



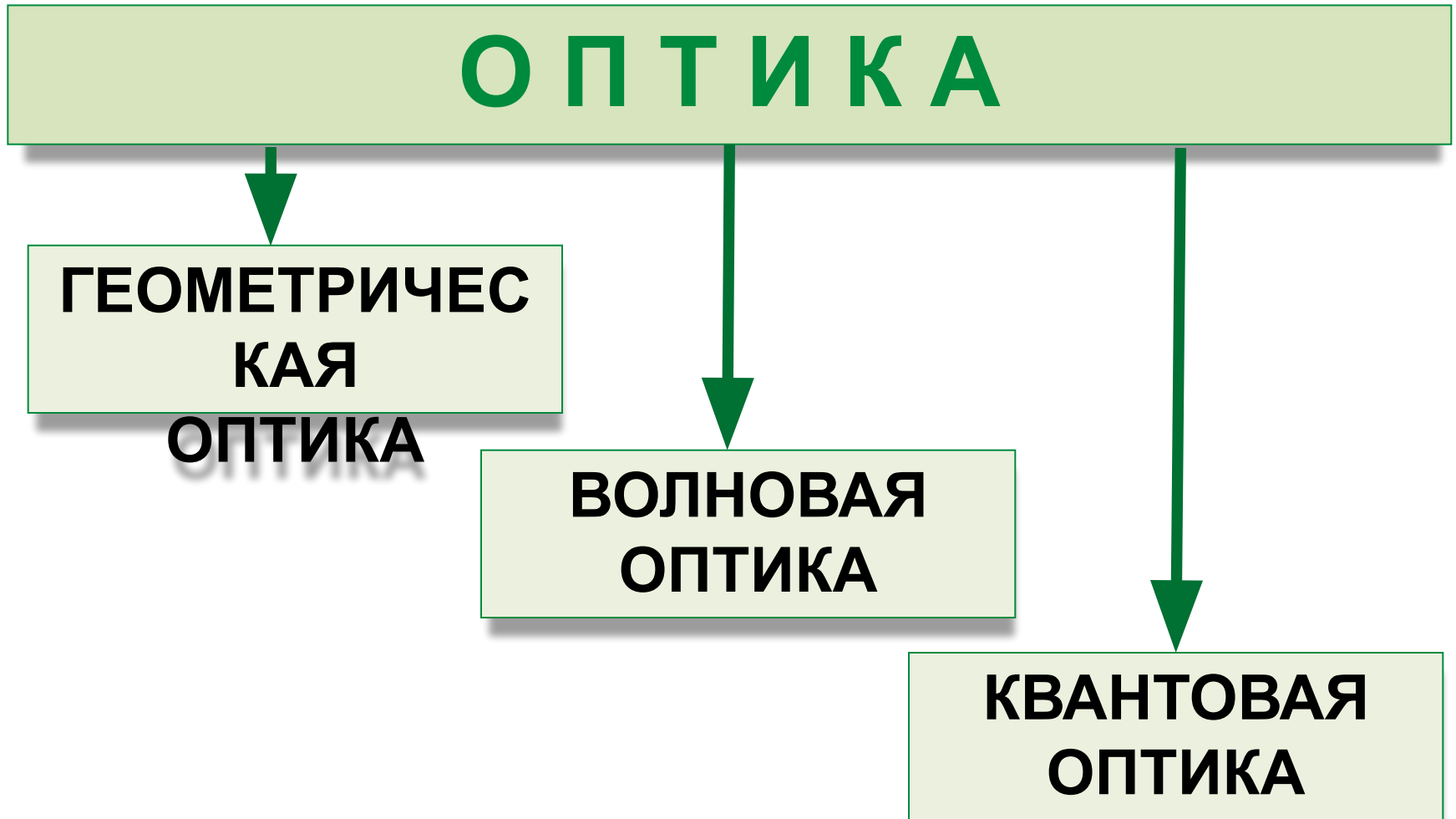
Международный государственный экологический институт
им. А.Д. Сахарова БГУ

О П Т И К А

Лекция 5

ОПТИКА — раздел физики, рассматривающий явления, связанные с распространением электромагнитных волн **видимого, инфракрасного и ультрафиолетового** диапазонов спектра

СТРУКТУРА РАЗДЕЛА «ОПТИКА»



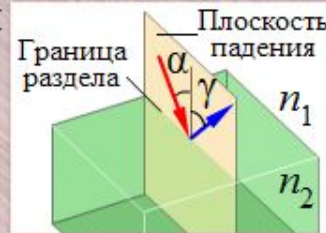
ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

1. Законы геометрической оптики

1.1. Законы прямолинейного распространения
Свет в оптически однородной среде распространяется прямолинейно

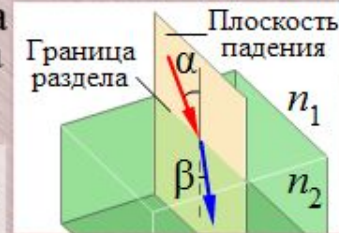
1.2. Закон отражения
Угол падения равен углу отражения

$$\alpha = \gamma$$



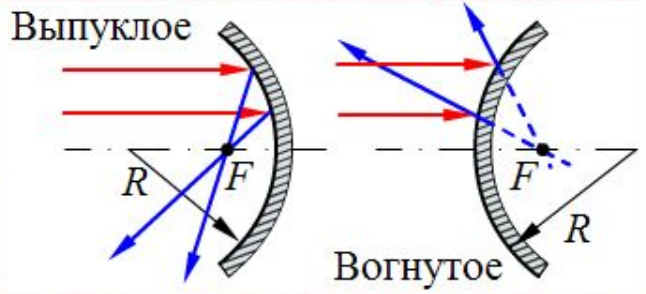
1.3. Закон преломления
Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных сред

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$



2. Зеркала

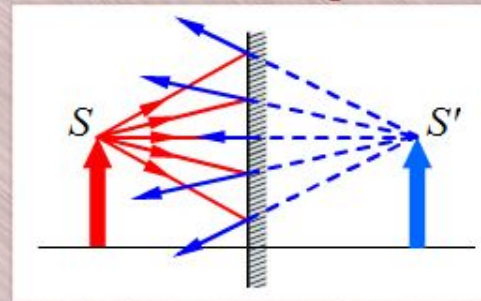
2.1. Сферическое зеркало



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

d – расстояние от предмета до зеркала,
 f – расстояние от зеркала до изображения,
 F – фокусное расстояние

2.2. Плоское зеркало



2.3. Линейное увеличение сферического зеркала



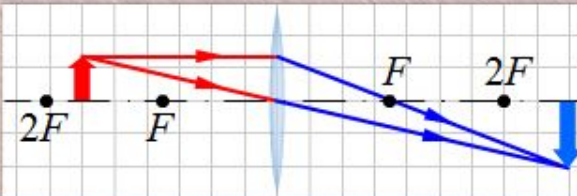
$$\Gamma = \frac{h'}{h} = -\frac{f}{d}$$

$h' > 0$ – прямое изображение,
 $h' < 0$ – перевёрнутое изображение

3.1. Формула тонкой линзы

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

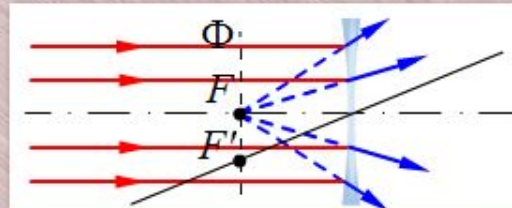
F – фокусное расстояние,
 D – оптическая сила линзы,
 $d > 0, f > 0$ – действительный предмет,
 $d < 0, f < 0$ – мнимый предмет



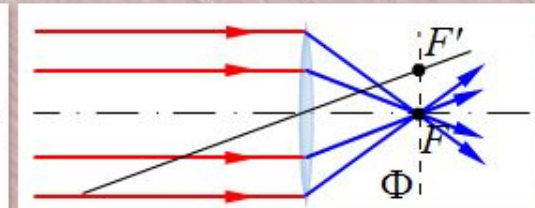
3.2. Прохождение лучей через линзу

$$D = \frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Рассеивающая линза



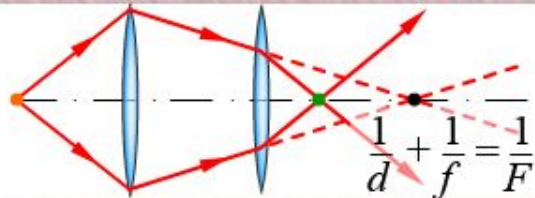
Собирающая линза



ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Преломление лучей в оптических системах

1. Комбинация линз и зеркал



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

Оптическая сила линзы

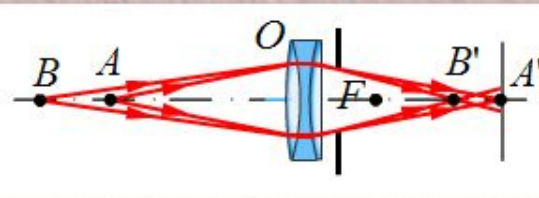
$$D = \frac{1}{F}$$

Увеличение системы

$$\Gamma_1 = \frac{f_1}{d_1} \quad \Gamma_2 = \frac{f_2}{d_2}$$

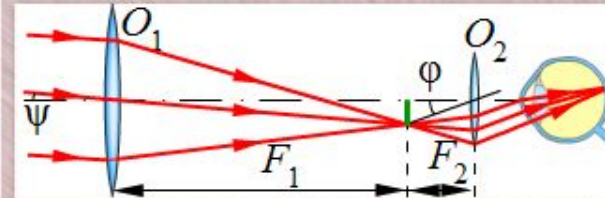
$$\Gamma = \Gamma_1 \cdot \Gamma_2$$

2. Фотоаппарат



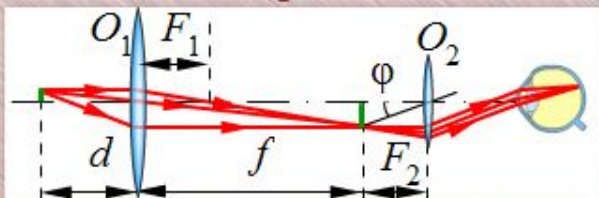
d может быть уменьшено путём уменьшения a/f

3. Телескоп



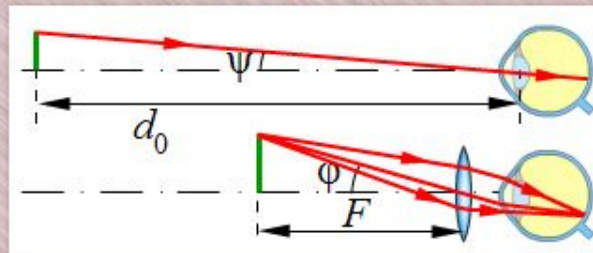
$$\gamma = \frac{\phi}{\psi}$$

4. Микроскоп



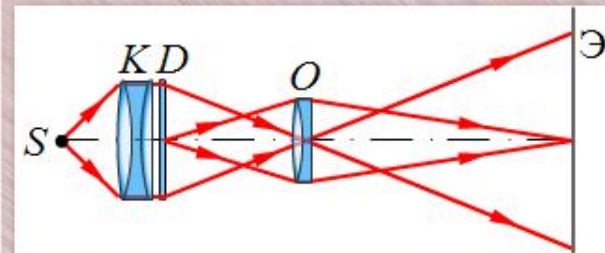
$$\gamma = \frac{\phi}{\psi} = \frac{l \cdot d_0}{F_1 \cdot F_2}$$

5. Лупа



$$\gamma = \frac{\phi}{\psi} = \frac{d_0}{F}$$

6. Проекционный аппарат



Увеличение можно изменять, приближая или удаляя экран Э с одновременным изменением расстояния между диапозитивом D и объективом O

7. Глаз человека

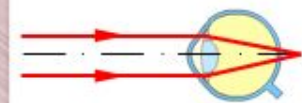
$$D = \frac{1}{F}$$



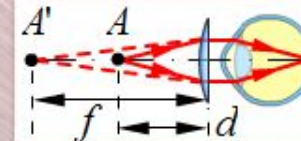
Нормальный глаз



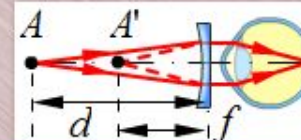
Близорукий глаз



Дальнозоркий глаз



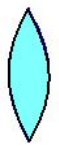
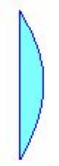


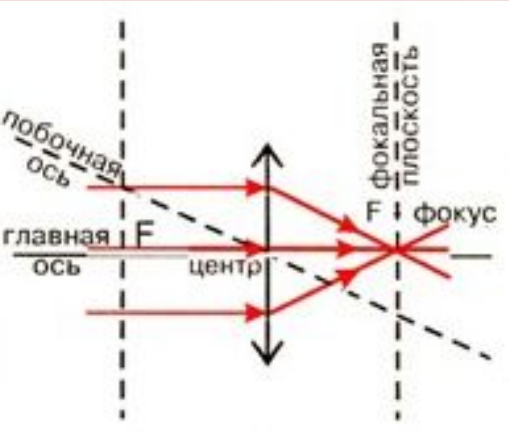
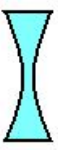
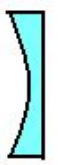
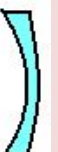

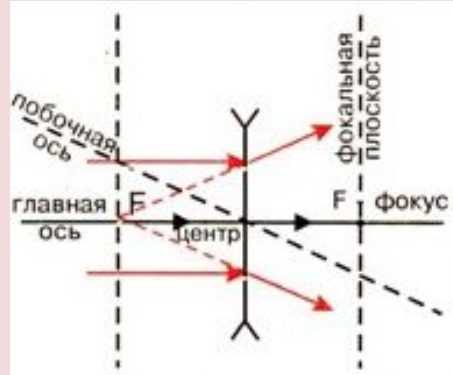
Подбор очков для дальнорозкого глаза



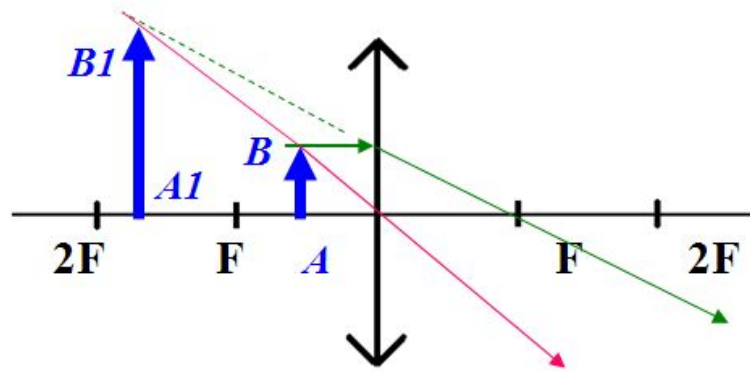
Подбор очков для близорукого глаза

ЛИНЗЫ

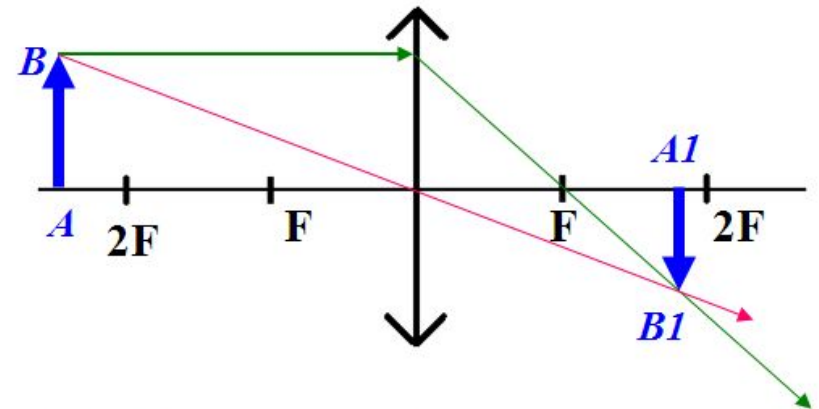
Линзы – тела из стекла, ограниченные сферическими поверхностями

<p>Собирающие (выпуклые)</p>	<p>1. Двояково-выпуклые </p> <p>2. Плосково-выпуклые </p> <p>3. Вогнуто-выпуклые </p>	<p>Изображение на схемах</p> 	
<p>Рассеивающие (вогнутые)</p>	<p>1. Двояковогнутые </p> <p>2. Плосковогнутые </p> <p>3. Выпукловогнутые </p>	<p>Изображение на схемах</p> 	

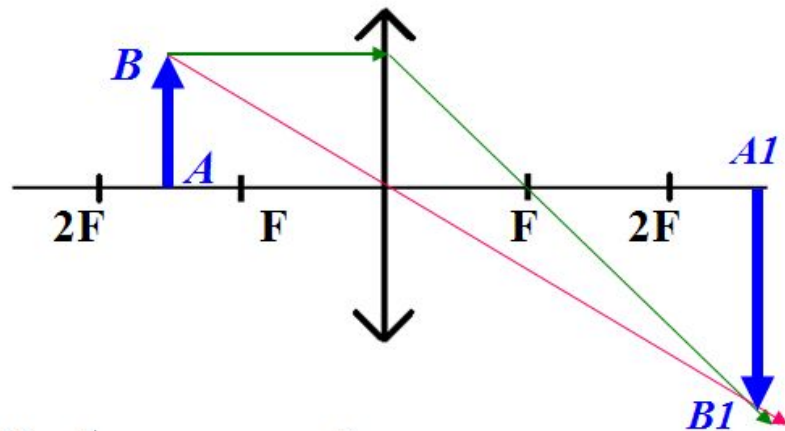
ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЛИНЗАХ



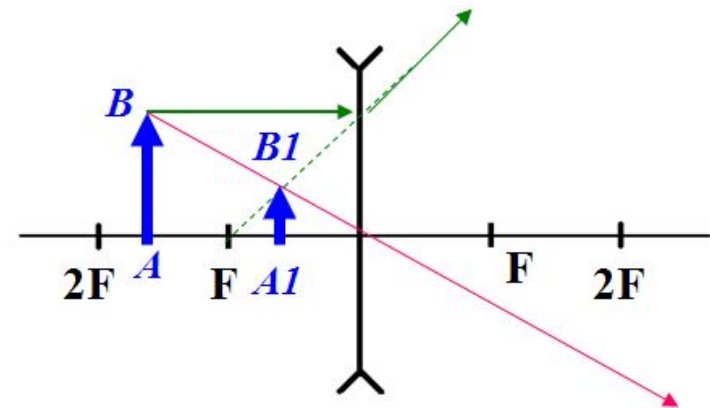
Изображение мнимое, увеличенное, прямое



Изображение действительное, уменьшенное, перевернутое



Изображение действительное, увеличенное, перевернутое

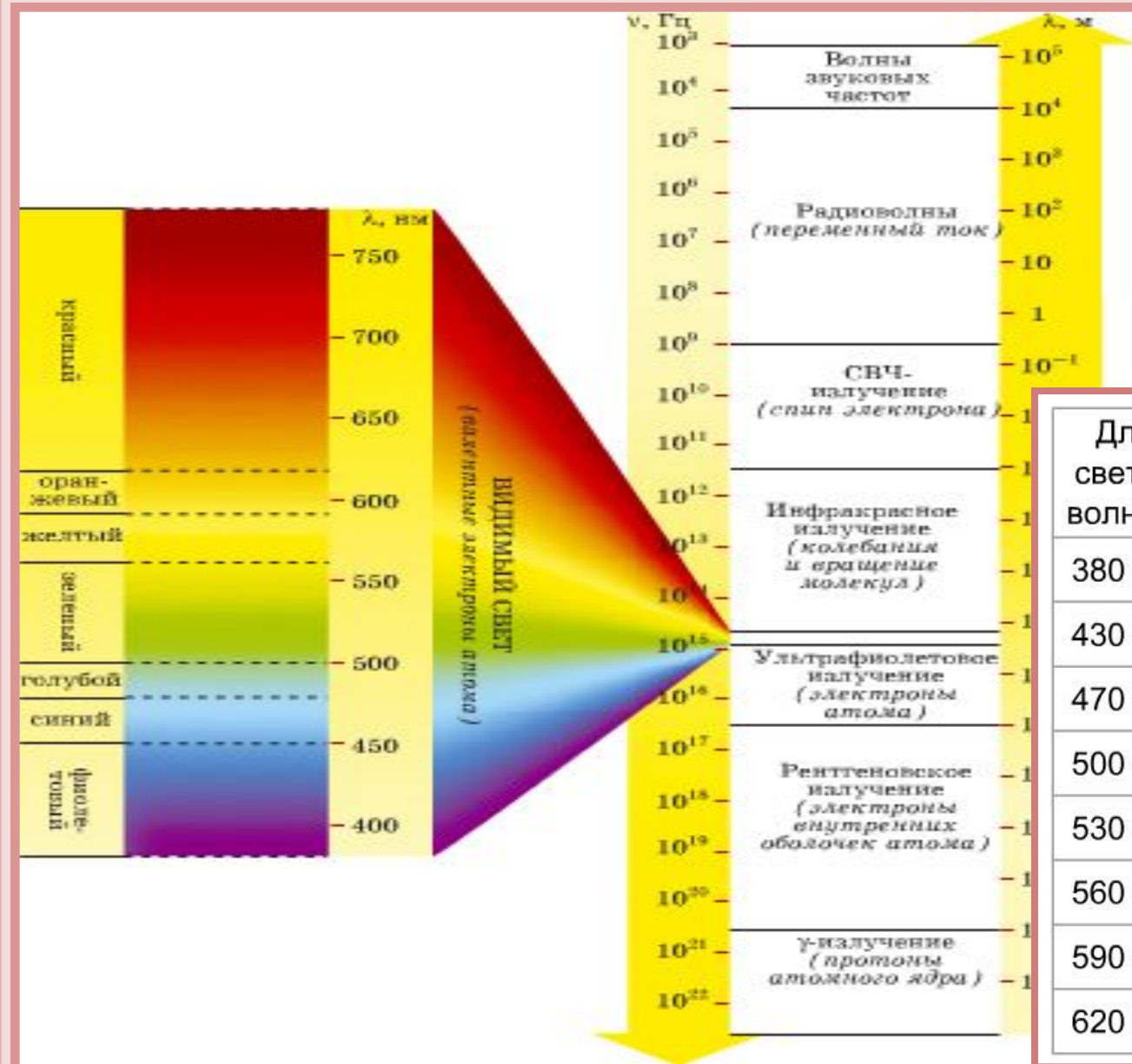


Изображение мнимое, увеличенное, прямое

ВИДЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЛИНЗАХ

Расстояние от предмета до линзы (d)	Характер изображения	Применение на практике
$d > 2F$	Изображение действительное, уменьшенное, перевернутое, находится между F и $2F$	В фотоаппаратах
$d = 2F$	Изображение равное, действительное, перевернутое, находится на $2F$	В оптических приборах для получения чёткого изображения
$d > 2F > F$	Изображение действительное, увеличенное, перевернутое, находится за $2F$	Фотоувеличитель, проекционный аппарат, киноаппарат, объектив микроскопа.
$d < F$	Изображение увеличенное, мнимое, прямое, находится от линзы дальше, чем предмет	« Увеличительные стёкла »

ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН



Длина световой волны, нм

380 – 430
430 – 470
470 – 500
500 – 530
530 – 560
560 – 590
590 – 620
620 – 760

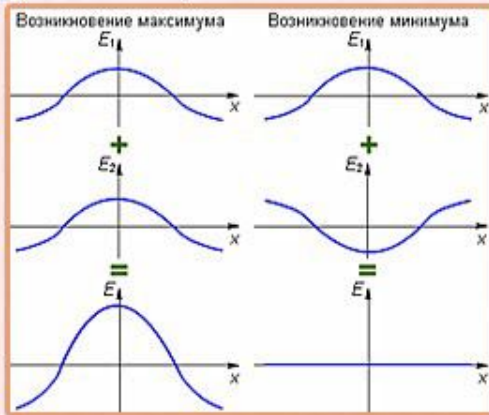


Видимый цвет

фиолетовый
синий
голубой
зеленый
желто-зеленый
желтый
оранжевый
красный

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

1. Интерференция – явление наложения двух или нескольких когерентных волн, в результате которого наблюдается устойчивое усиление или ослабление результирующей волны



1.1. Условие минимума

$$\Delta = \pm m \lambda$$



1.2. Условие максимума

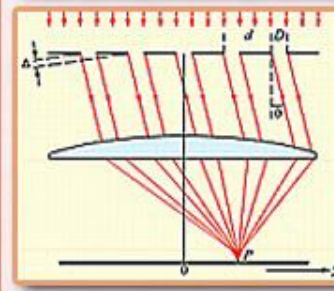
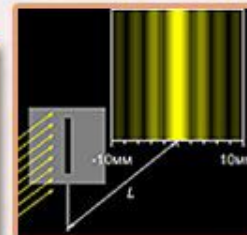
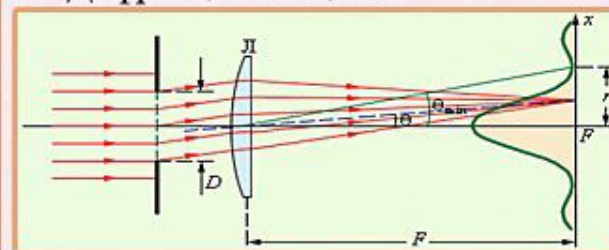
$$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$



Т. Юнг

2. Дифракция – отклонения света от прямолинейного направления при его распространении в среде с резко выраженной оптической неоднородностью

Дифракция на щели



Дифракционные максимумы
 $\Delta = d \sin \theta_m = m \lambda$
 ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$)



О. Френель

3. Дисперсия – зависимость абсолютного показателя преломления вещества от длины волны света



Разложение белого света призмой

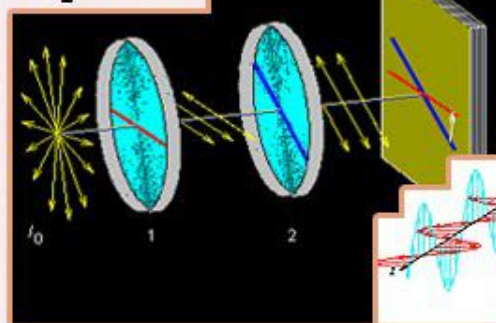


Спектр белого света

4. Поляризация – явление направленного колебания векторов напряженности электрического поля или напряженности магнитного поля

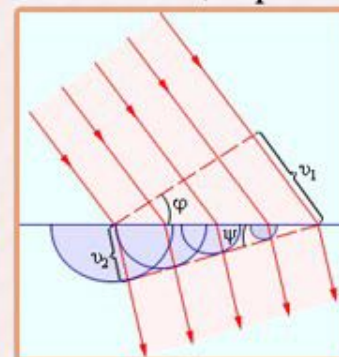
Закон Малюса

$$I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \Delta \varphi$$



Э. Л. Малюс

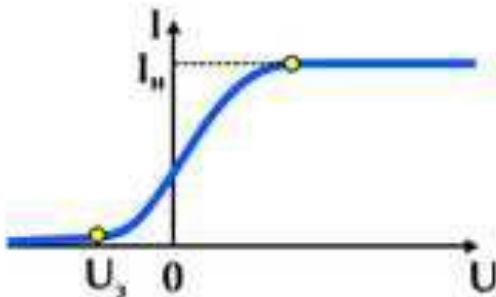
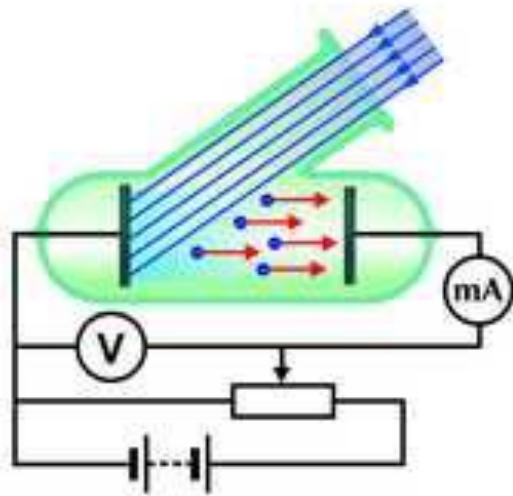
5. Принцип Гюйгенса – каждая точка, до которой доходит волна, становится центром вторичных волн



Х. Гюйгенс

КВАНТОВАЯ ОПТИКА

ФОТОЭФФЕКТ - испускание электронов веществом под действием света



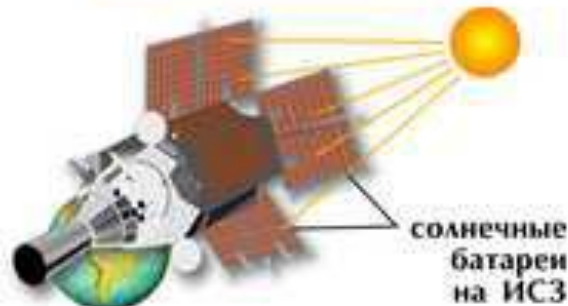
$$h\nu = A + \frac{m\nu^2}{2}$$

$h\nu_{кр} = A$ - красная граница

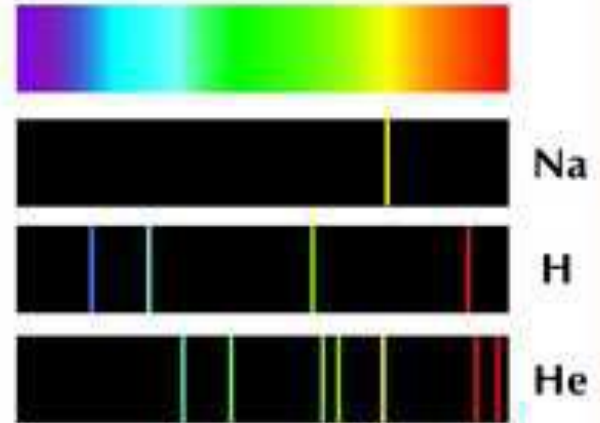
$E = h\nu$ - энергия фотона

$p = \frac{h\nu}{c}$ - импульс фотона

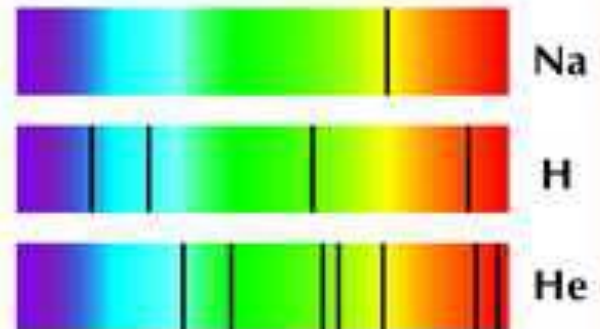
ФОТОЭЛЕМЕНТЫ



СПЕКТР ИСПУСКАНИЯ



СПЕКТР ПОГЛОЩЕНИЯ



Na

H

He

Na

H

He

КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (ЭМИ)

Частица: m - масса

$p = mv$ - импульс

$E = mv^2/2$ - кинетическая энергия

Волна: λ - длина волны

ν - частота

T - период

Электромагнитное излучение

Макс Планк
1900 г.

$$E = h \cdot \nu$$

$h \cdot \nu$ – энергия кванта ЭМИ нагретого тела (дискретная порция)

$h = 6,6262 \cdot 10^{-34}$ Дж · с - постоянная Планка

ν - частота излучения [s^{-1}]

Альберт Эйнштейн
1905 г.

$$E = m \cdot c^2$$

квант энергии любого ЭМИ – частица - **фотон**

m - масса фотона, кг

$c = 2,9979 \cdot 10^8$ м/сек - скорость света

$$h\nu = mc^2 \quad \nu = \frac{c}{\lambda}$$

Корпускулярно-волновой дуализм

ЭМИ: фотон - частица и/или волна



$$m = \frac{h}{c\lambda}$$



$$\lambda = \frac{h}{m \cdot c}$$



$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$p = m \cdot c$ - импульс фотона

КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ СВЕТА

Фотон — это частица (квант, корпускула) электромагнитного излучения.

Свет — это поток части, он испускается, поглощается и распространяется в виде отдельных квантов (**фотонов**).

С другой стороны: свет — это электромагнитные волны с определенной длиной волны.

Корпускулярно-волновой дуализм света состоит в том, что фотоны света при определённых условиях проявляют свойства волн, а при других условиях — свойства частиц.

Волновые свойства	Корпускулярные свойства
интерференция света	излучение электромагнитных волн
дифракция света	фотоэффект
поляризация света	эффект Комптона - (рассеяние фотонов на свободных электрона)

Чем свойства и тем **слабее** – волновые.