



Кафедра медицинской и
биологической физики

Фотометрия

Геометрическая оптика

*Лекция №7 для студентов 1 курса специальности
стоматология*

Д.ф.-м.н., зав.каф., Салмин Владимир Валерьевич

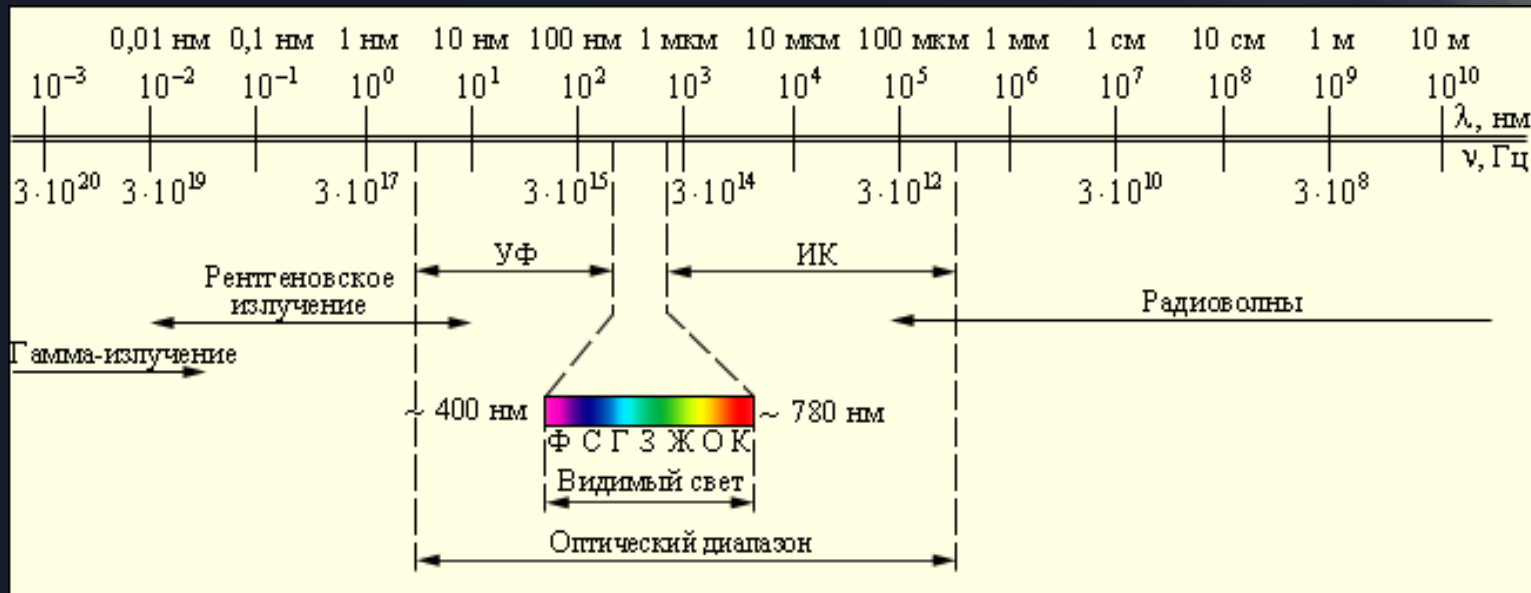
План лекции

1. Основные оптические явления
2. Физиологическая оптика
3. Фотометрия
4. Геометрическая оптика

Оптика в современной науке и технике

Оптика - раздел физики, изучающий свойства и физическую природу света, а также его взаимодействие с веществом.

Свет – электромагнитное излучение, принадлежащее оптическому диапазону

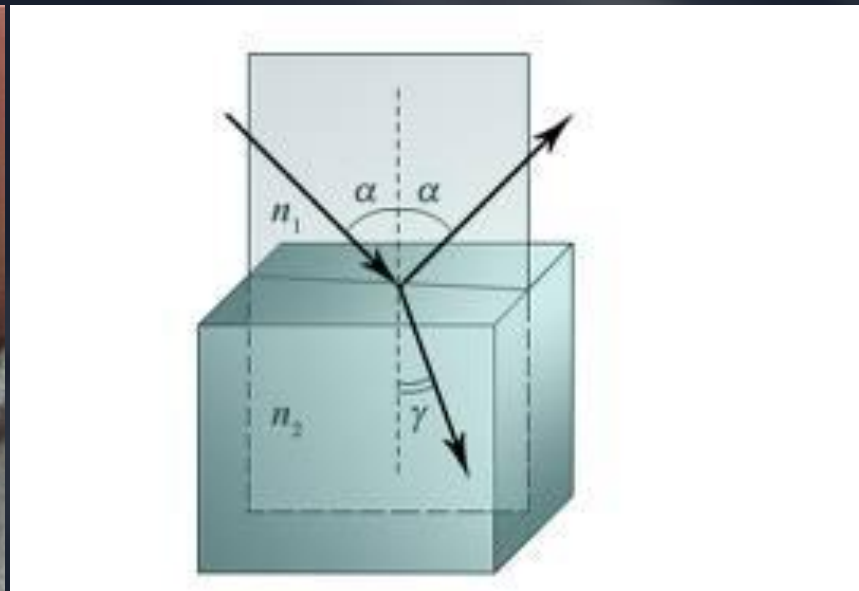


Выделение оптической области обусловлено сходством приборов и методов, применяющихся для ее исследования и разработанных при изучении видимого света (линзы и зеркала для фокусировки излучения, призмы, дифракционные решетки, интерференционные приборы для исследования спектрального состава излучения и пр.). Развитие техники детектирования электромагнитного излучения приводит к расширению использования оптических методов в области рентгеновского и гамма-излучения, а также радиодиапазона.

Основные оптические явления

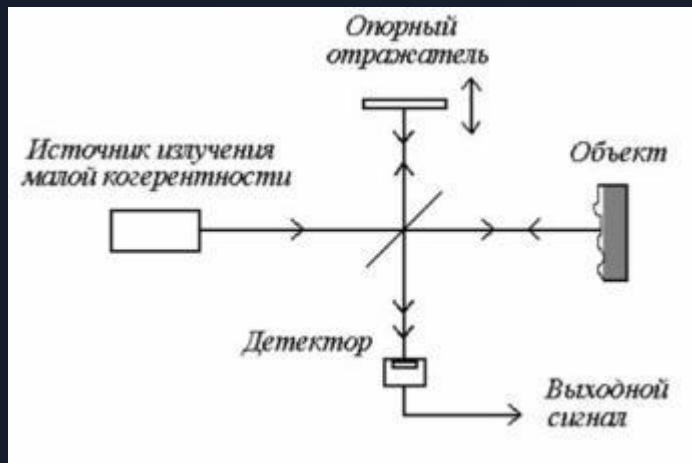
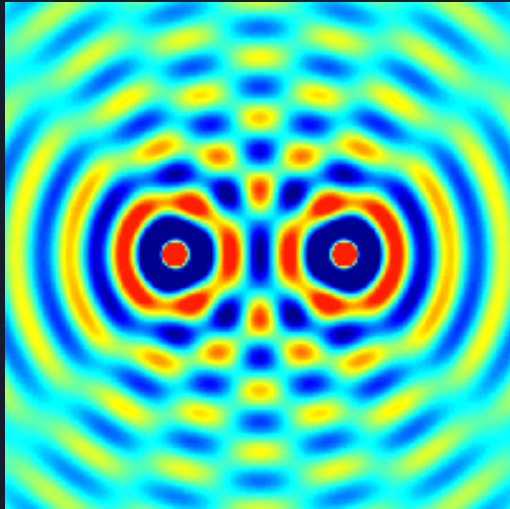
Основные оптические явления

Геометрическая оптика



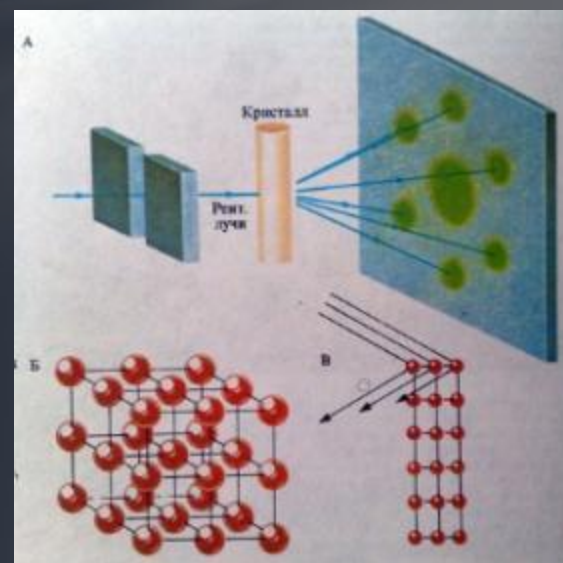
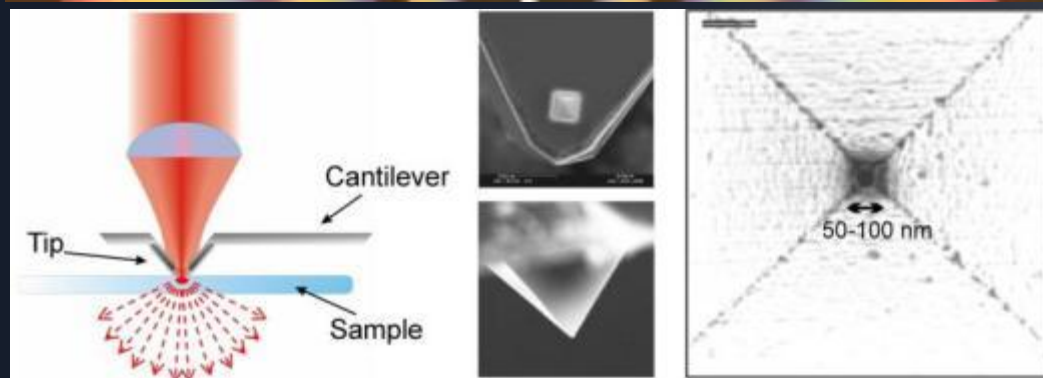
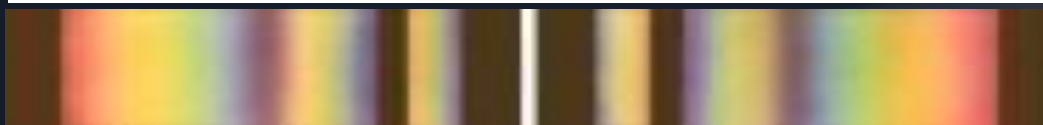
Основные оптические явления

Волновая оптика - Интерференция света



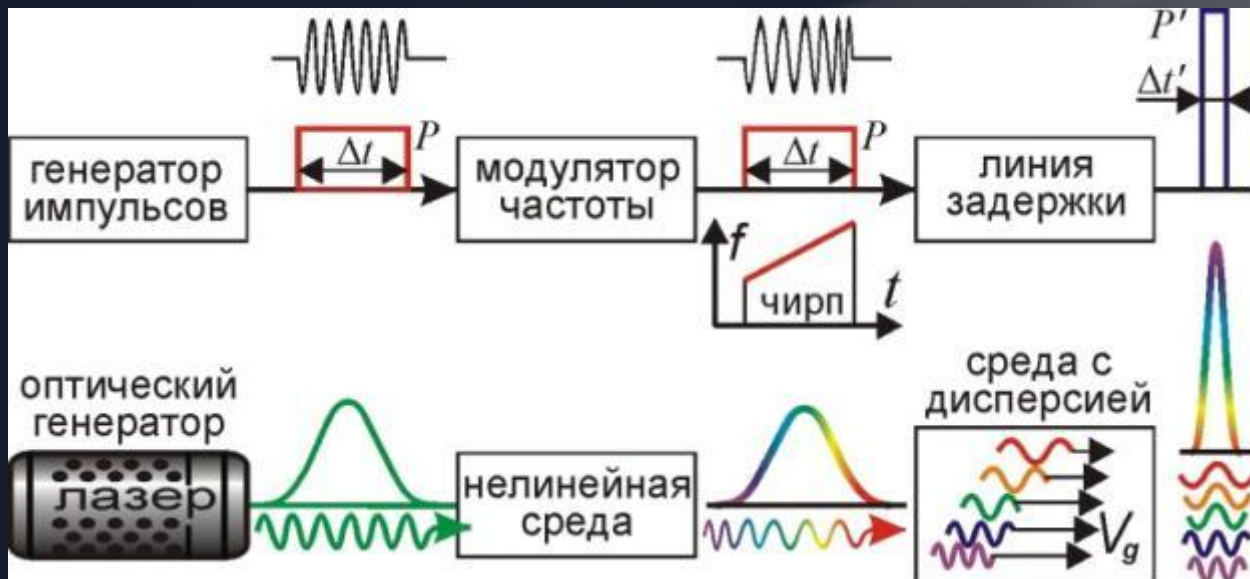
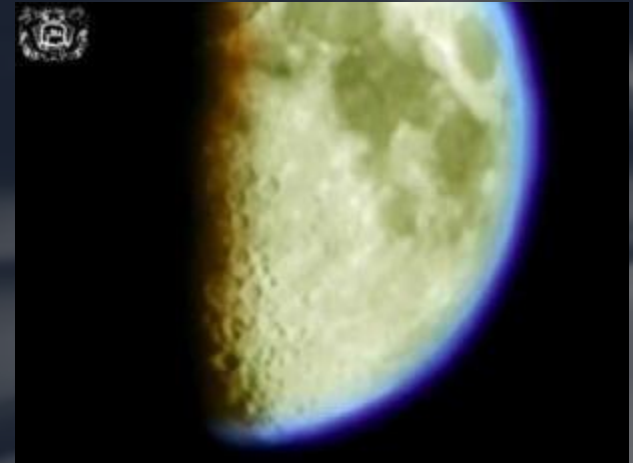
Основные оптические явления

Волновая оптика - Дифракция света



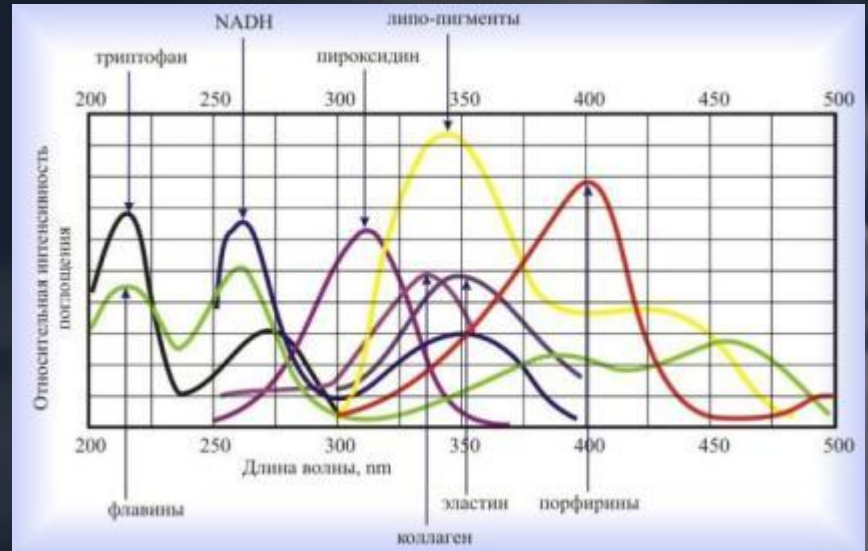
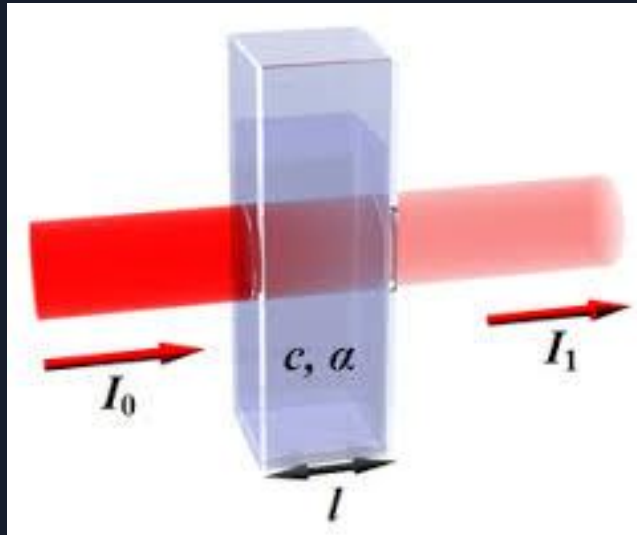
Основные оптические явления

Молекулярная оптика – дисперсия света



Основные оптические явления

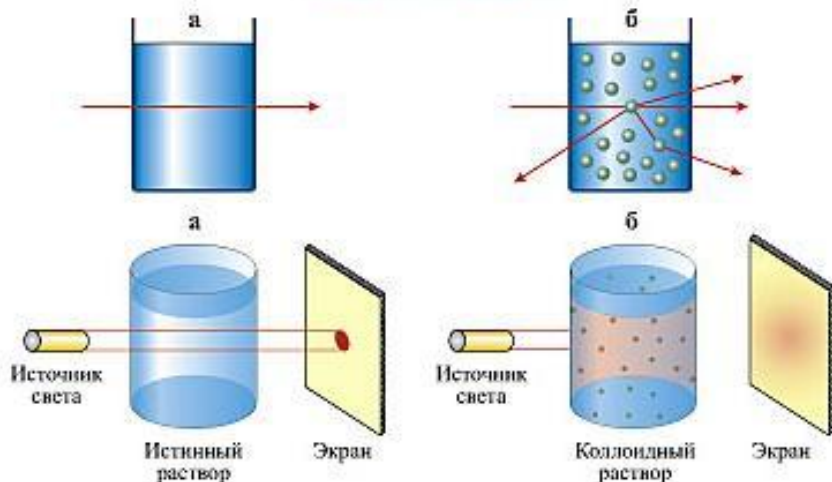
Молекулярная оптика – поглощение света



Основные оптические явления

Молекулярная оптика – рассеяние света

ЭФФЕКТ ТИНДАЛЯ



МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕЦИФИЧЕСКИХ БЕЛКОВ

ИДЦ

АВТОМАТИЧЕСКИЙ
НЕФЕЛОМЕТР «BNProSpec»



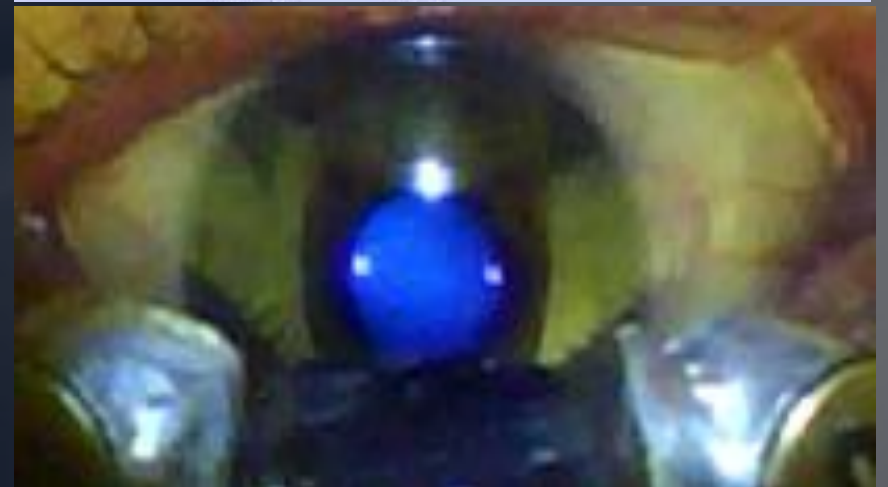
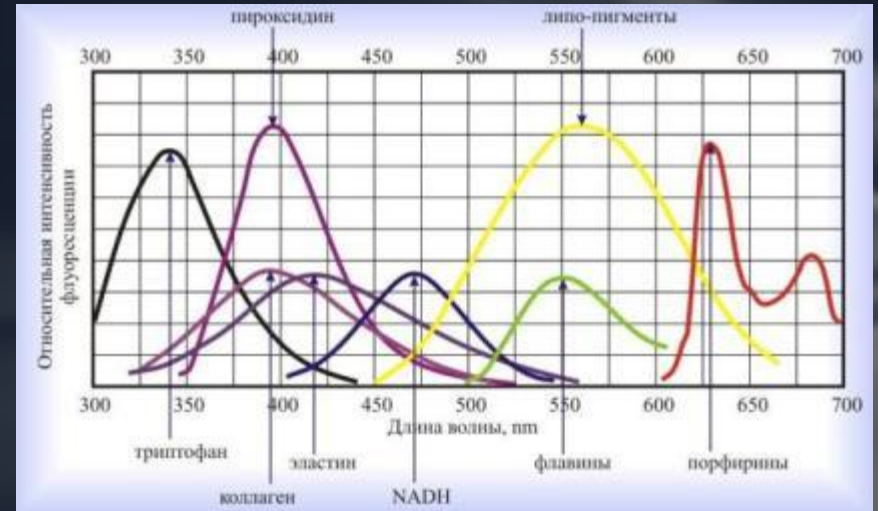
Преимущества автоматической нефелометрии

- + ОДИНОЧНЫЙ АНАЛИЗ
- + ВЫСОКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ РЕАГЕНТОВ
- + ВЫСОКАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ (ОСОБЕННО



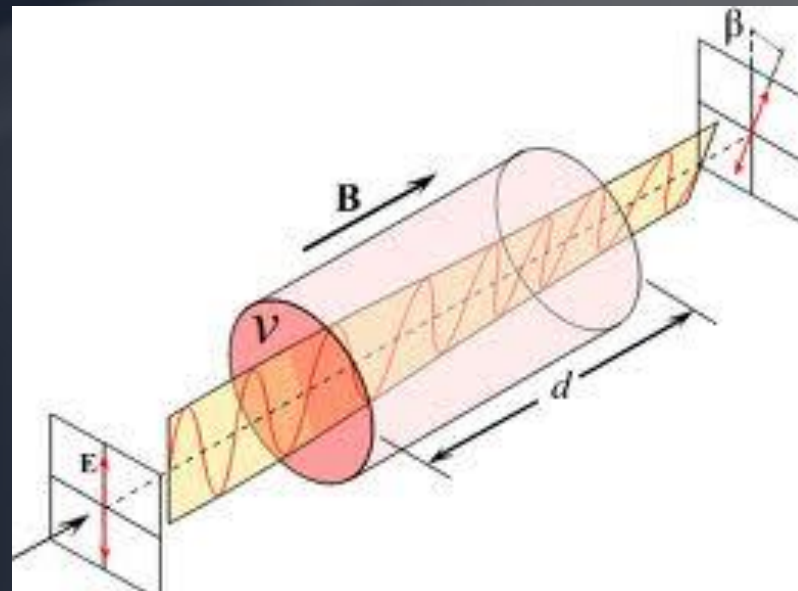
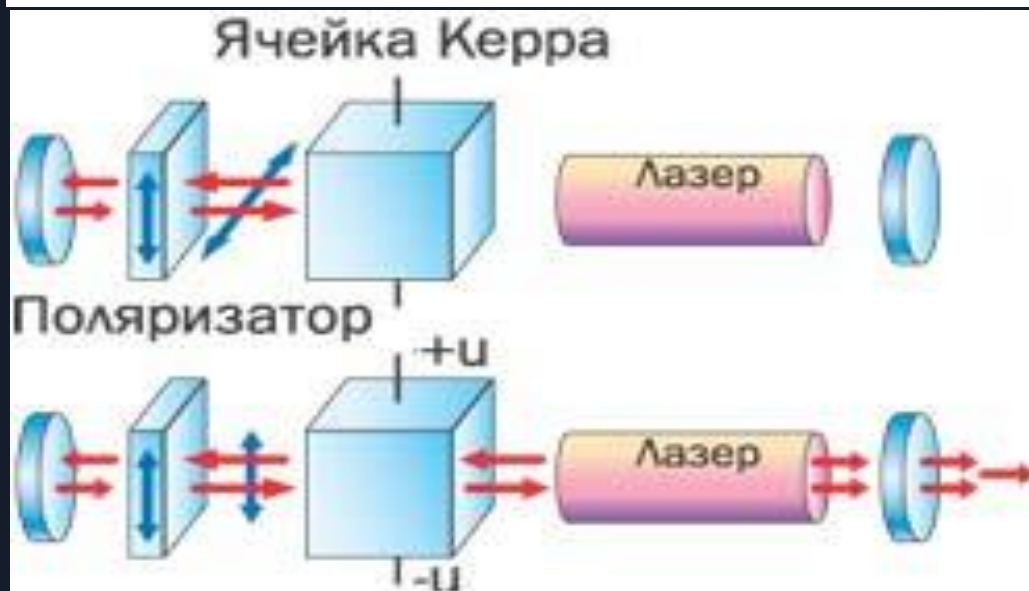
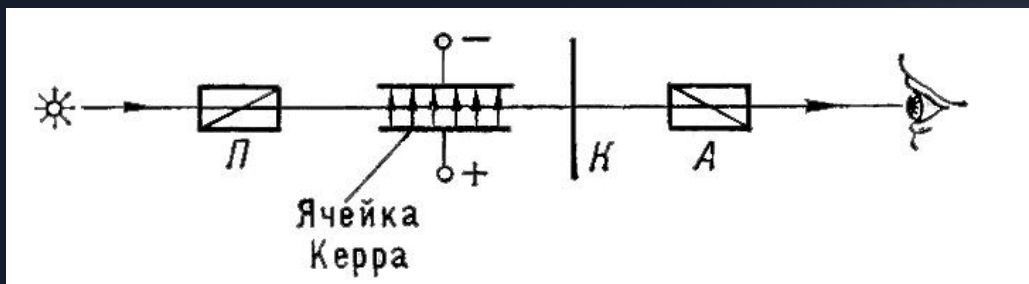
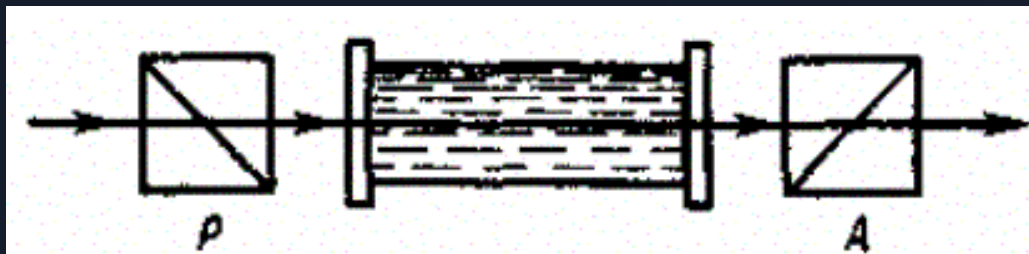
Основные оптические явления

Молекулярная оптика – люминесценция



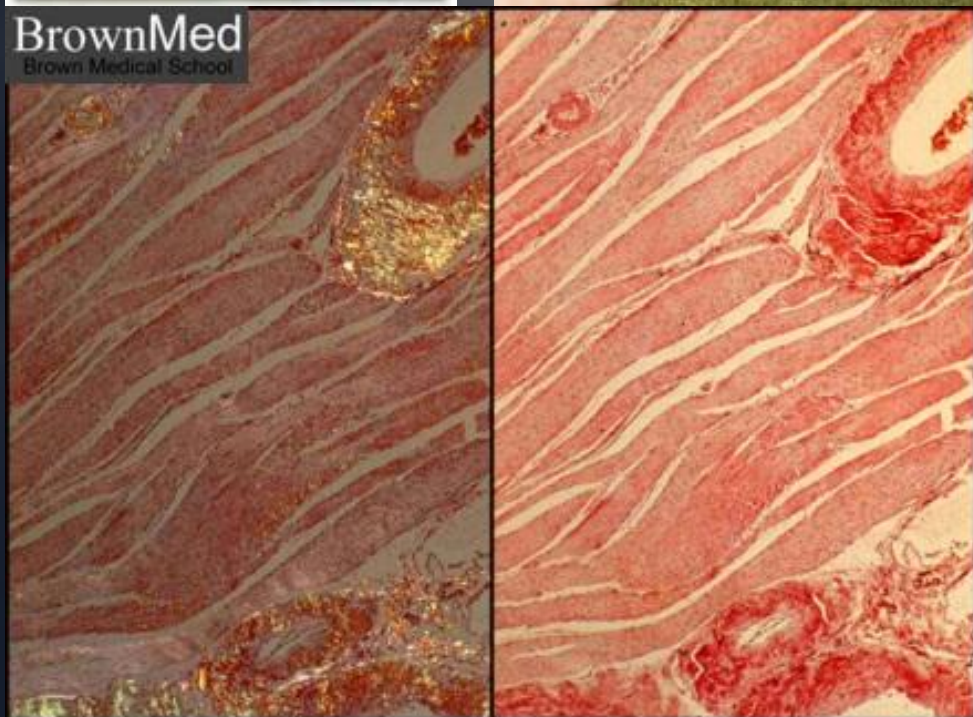
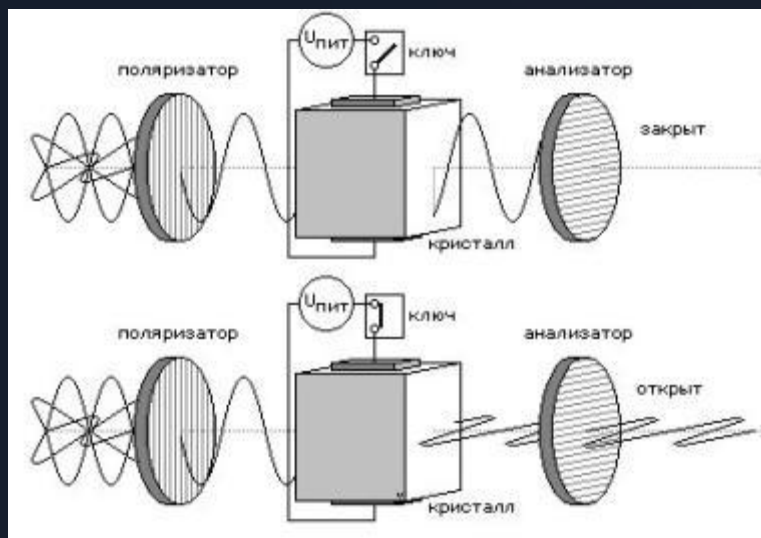
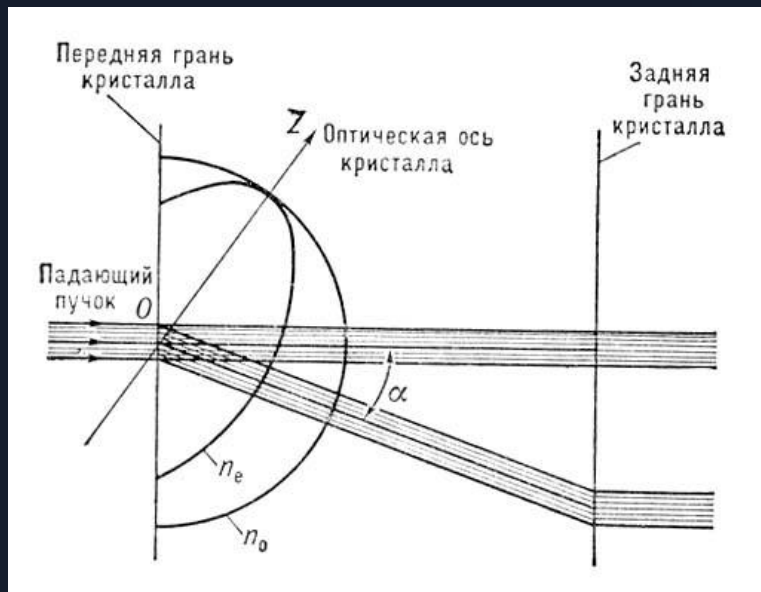
Основные оптические явления

Молекулярная оптика – оптическая активность



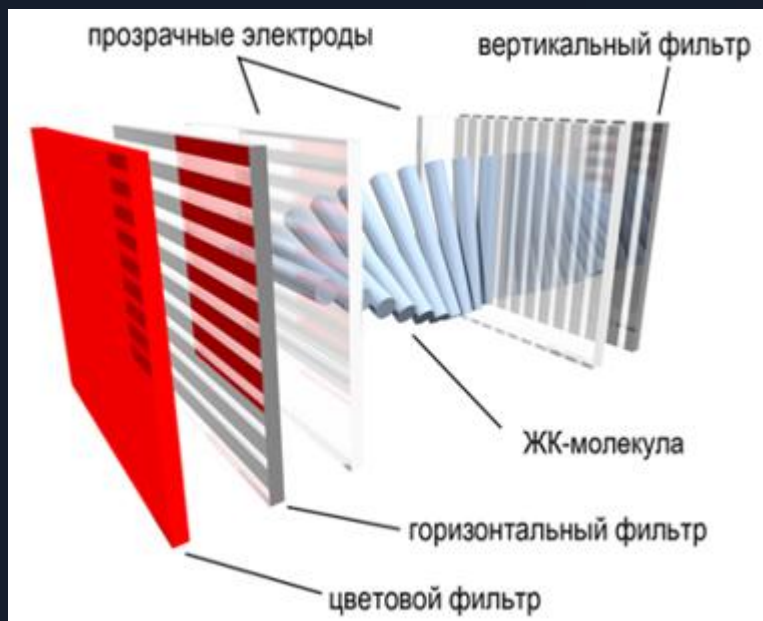
Основные оптические явления

Оптика кристаллов



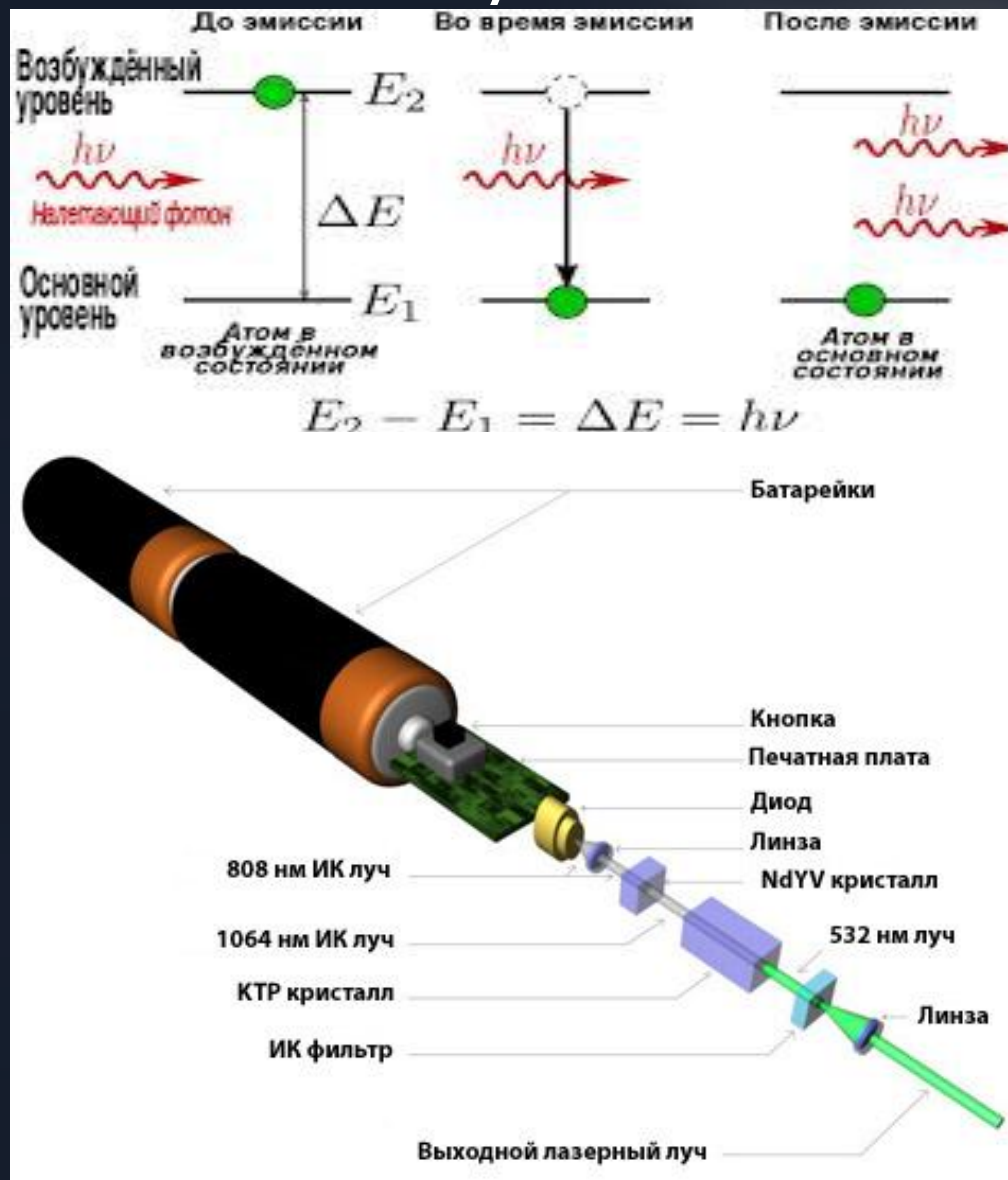
Основные оптические явления

Оптика жидких кристаллов

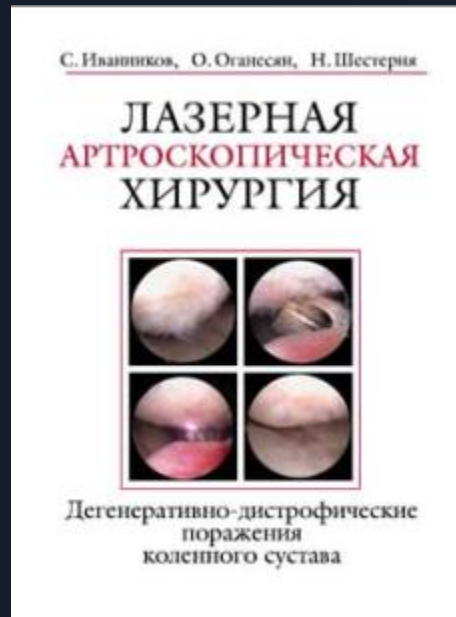


Основные оптические явления

Вынужденное излучение - лазеры

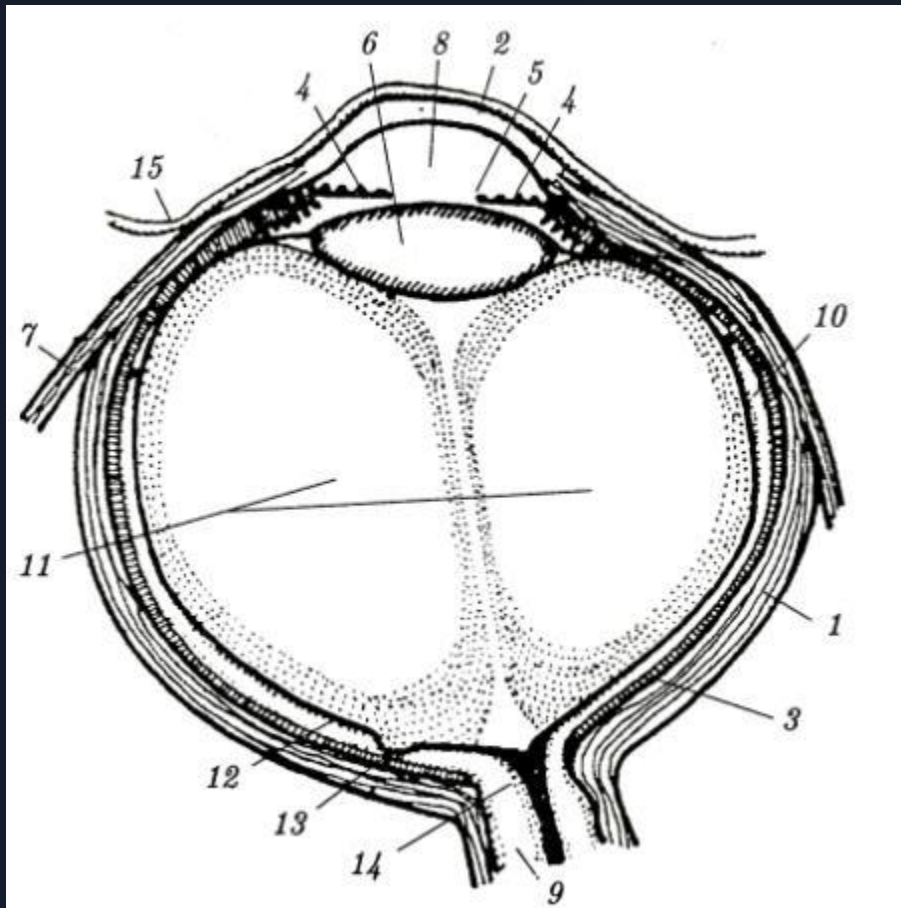


Медицинское применение лазеров



Физиологическая оптика

Оптическая система глаза



- 1- склера
- 2- роговица
- 3- сосудистая оболочка
- 4- радужная оболочка
- 5-зрачок
- 6-хрусталик
- 7-кольцевая мышца
- 8- передняя камера
- 9-зрительный нерв
- 10- сетчатка
- 11-стекловидное тело
- 12- желтое пятно
- 13- центральная ямка
- 14- «слепое пятно»
- 15- конъюктива

Светопроводящая часть глаза

Роговица ($D = 42 - 43$ дптр)

Хрусталик ($D = 19 - 33$ дптр)

Жидкость передней камеры
($D = 2 - 4$ дптр)

Стекловидное тело ($D = 5 - 6$ дптр)

В покое оптическая сила всего глаза
около **60** дптр.

Характеристики

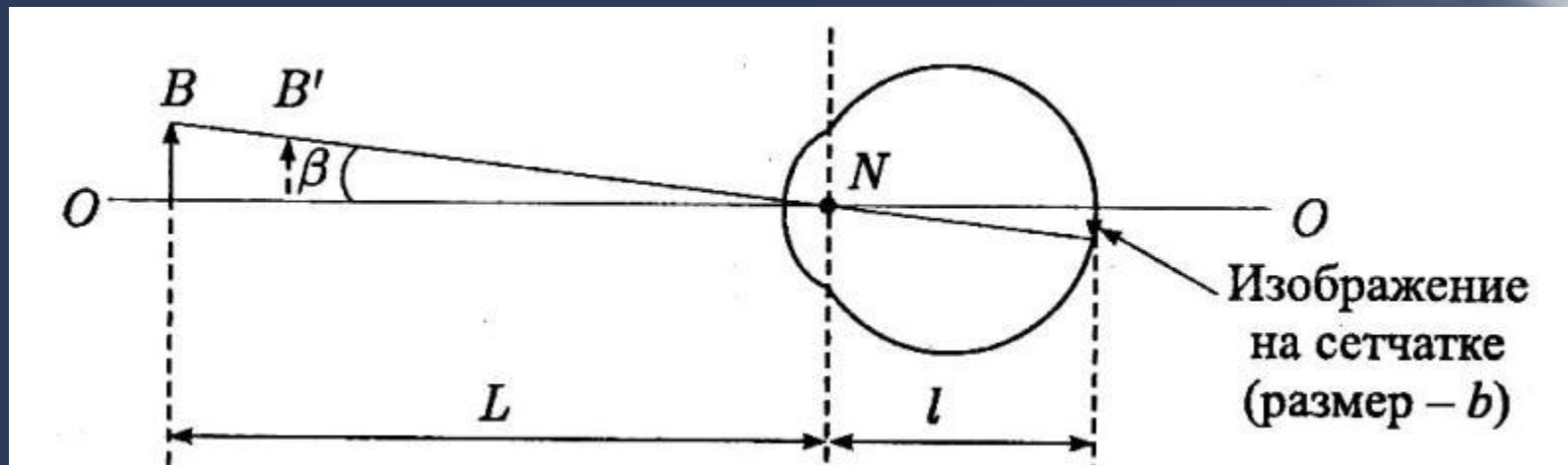
Аккомодация – приспособление глаза к четкому видению различно удаленных предметов.

Расстояние наилучшего зрения –

$$a_0 = 25 \text{ см}$$

Ближняя точка глаза – наиболее близкое расположение предмета от глаза, при котором еще возможно четкое изображение на сетчатке.

Угол зрения – это угол между лучами, идущими от крайних точек предмета через оптический центр глаза



$$B/L = b/l \text{ следовательно } b = Bl/L$$

и $l=17 \text{ мм}$

Разрешающая способность – это способность различать две близкие точки предмета раздельно.

Предел разрешения – наименьшее расстояние между двумя точками предмета, рассматриваемого с расстояния наилучшего зрения, при котором они различимы как отдельные объекты.

$$Z = a_0 \beta \quad a_0 = 0,25 \text{ м}; \beta = 3 \cdot 10^{-4} \text{ рад};$$

$$Z = 75 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 75 \text{ мкм}$$

Острота зрения

Острота зрения – величина, обратная
наименьшему углу зрения ($V = 1/\beta$)

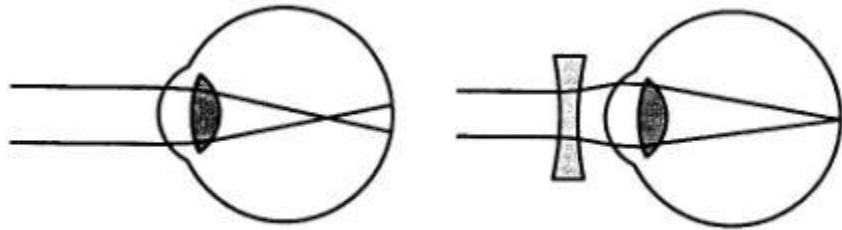
Таблица 1. Острота зрения для некоторых значений

β

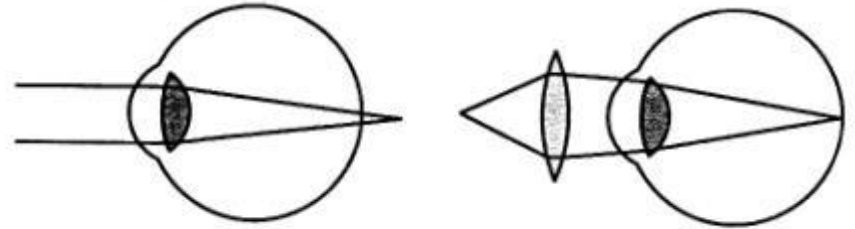
β	1	2	4	10
V	1	0,5	0,25	0,1

В норме $V=1$

Недостатки оптической системы глаза



а) Близорукий глаз



б) Дальнозоркий глаз



Близорукость



Дальнозоркость

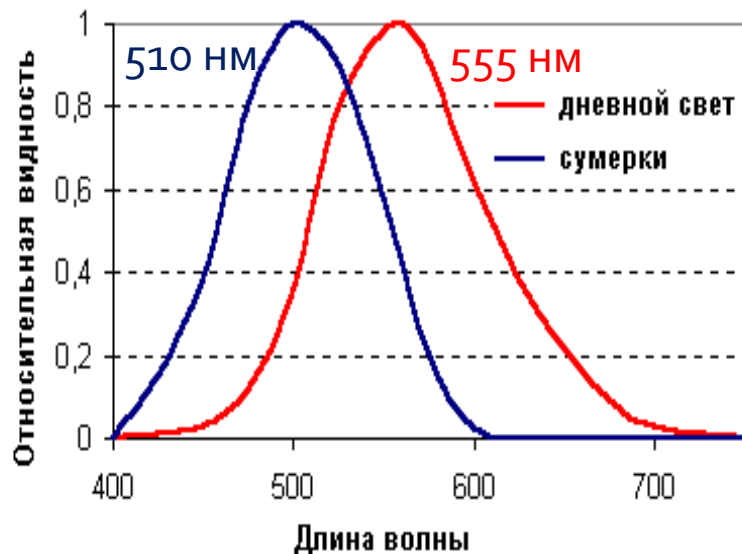


Астигматизм

Чувствительность человеческого глаза к свету.

Кривая видности

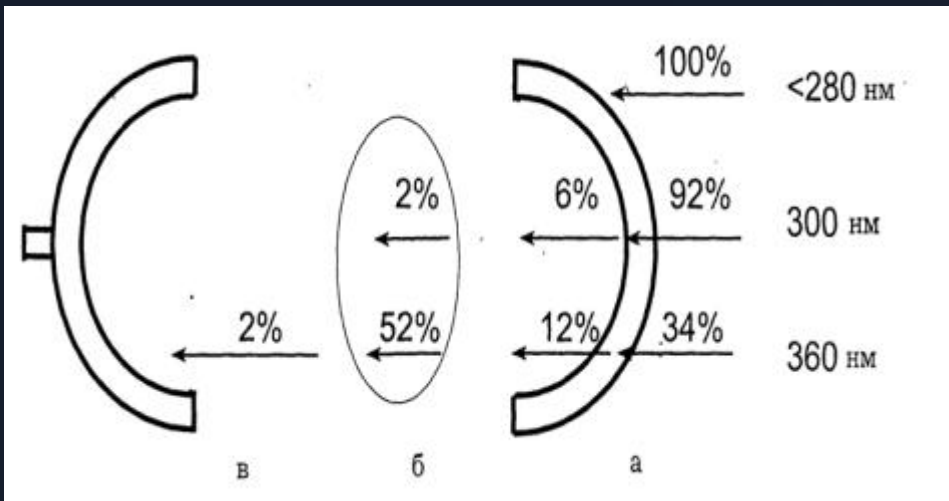
- Чувствительность глаза к излучениям различных длин волн характеризуется кривой видности. На этой кривой по оси абсцисс откладывается длина волны, а по оси ординат — **видность** — величина, обратная энергетической мощности излучений, которые при оценке глазом воспринимаются как одинаково яркие.
- Видимый свет** принято характеризовать диапазоном длин волн 400-760 нм. **Область, доступная зрительному восприятию глаза**, не обрывается резко на длинах волн 400 и 760 нм. При 400 нм видность, примерно в 2500 раз, а при 760 нм — в 20 000 раз меньше, чем в максимуме. В условиях темновой адаптации глаз может видеть в очень слабой степени интенсивные инфракрасные лучи с длинами волн до 950, а ультрафиолетовые — до 300 нм.



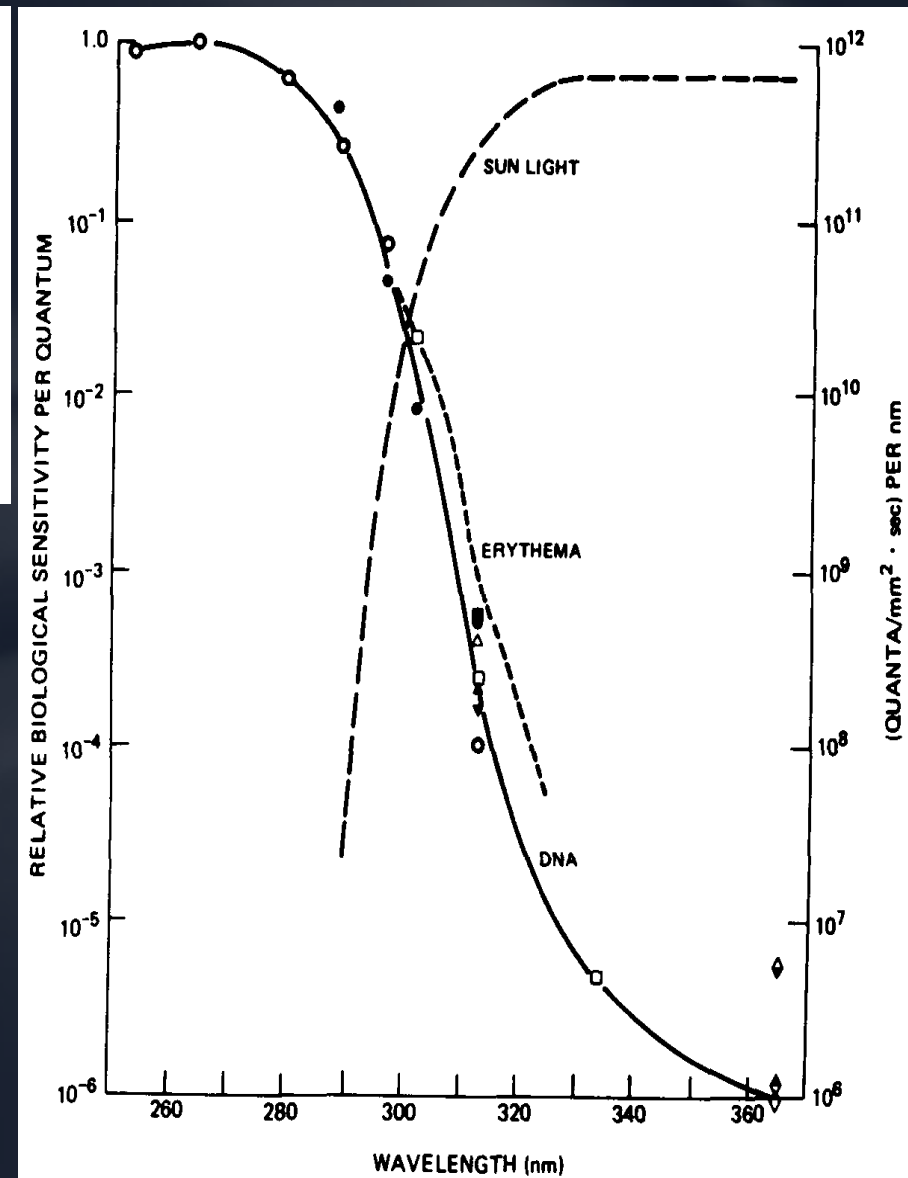
в 1825 г. **Пуркинье** обнаружил, что излучения различного цвета, воспринимаемые глазом как одинаково яркие, меняют свою яркость не одинаково, если их ослаблять в одно и то же число раз. Яркость излучений с большей длиной волны уменьшается быстрее, чем с более короткой длиной волны. Если ограничить поле зрения, в пределах $1,5^\circ$, то явление Пуркинье не наблюдается. Это доказывало двойной механизм восприятия света: посредством колбочек и посредством палочек, которым соответствуют различные кривые видности.

Чувствительность человеческого глаза к свету.

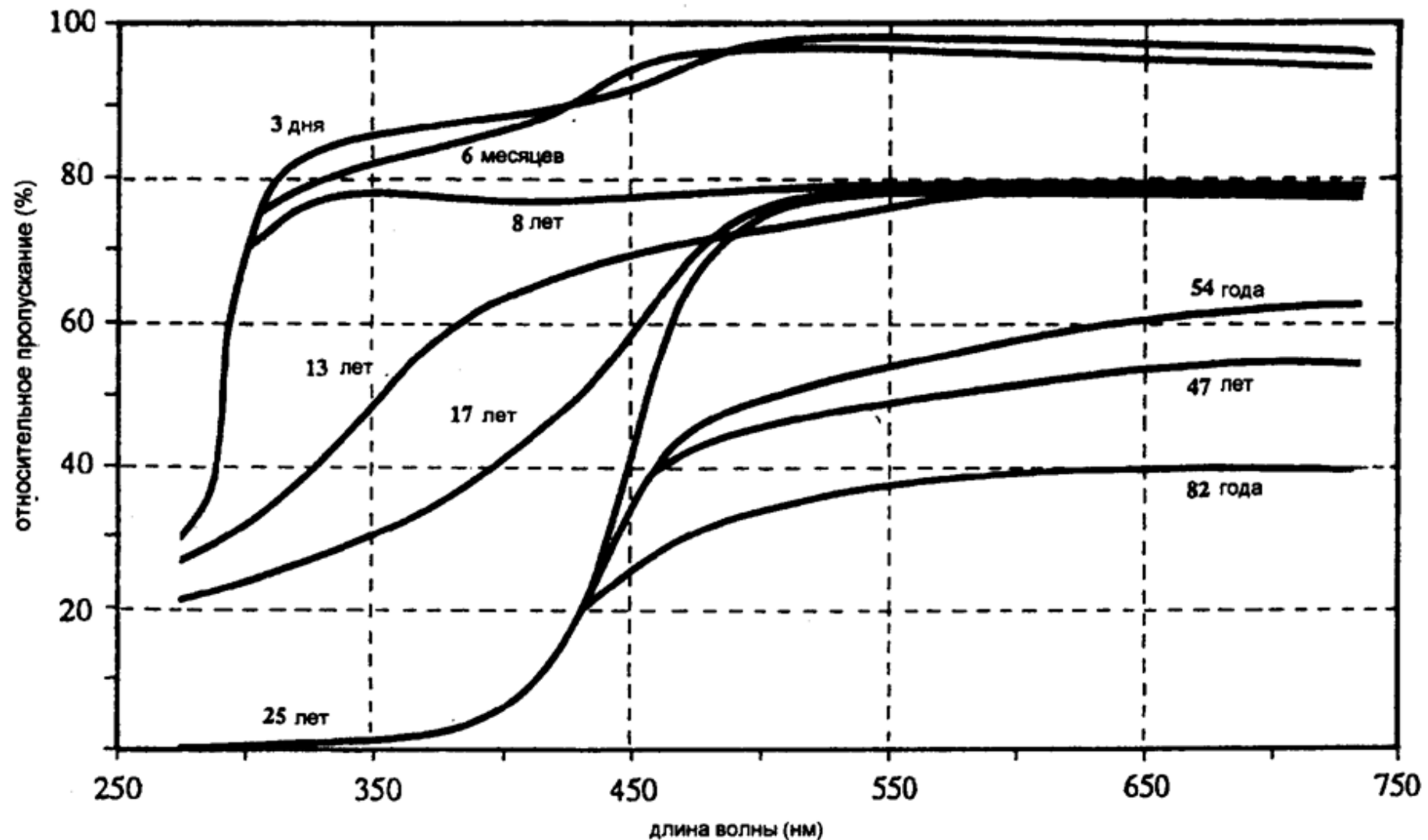
Пропускание УФ света тканями глаза.



Роговица, хрусталик и стекловидное тело выполняют **защитную функцию** от действия УФ излучения на сетчатку

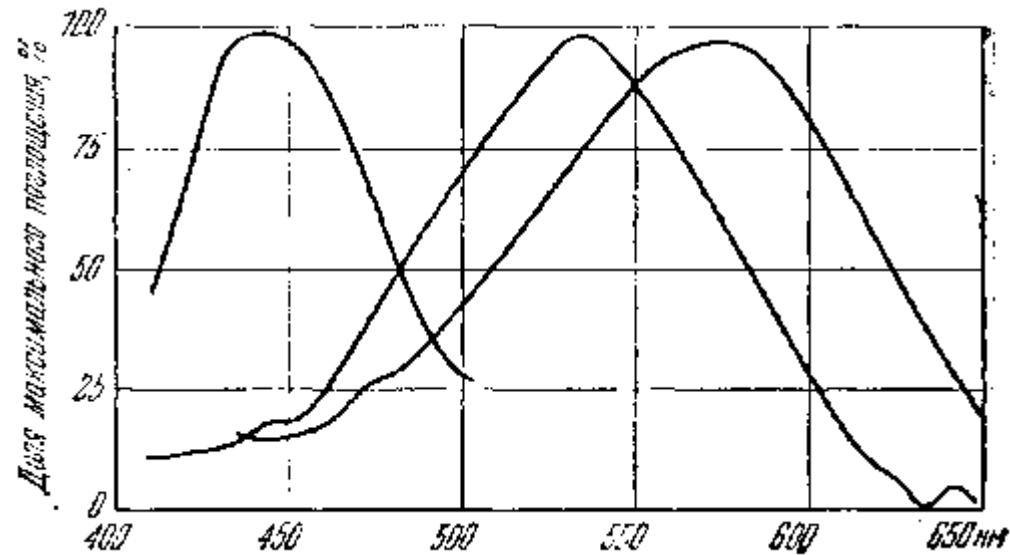
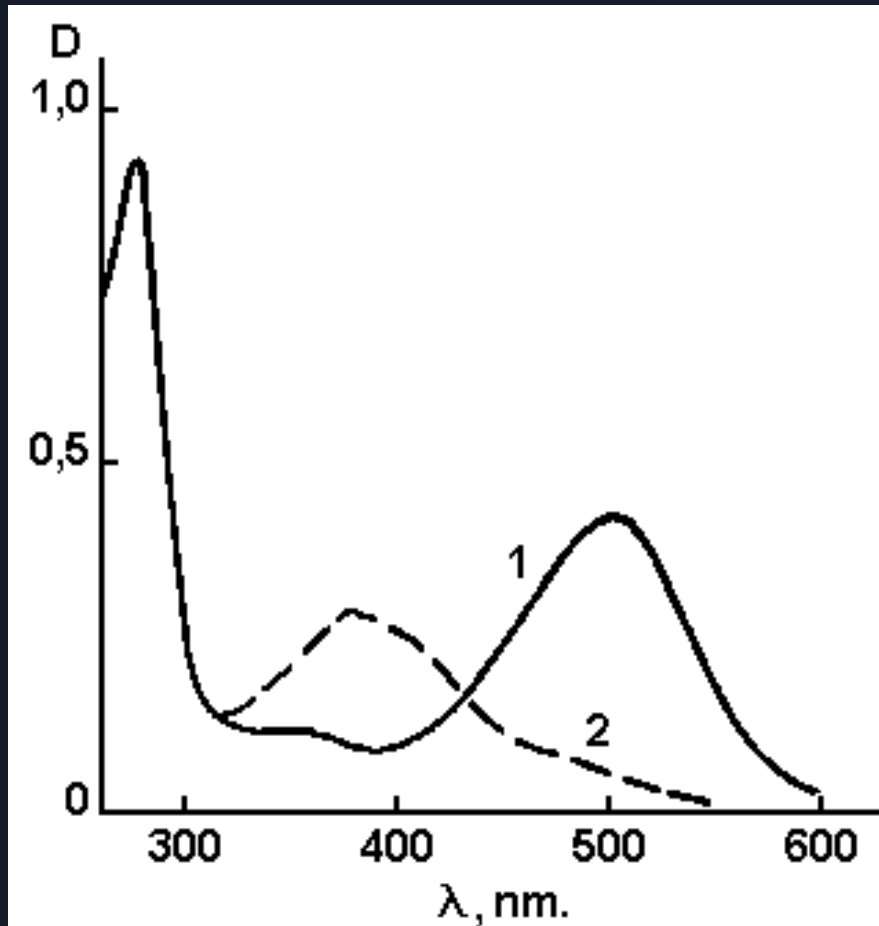


Чувствительность человеческого глаза к свету. Пропускание УФ света тканями глаза



Чувствительность человеческого глаза к свету. Инфракрасная граница

Инфракрасная граница чувствительности глаза к свету обусловлена спектром поглощения родопсина – пигмента отвечающего за зрение.



Кривые спектральной чувствительности колбочек приматов с максимумами при 447 нм (сине-фиолетовый), 540 (зеленый) и 577 нм (желтый).

Фотометрия

Фотометрические понятия и единицы

Сила света - физическая величина, характеризующая величину светового потока отнесенную к **телесному углу**. Единица измерения **силы света**- **кандела**

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Φ - световой поток - единица измерения – **люмен**.

1 люмен=1 кандела*1 стерадиан

Телесный угол (стерадиан)– отношение площади участка сферы к квадрату ее радиуса



$$\Omega = \frac{S}{r^2}$$

Световая эффективность – устанавливает связь **фотометрических и энергетических** единиц измерения лучистой энергии. Из-за различной чувствительности глаза в различных участках видимого диапазона световая эффективность зависит от длины волны. При максимуме кривой видности – 555 нм световая эффективность равна

683,002 лм/Вт

Фотометрические понятия и единицы

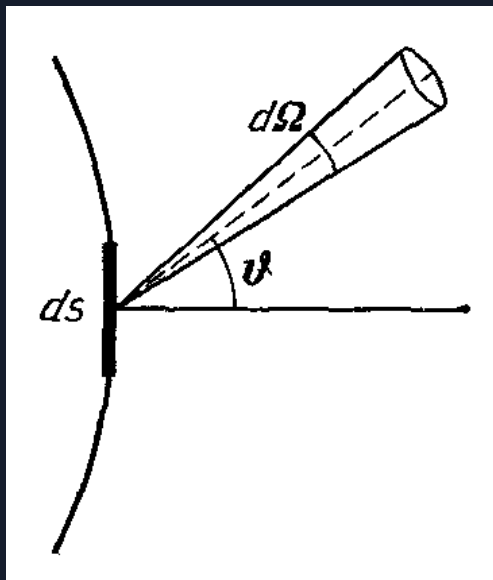
$$E = \frac{\Phi}{S_{\text{приемник}}}$$

Освещенность - величина, равная отношению светового потока, **нормально** падающего на малый участок поверхности, к его площади.

Единица освещенности – **люкс**. **1 люкс = 1 люмен / 1 м²**

$$M = \frac{\Phi}{S_{\text{источник}}}$$

Светимость – называется полный световой поток, посылаемый единицей светящейся поверхности в одну сторону, т. е. в телесный угол 2π (срад).



Яркость – величина характеризующая отношение светового потока, исходящего из единичной площадки ds , отнесенного к единице телесного угла $d\Omega$ в заданном направлении.

$$B = \frac{\Phi}{d\Omega ds \cos \vartheta}$$

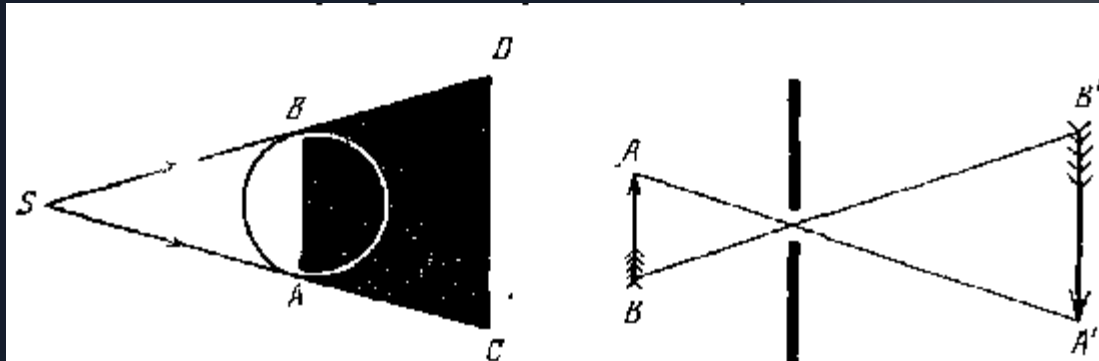
Единица яркости – **1 кандела/1 м²**

Геометрическая оптика

Геометрическая оптика.

Закон прямолинейного распространения света

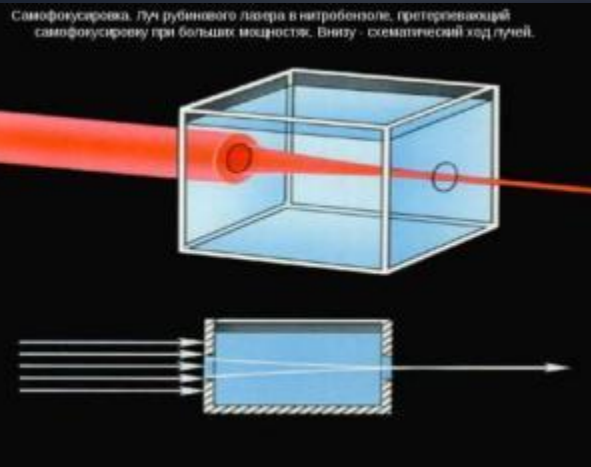
тени



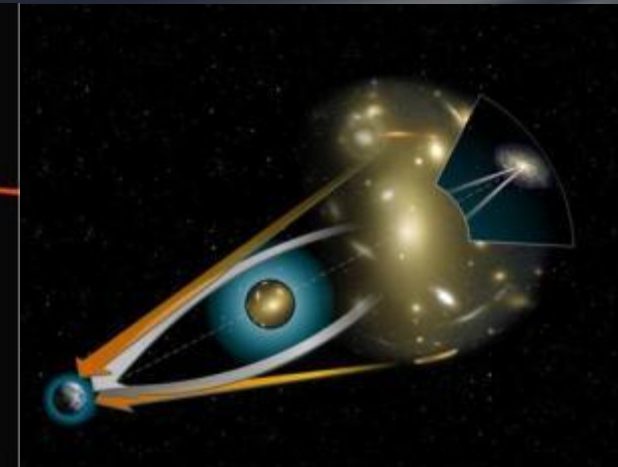
Камера
обскура



Неоднородность среды.
Искусственная
неоднородность реализуется
в градиентных линзах и
оптических волокнах



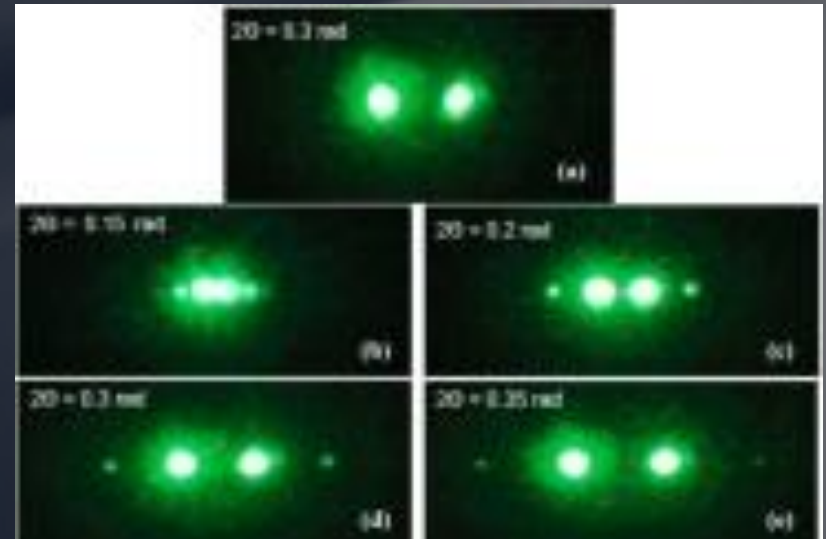
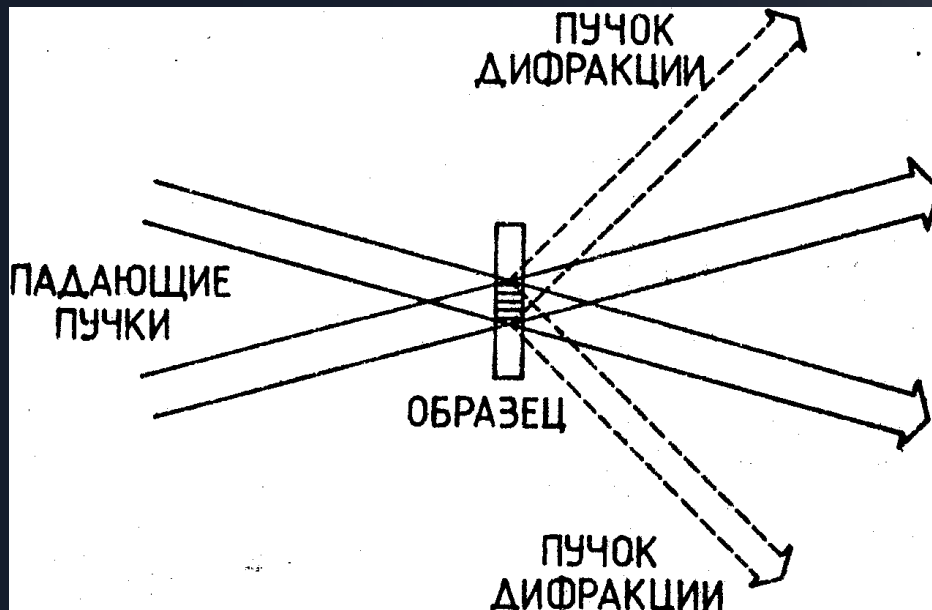
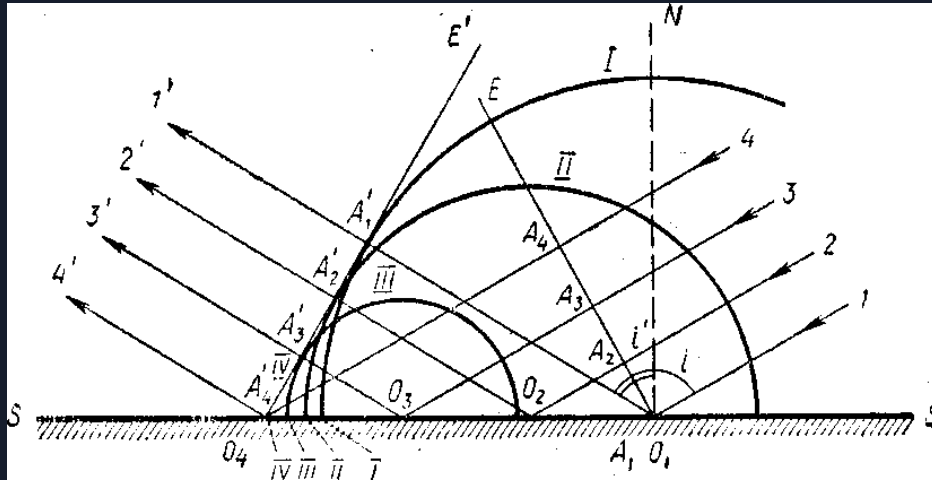
Наведенная светом
неоднородность –
самофокусировка,
тепловые линзы



Гравитационная линза
- влияние
гравитационного
поля на ход световых
лучей

Геометрическая оптика

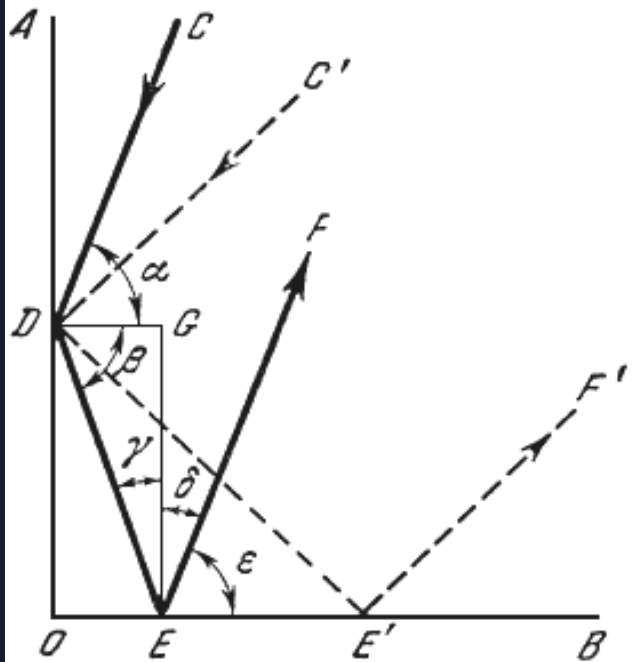
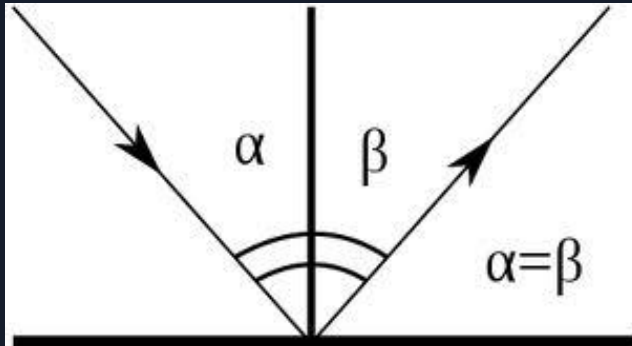
Закон независимости световых пучков



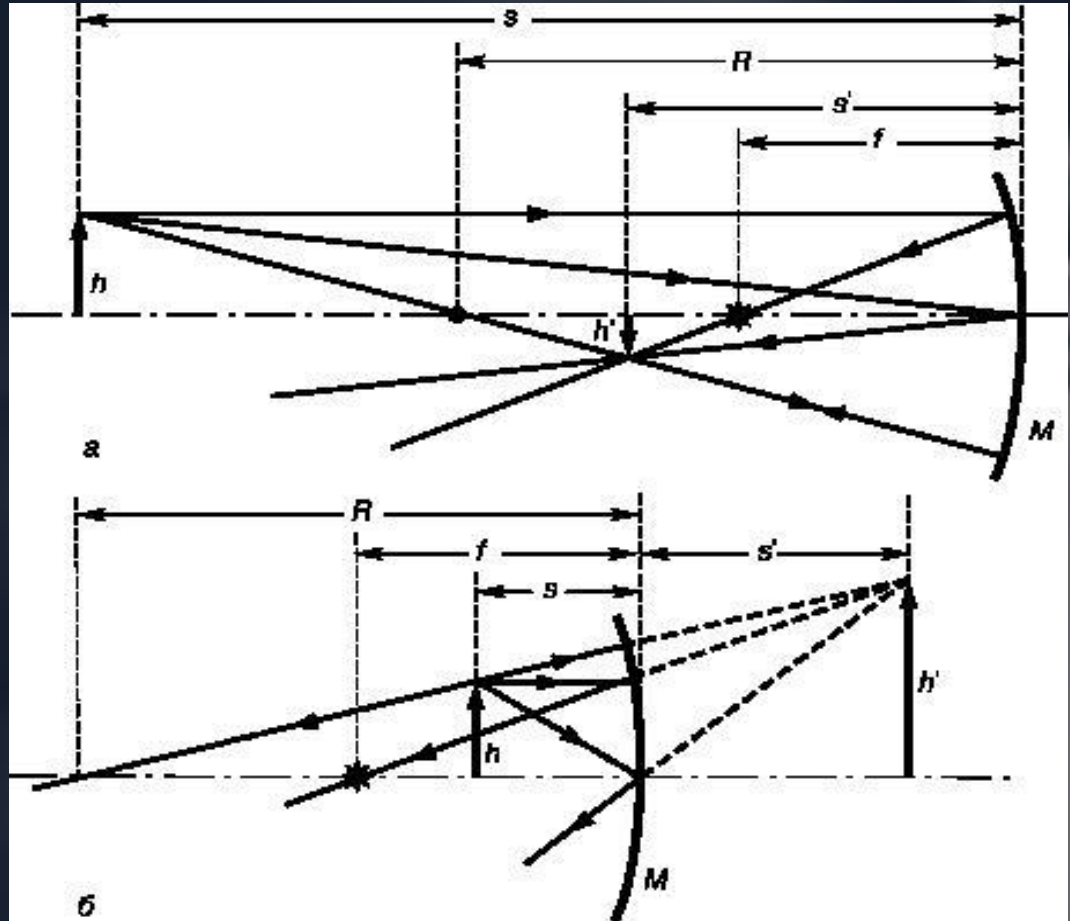
Самодифракция света

Геометрическая оптика

закон отражения, сферическое зеркало



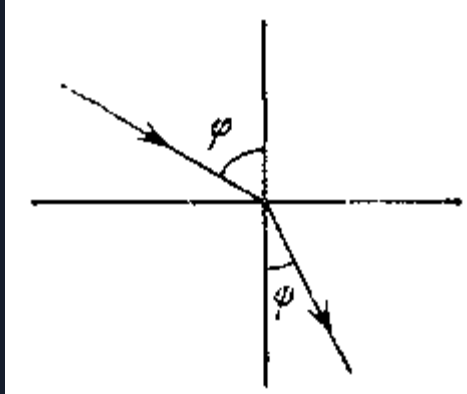
Уголковый отражатель, возвращает луч в обратном направлении



$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f}$$

Геометрическая оптика

закон Снеллиуса

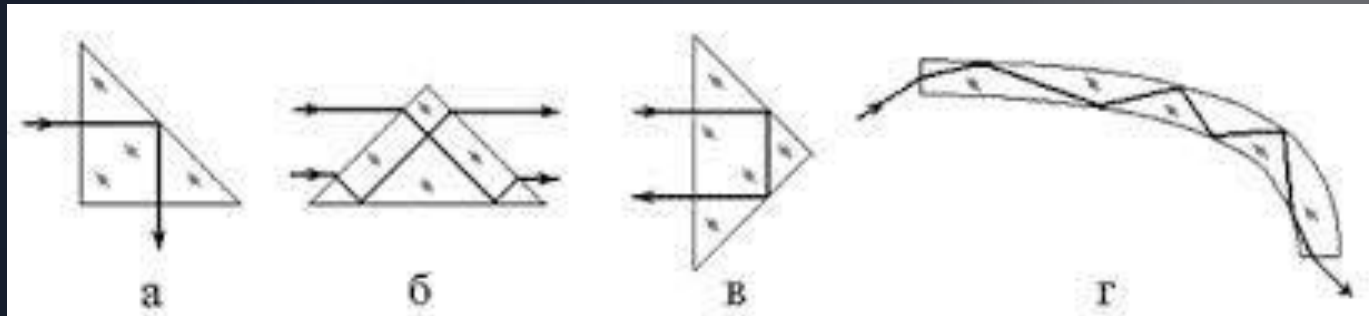
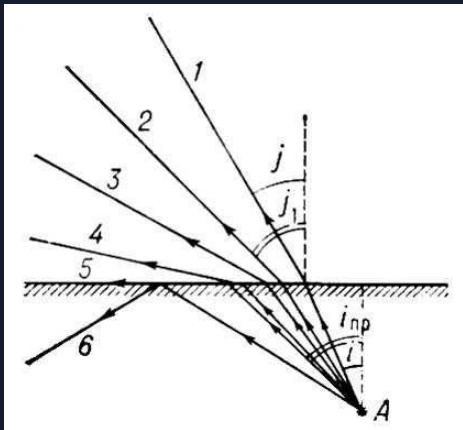


$$\frac{\sin \varphi}{\sin \psi} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

n_{21} - относительный показатель преломления среды, n_1 , n_2 - показатели преломления сред относительно вакуума

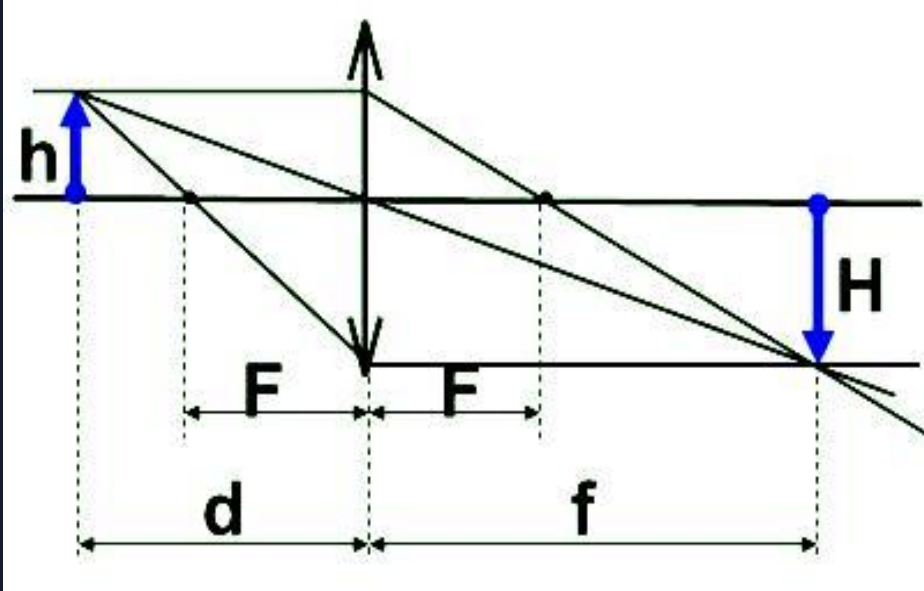
Полное внутреннее отражение

$$\sin \varphi_0 = n_{21}; \varphi_0 = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$



Геометрическая оптика

тонкая линза



$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

F- Главное фокусное расстояние

D-оптическая сила линзы

Единица измерения – диоптрий

$D > 0$ собирающая линза

$D < 0$ рассеивающая линза

$1/f > 0$ изображение действительное

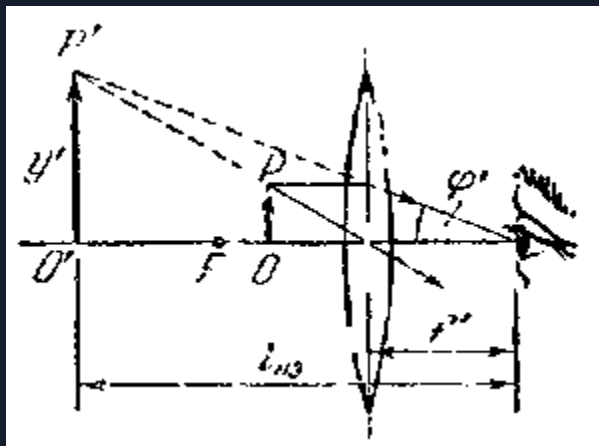
$1/f < 0$ изображение мнимое

- Пространство объектов
- Пространство изображений
- Оптическая ось
- Фокальная плоскость
- Передний фокус, задний фокус
- Увеличение тонкой линзы

$$M = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

Геометрическая оптика

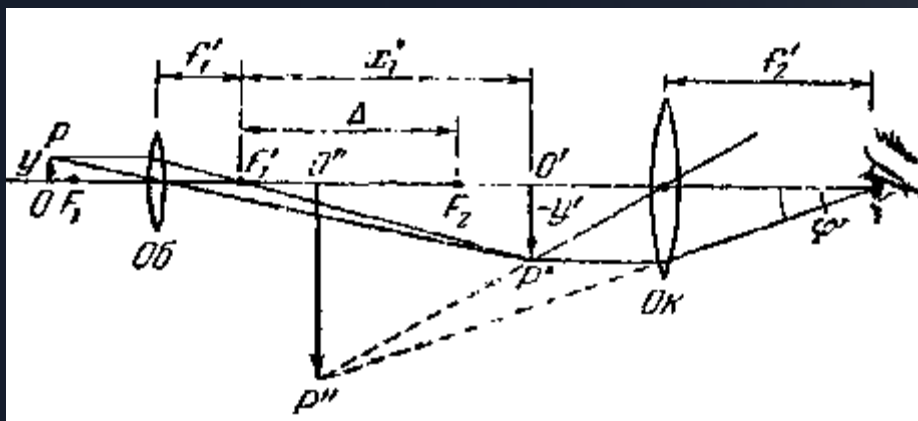
Лупа, микроскоп, телескоп



Положение лупы подбирается так, чтобы расстояние от изображения до глаза равнялось расстоянию наилучшего зрения - для нормального глаза $l_{нз}=25$ см. Лупа дает прямое изображение

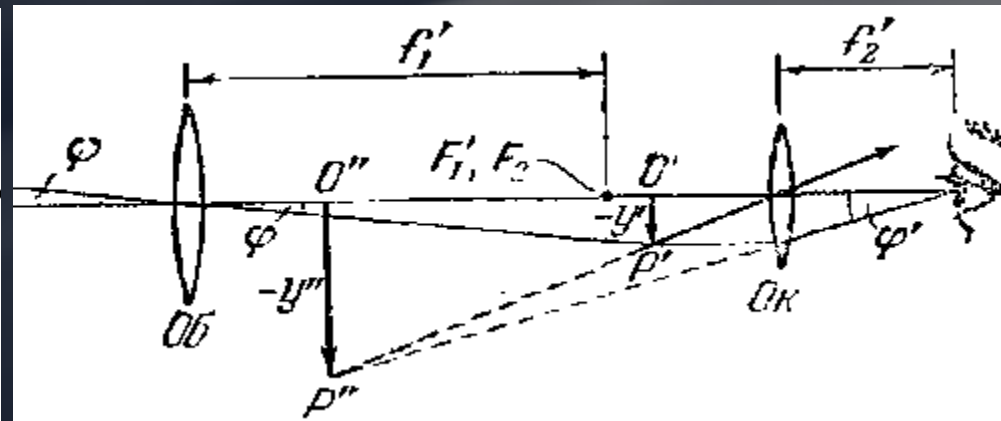
$$\text{Увеличение лупы: } M = \frac{l_{нз}}{f'}$$

Микроскоп



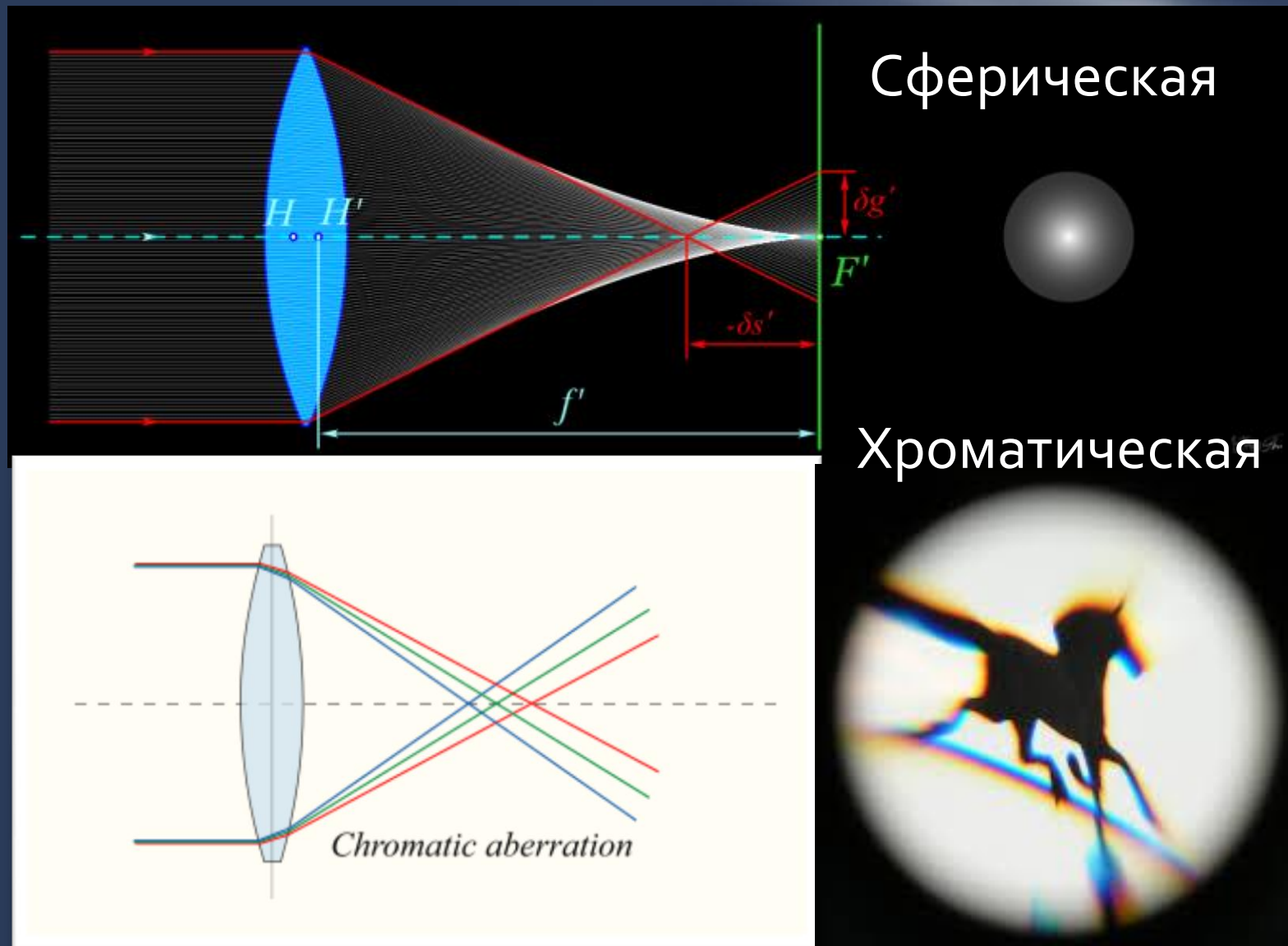
$$\text{Увеличение микроскопа: } M = \frac{l_{нз} \Delta}{f_1' f_2'}$$

Зрительная труба



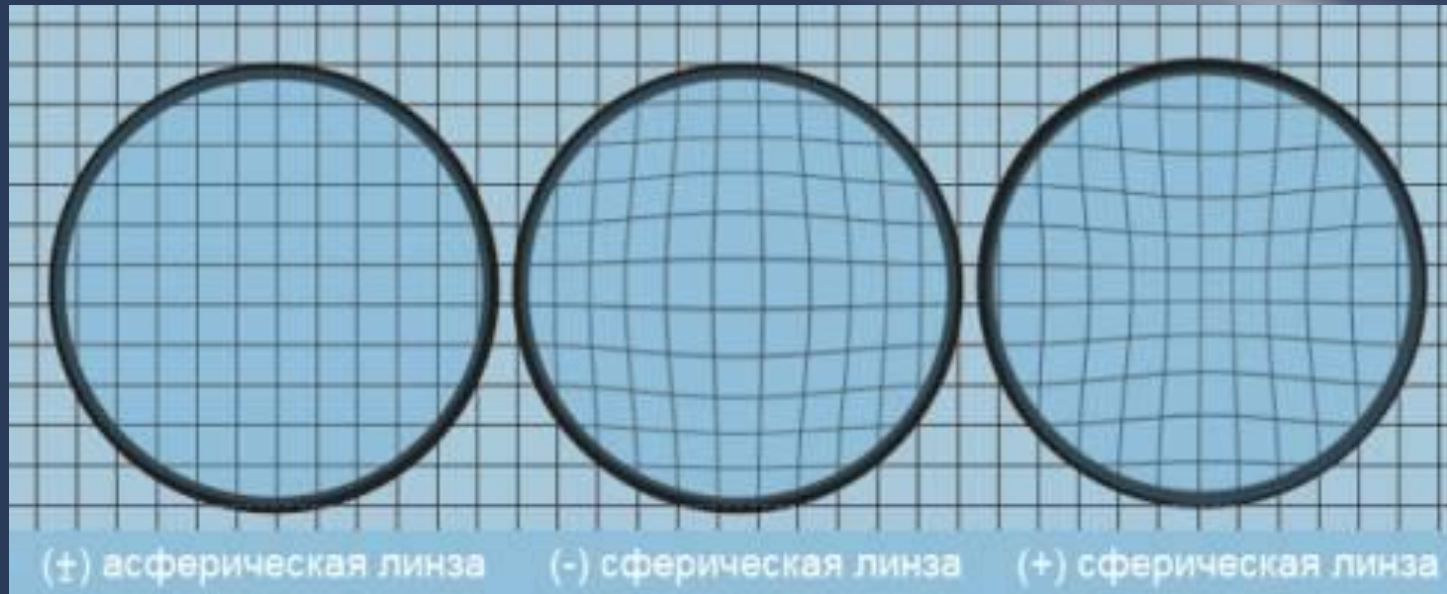
$$\text{Увеличение телескопа: } M = \frac{f_1'}{f_2'}$$

Аберрации линз



Аберрации линз

Дисторсия



Астигматизм

