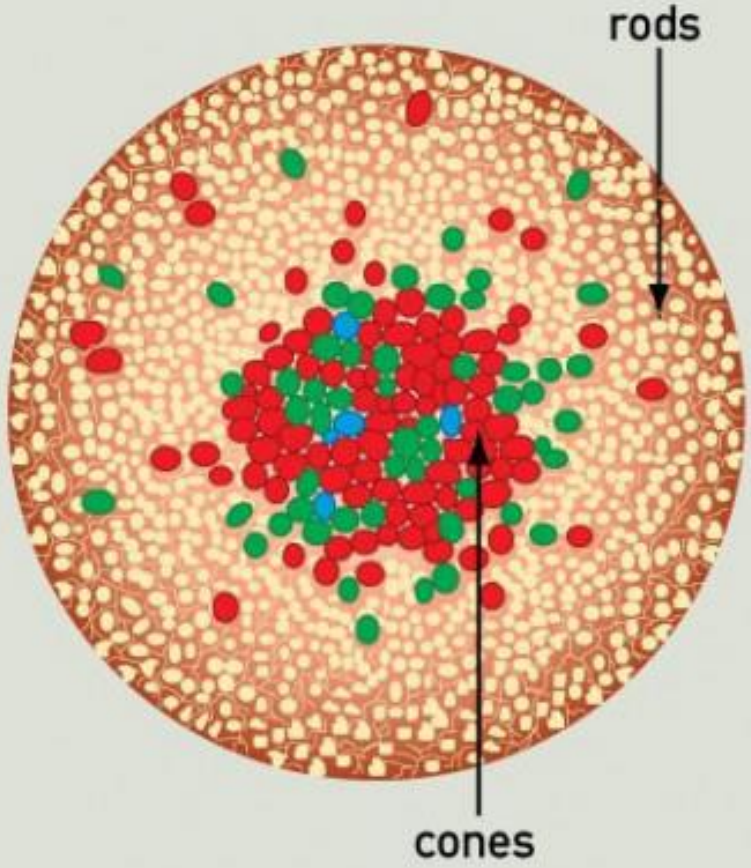
Строение глаза человека

Человеческий глаз – уникальный приемник: он преобразует энергию оптических излучений в зрительное ощущение, представляющее сложный физико-биологический процесс, в котором участвуют глаз, нервная система и мозг человека.



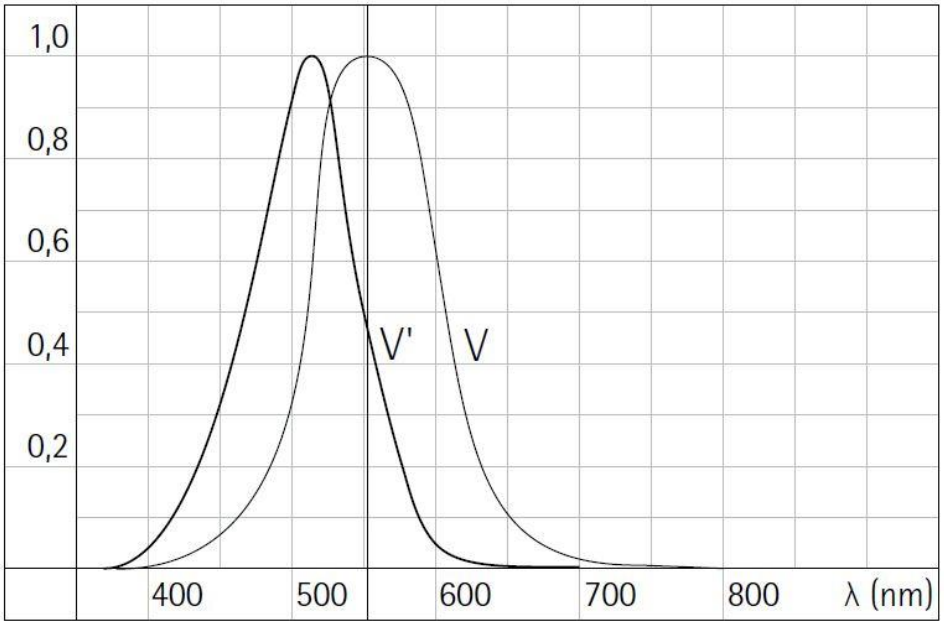

Sclera
Сосудичстая оболочка
Сетчатка
Роговица
периферийная область сетчатки
свет
Передняя полость глазного яблока
Оптическая ось глаза
Центральная ямка
Жёлтое пятно
Стекловидное тело
Кровеносные сосуды
Оптический нерв
Хрусталик
Радужная оболочка
Ciliary body
аксоны
ганглиозные клетки ipRGC
амакриновые клетки
биполярные клетки
горизонтальные клетки
колбочки
палочки
пигментный эпителий
Центральная область ямки
свет
Центральная ямка
Жёлтое пятно
Слепое пятно
(Диск зрительного нерва)
Кровеносные сосуды
Оптический нерв


RECEPTOR DENSITY (mm^{-2} x 10^3)
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
cone peak
rod peak
rods
cones
OPTIC DISK
70 60 50 40 30 20 10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
TEMPORAL
FOVEA
NASAL
ECCENTRICITY (degrees)


rods
cones

Функция V(λ) принята МКО и положена в основу построения световых величин и единиц.

Введено условие стандартного фотометрического наблюдателя, т.е. такого приемника излучения, кривая относительной спектральной чувствительности которого соответствует V(λ).



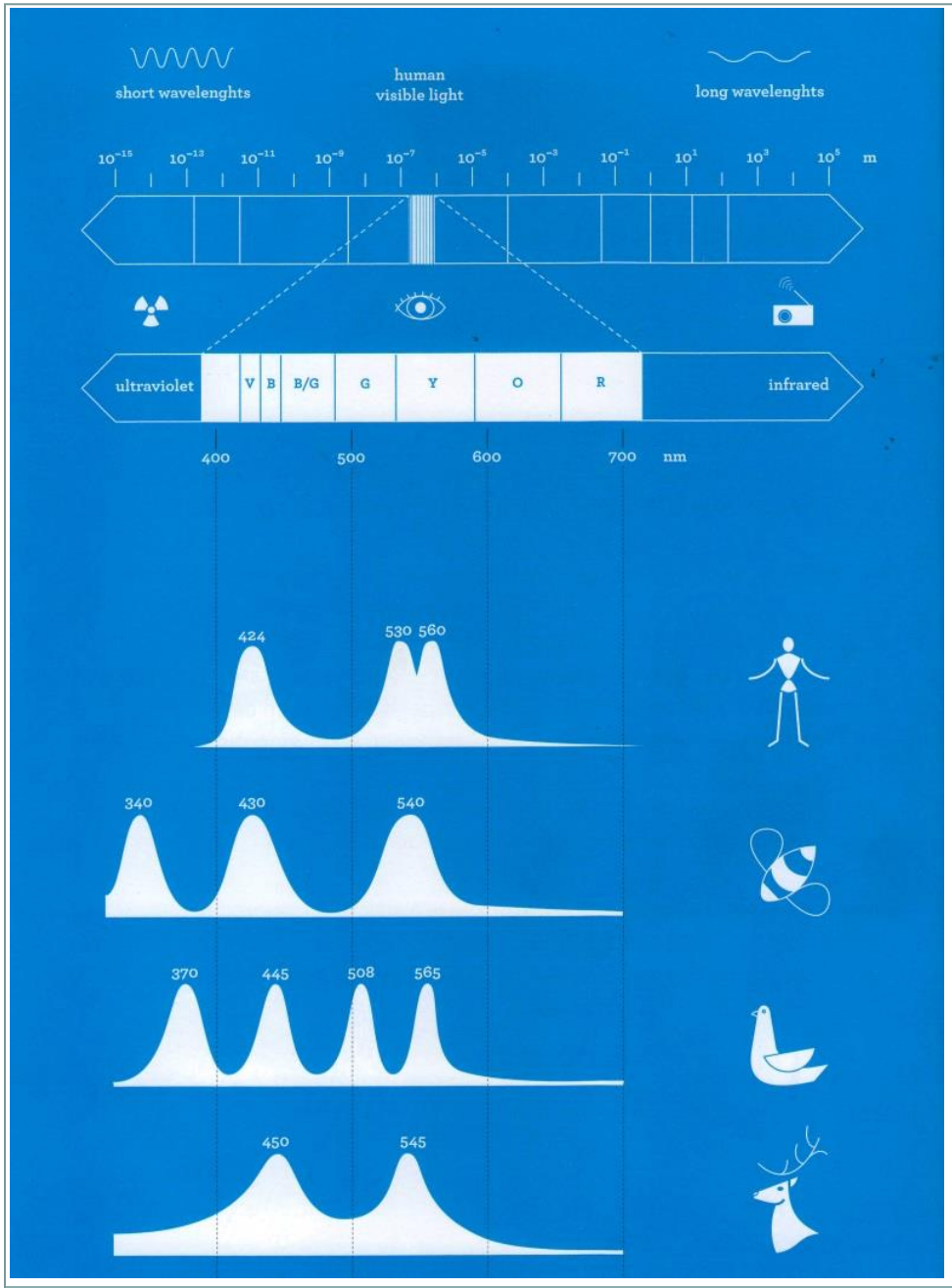
Relative spectral luminous efficiency of rods V' and cones V.

Аккомодация. Изменение кривизны хрусталика, происходящее в результате непроизвольного сокращения или расслабления связанных с глазом мышц.

→ Нарушение этого естественного процесса приводит к близорукости или дальнозоркости.

Адаптация. Способность светочувствительного аппарата глаза приспосабливаться к различной яркости.

→ Световая (переход от темноты к свету)
Темновая (от света к темноте)



V *violet*, **B** *blue*, **B/G** *blue green*, **G** *green*, **Y** *yellow*, **O** *orange*, **R** *red*

Man
The human eye sees a wide range of colours from purple and red, with a peak in the long wavelengths (yellowish-green part of the spectrum)

Bee
The bee's vision of colours is good, except for the colour red. Its vision has a peak in the blue and ultraviolet wavelengths.

Pigeon
Pigeons can distinguish millions of different colour hues, thanks to a greater number of photoreceptors (cones).

Deer
The eye of the deer, as with many other herbivores, does not see red. Its vision peaks in the blue and yellow wavelengths, which allows it to perceive many shades of green and gray.

Вопросы

1. Энергия излучения оптического участка спектра. Единицы ее измерения.
2. Поток излучения, его определение.
3. Виды спектров сложного излучения. Функция спектральной плотности потока излучения.
4. Два класса приемников оптического диапазона. Определение реакции приемника.
5. Строение глаза.