

ПРИКЛАДНАЯ ГОЛОГРАФИЯ

лекция 3

лектор:

Ольга Владимировна
Андреева

olga_andreeva@mail.ru

Внимание важным параметрам: *период и толщина голограммы*

- Свойства голограммы определяются соотношением между периодом голограммы и ее толщиной
- В зависимости от толщины регистрирующей среды голограммы с одинаковым периодом могут быть и двумерными и трехмерными

Теоретический критерий степени объемности для голограмм-решеток

Параметр Клейна $Q = 2\pi\lambda T/(nd)$

- λ - длина волны излучения,
- T - толщина голограммы,
- d - пространственный период
- n - средний показатель преломления голограммы.

При $Q > 10$ голограмму принято считать трехмерной.

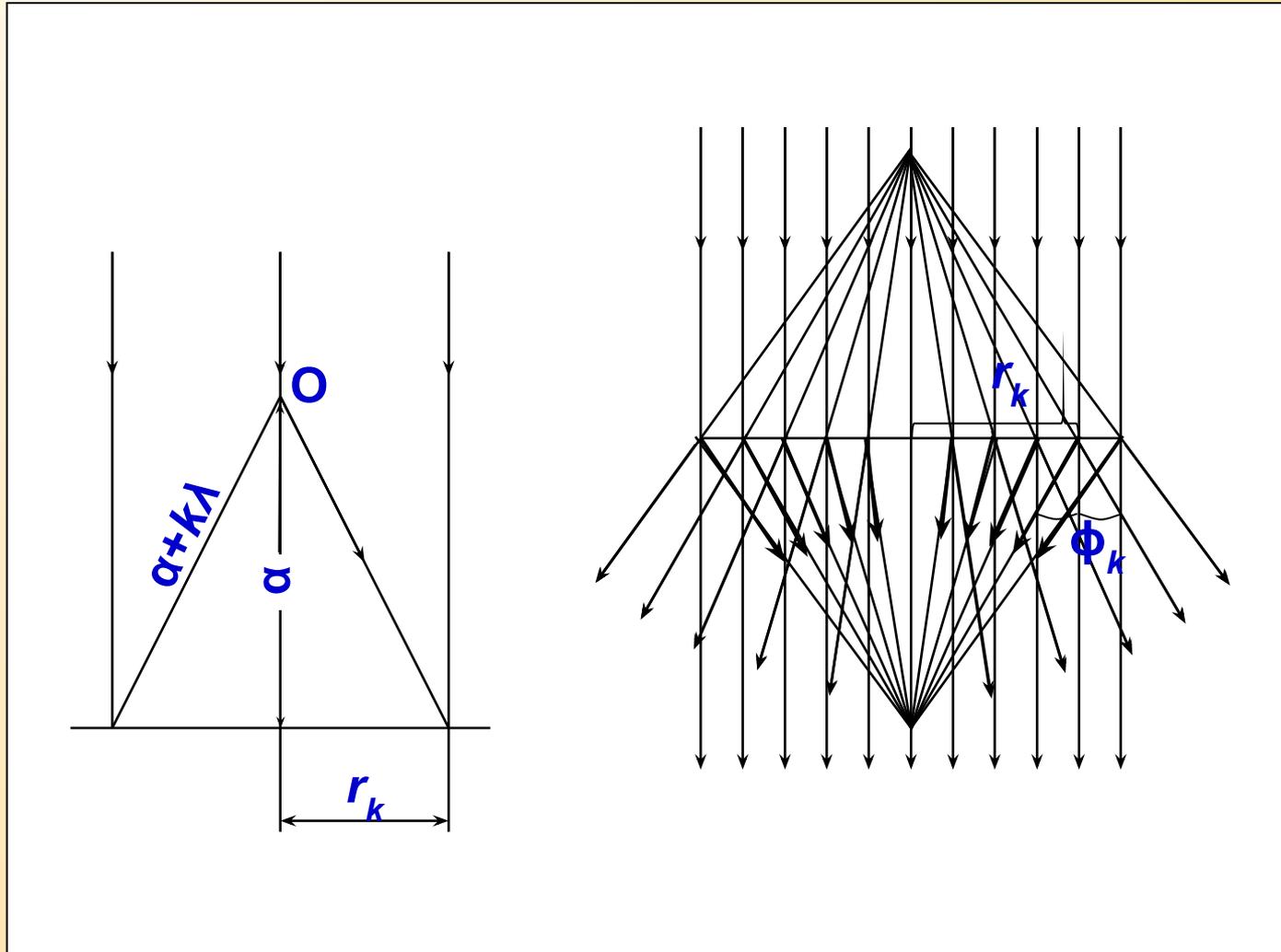
Высокоселективные голограммы имеют $Q > 1000$.

Голограммы-решетки

- **Плоские** (двумерные, 2D-) решетки:
 $Q \ll 1$.
- **Объемные** (трехмерные, 3D-) решетки:
 $Q > 10$.
- Промежуточный случай: $Q < 10$, когда решетку нельзя считать плоской, не имеет какого-либо специального названия и соответствующего аналитического описания.

Объект – точка.

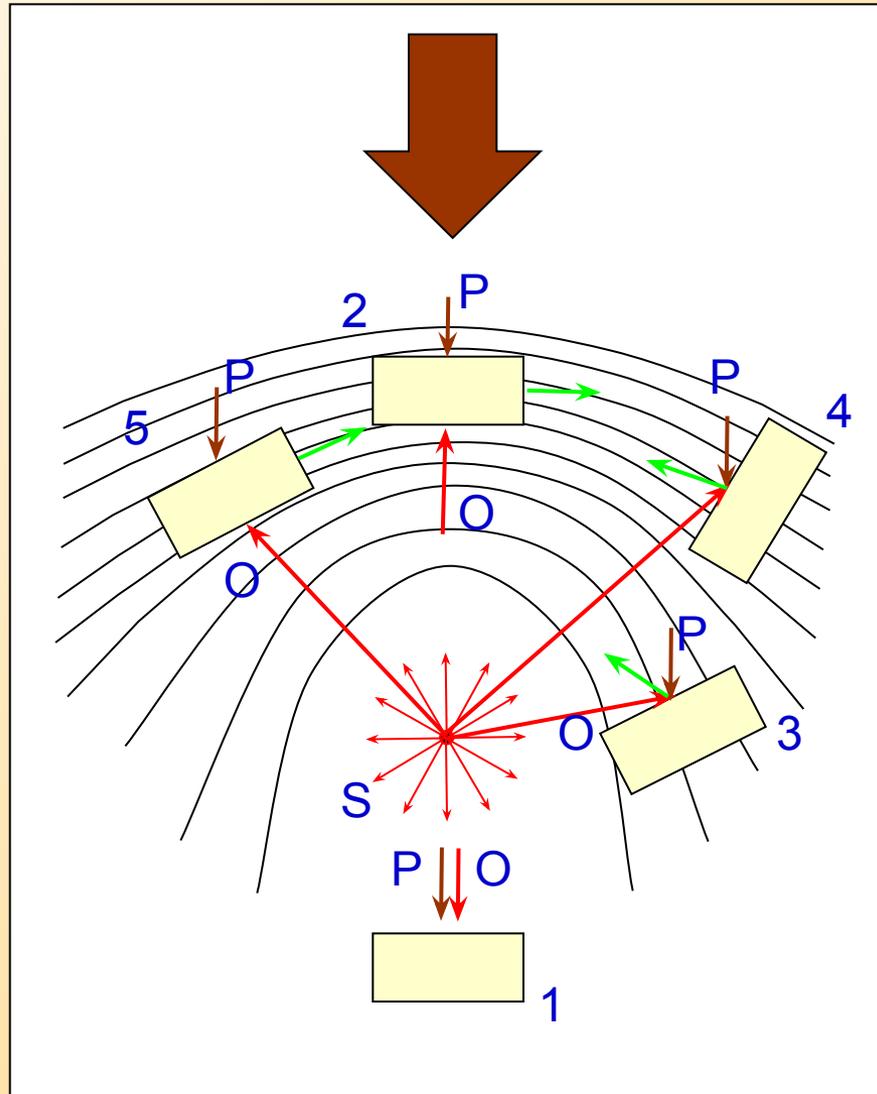
Картина взаимодействия плоской и сферической волны.



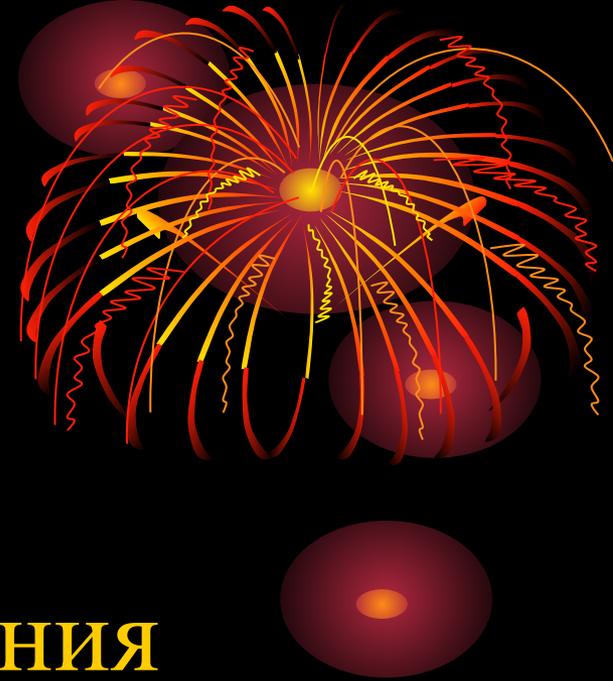
Зонная пластинка Френеля



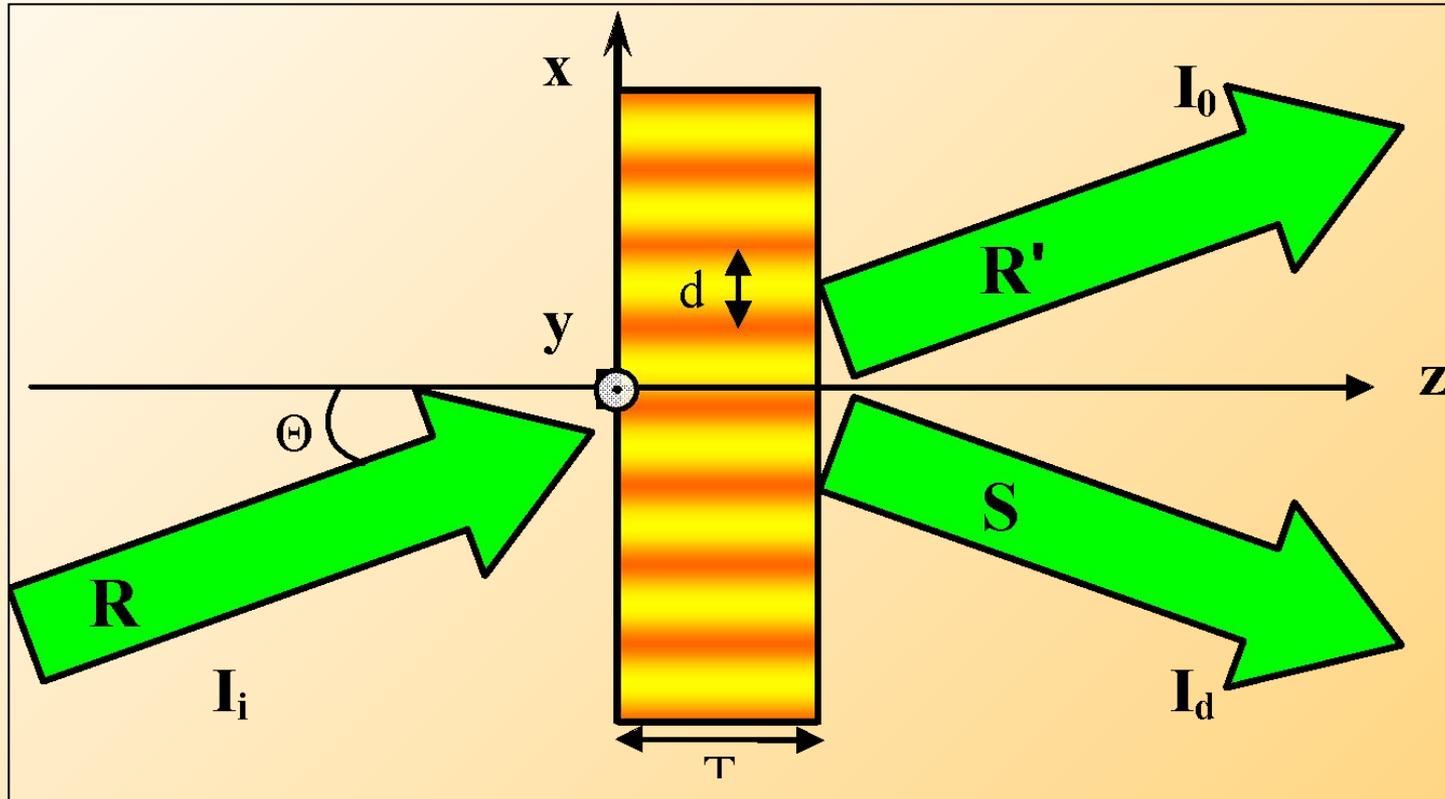
Геометрия образования голограмм



Дифракция излучения на голограмме



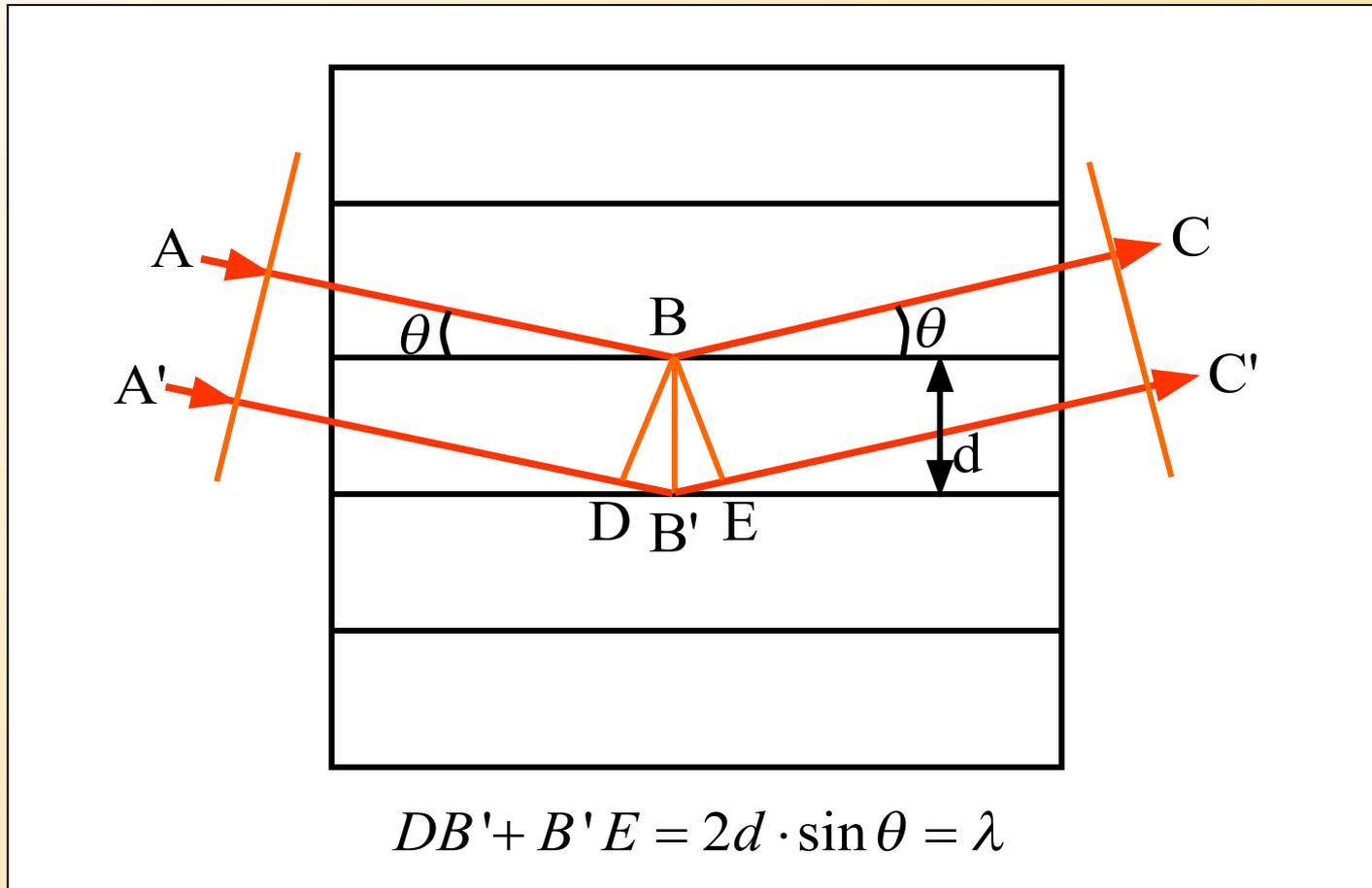
Схематическое расположение голограммы, опорной и дифрагированной волн.



$$\varepsilon(x) = \varepsilon_0 + \varepsilon_1 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot x}{d}\right) \quad \text{— диэлектрическая проницаемость}$$

$$\sigma(x) = \sigma_0 + \sigma_1 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot x}{d}\right) \quad \text{— проводимость}$$

Дифракция излучения на решетке



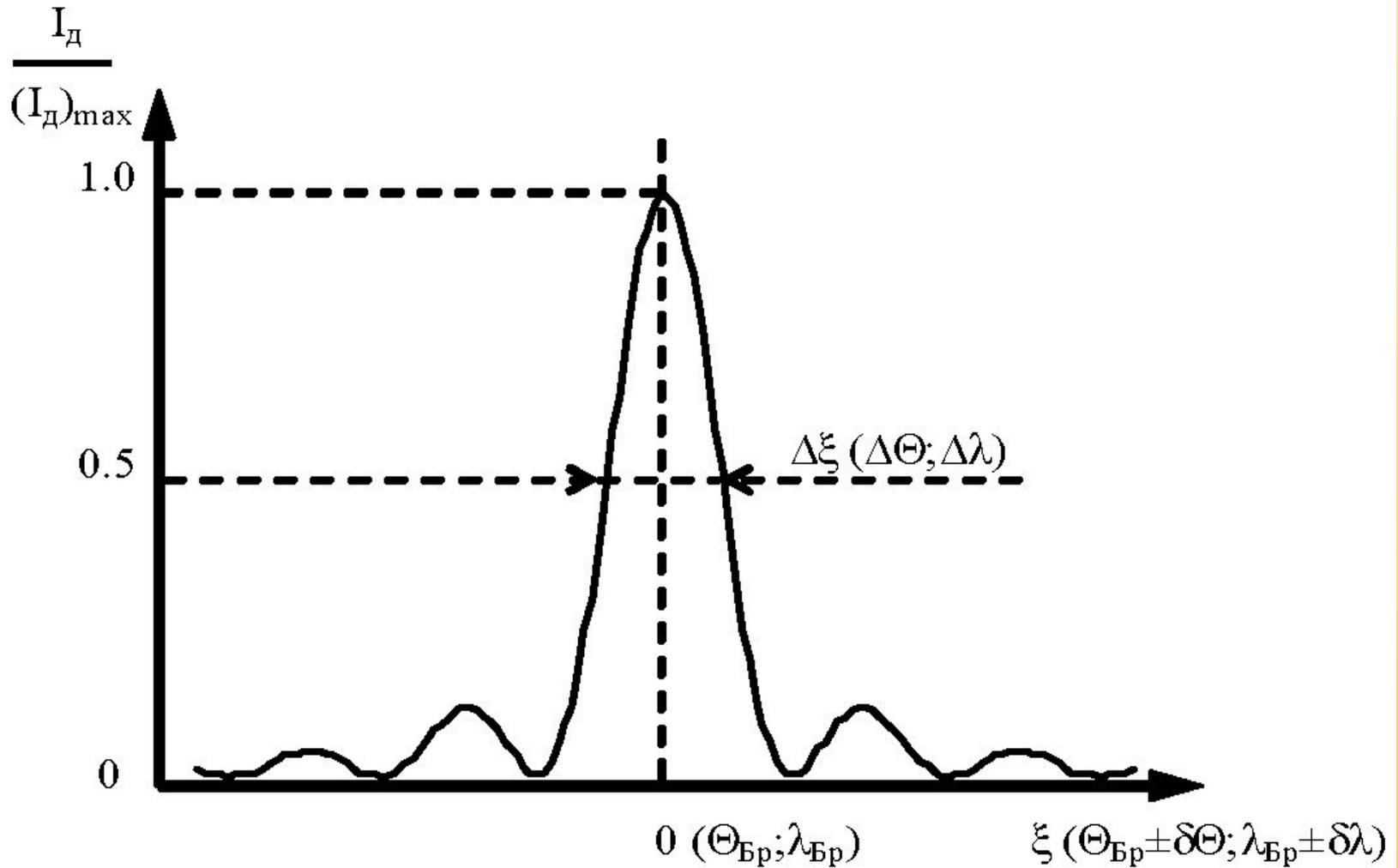
Условие Брэгга

- **Условие Брэгга - условие Вульфа-Брэгга** - определяет условия получения максимальной интенсивности дифрагированной волны при взаимодействии плоской монохроматической волны с одномерной решеткой, полученной в объемной среде

$$2d\sin\theta = k\lambda$$

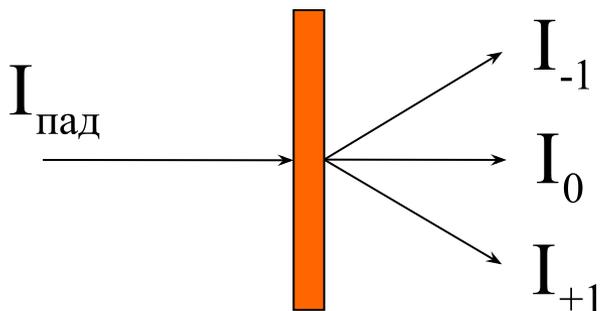
- Это соотношение, установленное для дифракции рентгеновских лучей на атомных плоскостях в кристалле, известно в физике как закон Вульфа-Брэгга – по имени Г.В. Вульфа и У.Л. Брэгга (W.L. Bragg), одновременно и независимо получивших это выражение в 1913 г.
- В голографии условие Брэгга широко используется при рассмотрении дифракции излучения на объемной голограмме.
- При $k = 1$ условие Брэгга определяет для элементарной объемной голограммы условие образования главного максимума дифрагированной волны: выбор угла падения задает длину волны падающего на голограмму излучения, и наоборот.

Селективность голограммы



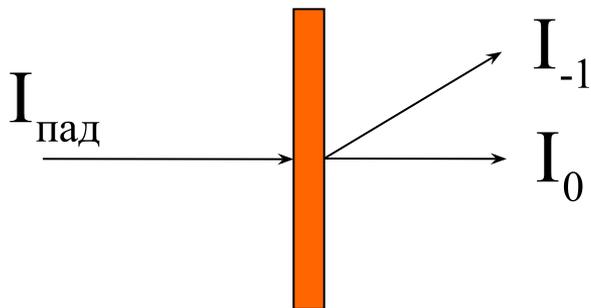
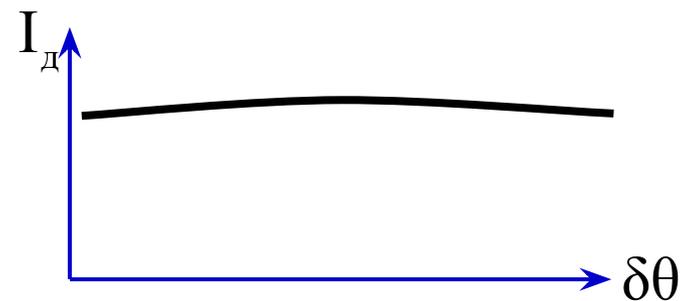
Влияние толщины регистрирующей среды на свойства голограмм

количество порядков

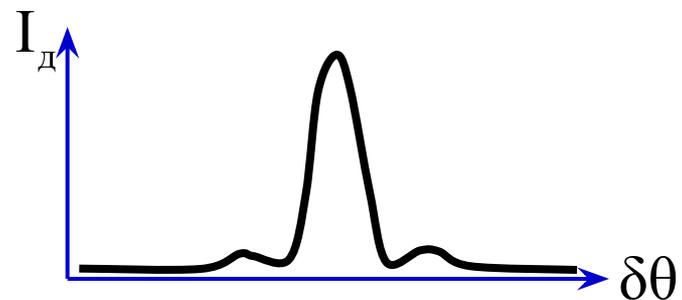


$$T < d$$

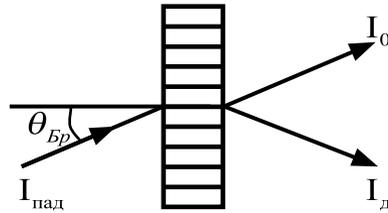
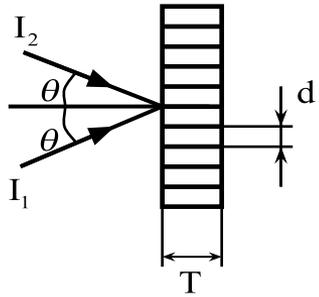
селективность



$$T > d$$

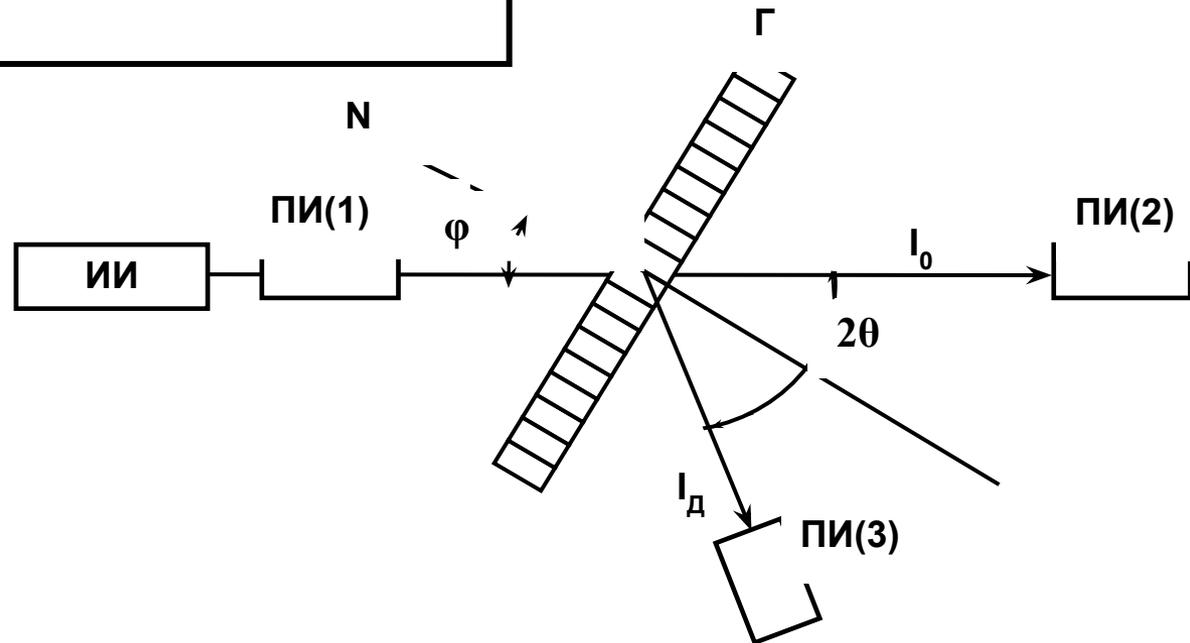


Лабораторная работа «Основные свойства голограмм»



Запись голограммы

Считывание голограммы



Формирование
изображения объекта при считывании
голограммы



Запись голограммы

Запись голограммы (регистрация голограммы) –

процесс физического взаимодействия излучения с регистрирующей средой, в результате которого пространственное распределение интенсивности в регистрируемой интерференционной картине преобразуется в соответствующее распределение каких-либо параметров среды.

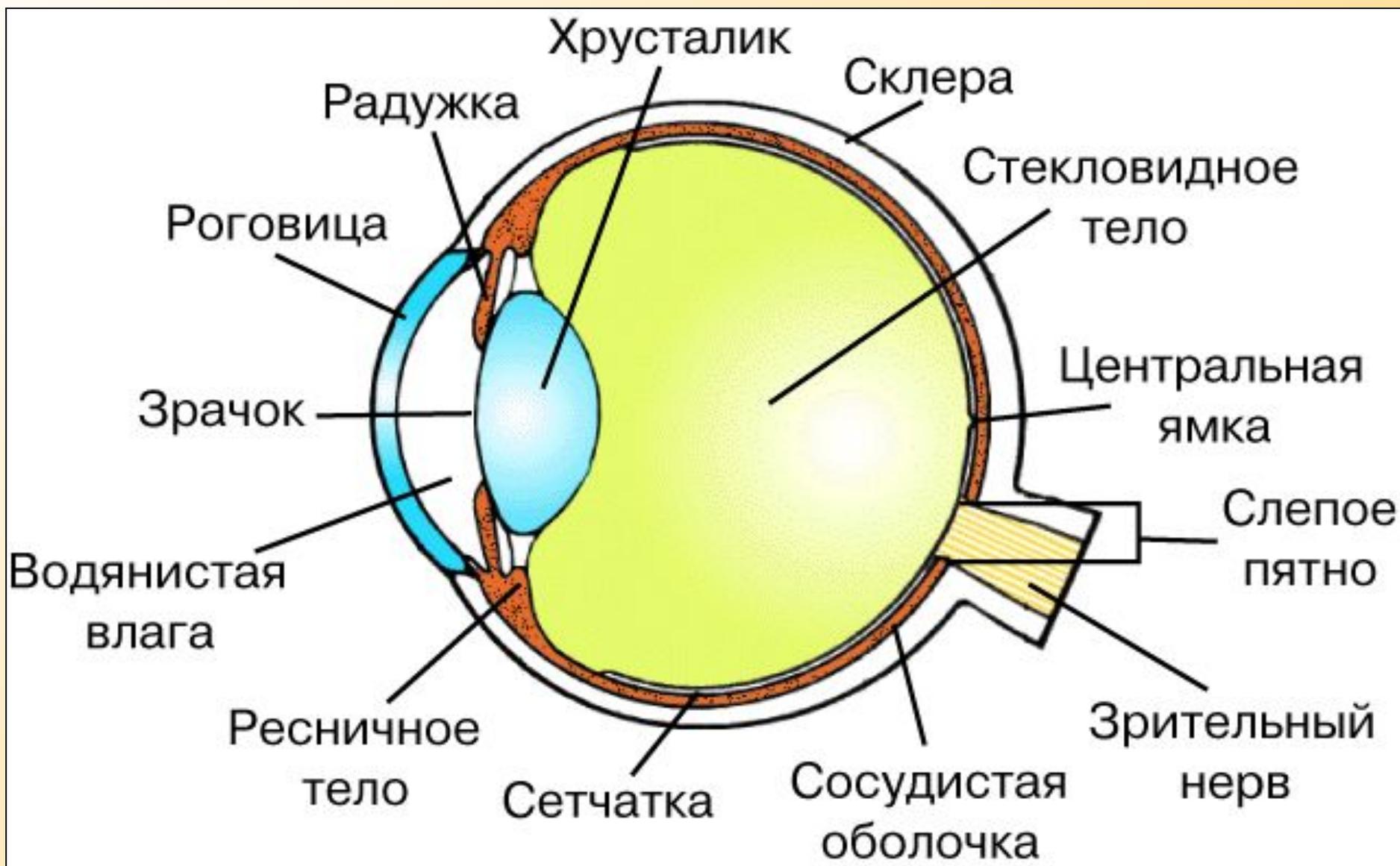
Считывание голограммы

- **Считывание голограммы** – процесс освещения голограммы, сопровождающийся дифракцией излучения на ее структуре и приводящий к образованию дифрагированной волны, характеристики которой определяются параметрами голограммы и условиями ее освещения.
- В настоящее время термин "**Считывание голограммы**" широко используется наряду с термином "**Реконструкция голограммы**" для описания процессов реконструкции (восстановления) и преобразования объектной волны при освещении голограммы.

Зрение

- Способность человека воспринимать свет от разных объектов в виде особых ощущений яркости, цвета и формы.
- Зрение – фрагментарно, объекты в поле зрения фиксируются не все сразу, а последовательным переводом взора с одного на другой.
- Зрение двумя глазами – бинокулярное зрение – обеспечивает способность оценивать форму объектов, их расположение в пространстве и относительно друг друга.

Строение глаза



Сетчатка глаза

- Изображение объектов формируется на сетчатке глаза

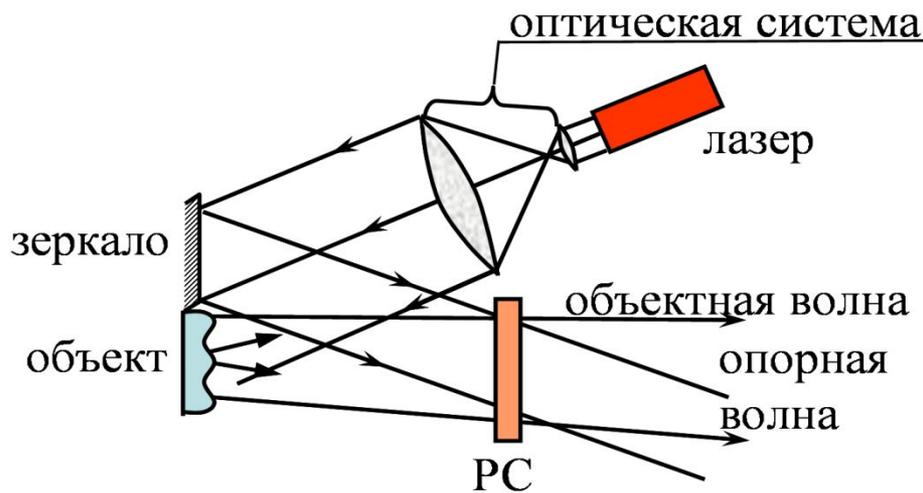
- Сетчатка содержит два вида светочувствительных клеток:

Колбочки обеспечивают «дневное» центральное цветное зрение (400-750нм)

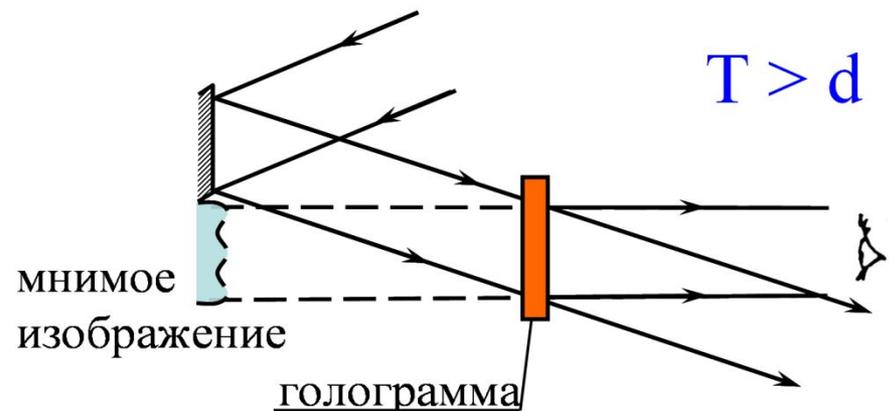
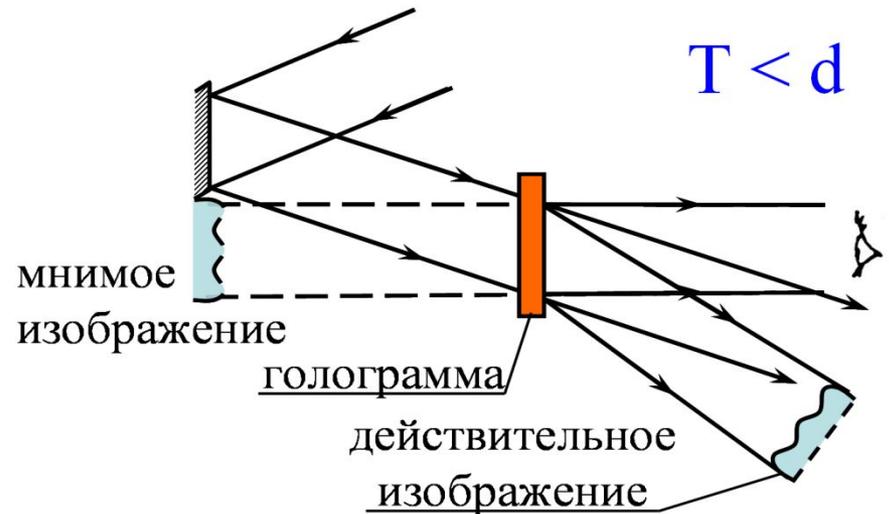
Палочки - сумеречное периферическое зрение (400-650нм), различают только оттенки серого

Получение изображения непрозрачного объекта с помощью пропускающей голограммы

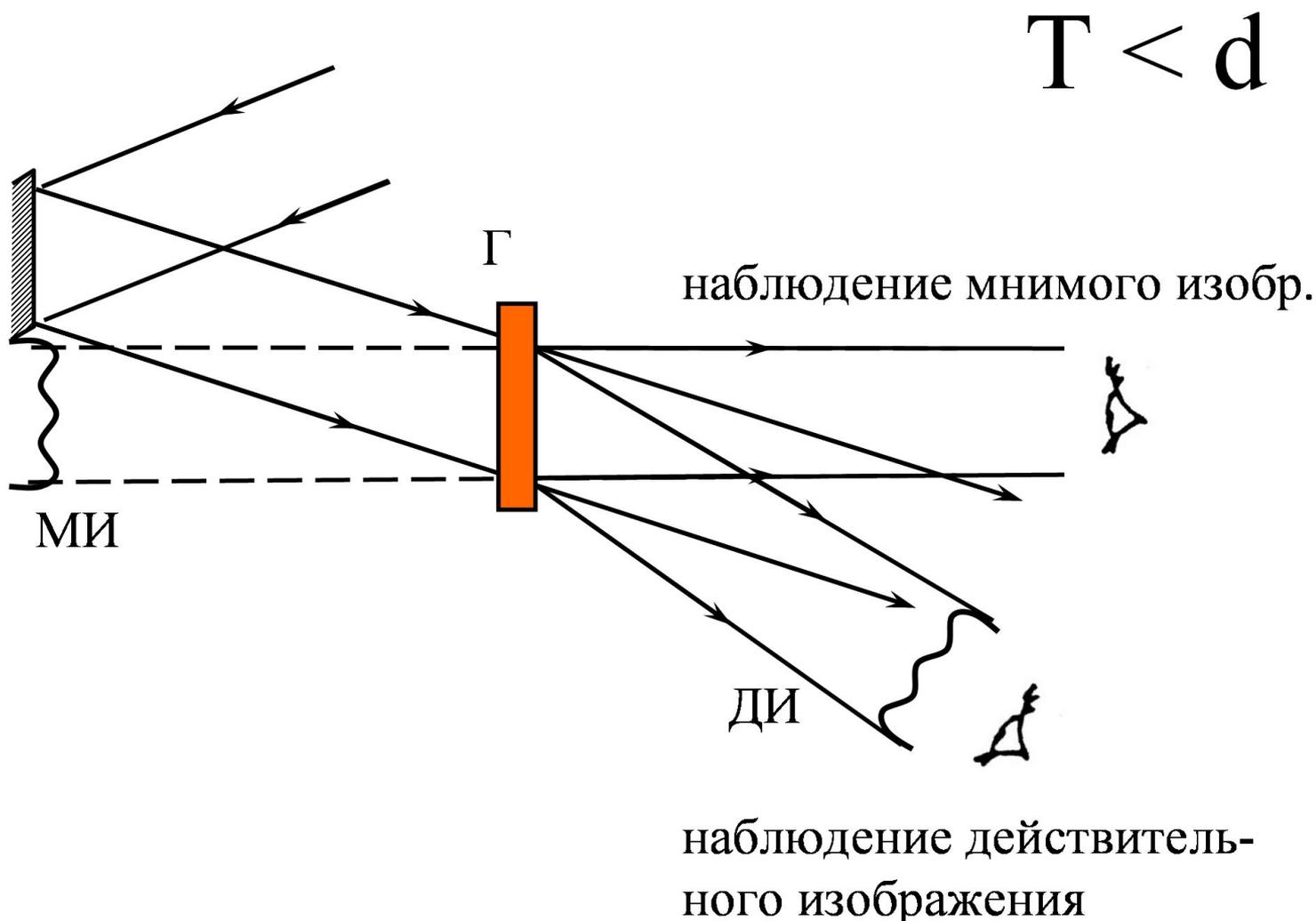
запись голограммы



считывание голограммы



Получение изображения непрозрачного объекта с помощью пропускающей голограммы

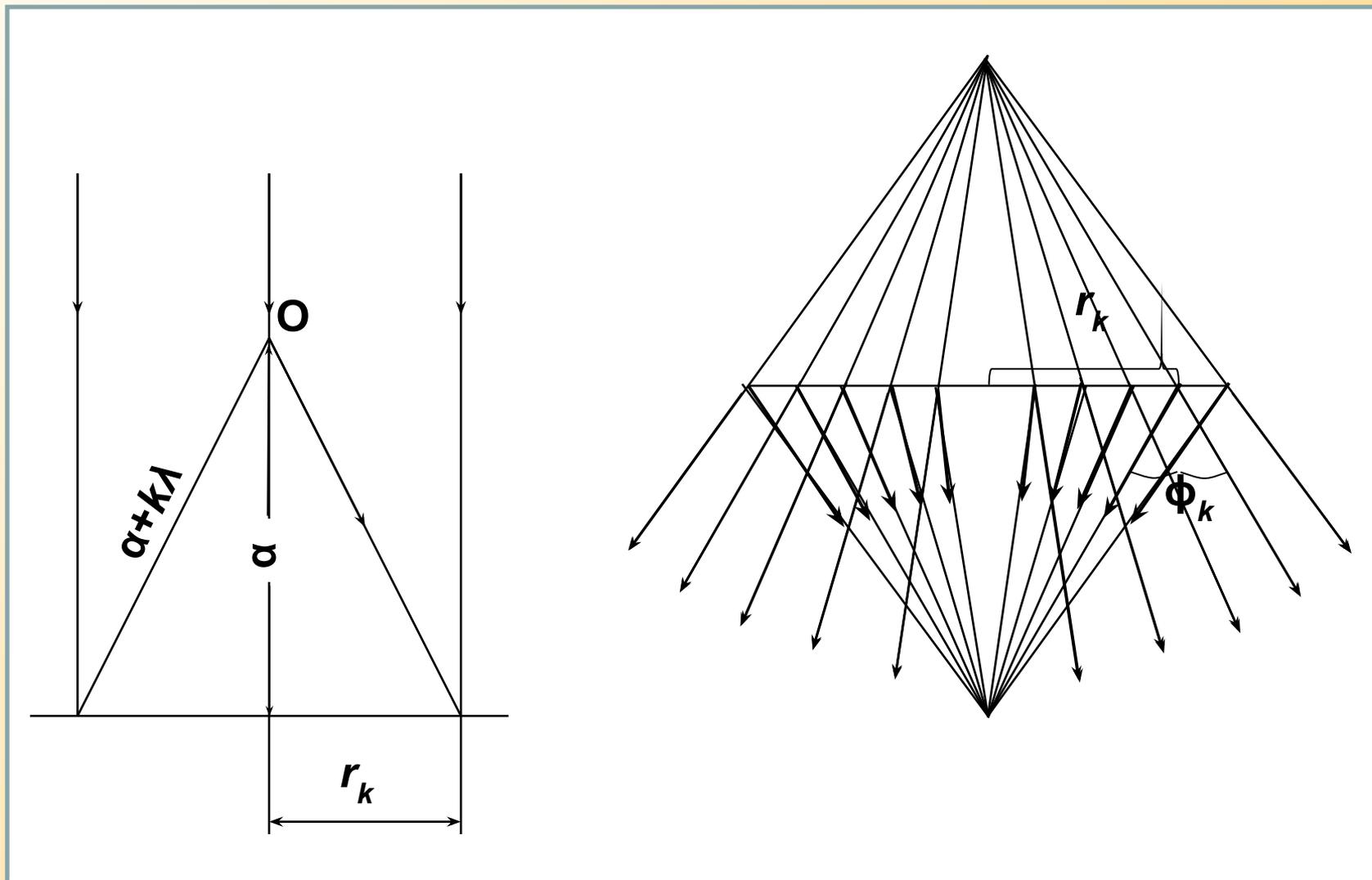


Мнимое изображение

- Мнимое изображение – если лучи, выходящие из оптической системы, расходятся, но их можно мысленно продолжить в противоположную сторону и они пересекутся в одной точке, то такую точку называют мнимым изображением точки-объекта.
- Такая точка (мнимое изображение) способна играть роль объекта по отношению к другой оптической системе (например, глазу), которая преобразует его в действительное.
- При наблюдении мнимого изображения объекта при освещении голограммы оно является ***ортоскопическим***.

Объект – точка

Запись и восстановление сферической волны



Ортоскопическое изображение

- Изображение, в котором распределение разности фаз на поверхности изображения объекта соответствует распределению разности фаз на поверхности объекта – ***ортоскопическое*** изображение.
- Наблюдатель при этом видит «обычное» изображение объекта.

Действительное изображение

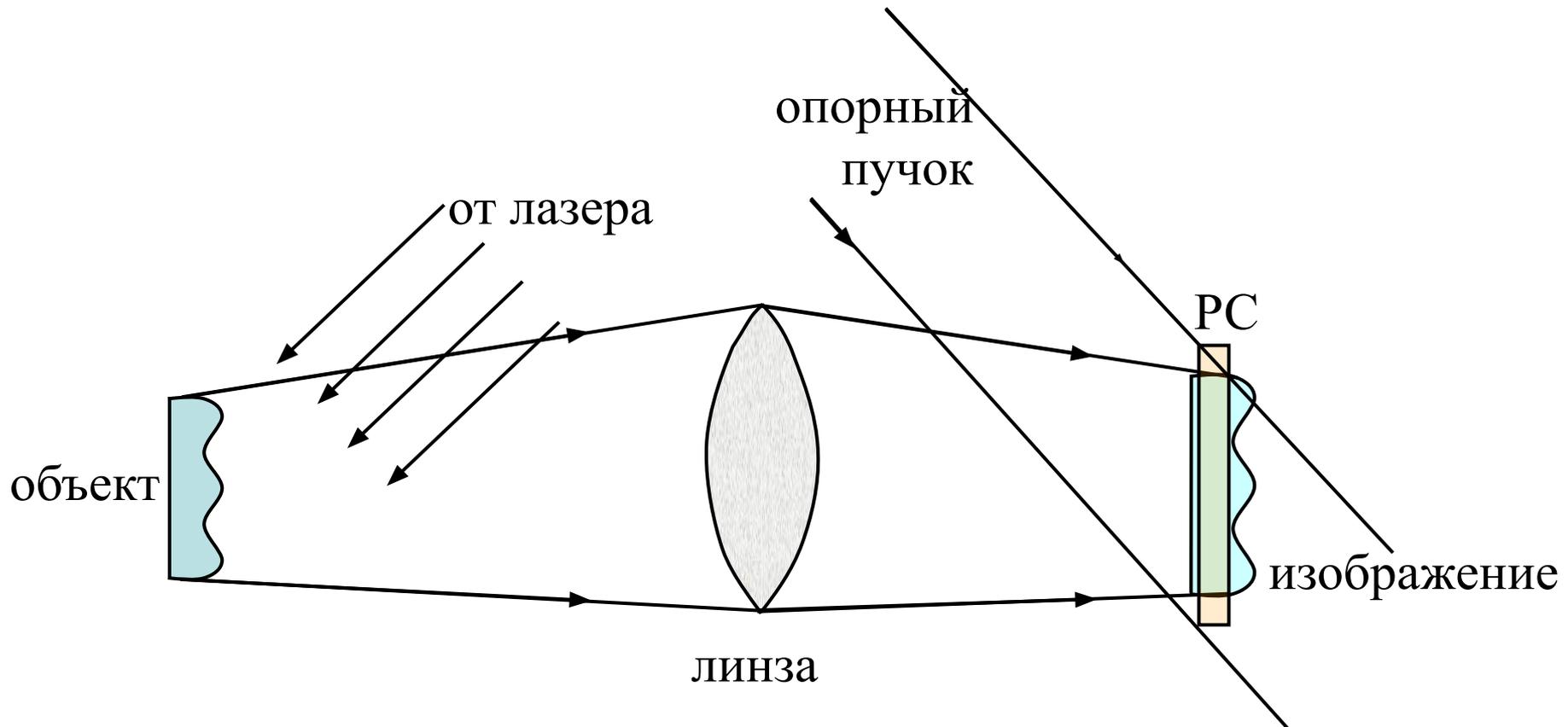
- Изображение создается сходящимися пучками лучей в точках их пересечения.
- Если в плоскости пересечения лучей поместить экран, то можно на нем наблюдать действительное изображение.
- При наблюдении действительного изображения объекта с помощью объектной волны, восстановленной голограммой, оно является ***псевдоскопическим.***

Псевдоскопическое изображение

- Распределение разности фаз на поверхности изображения объекта имеет отрицательный знак по отношению к распределению разности фаз на поверхности объекта.
- Наблюдатель при этом видит «необычное» изображение объекта, в котором, например, вместо выпуклостей – вогнутости, и наоборот.
- ***Псевдоскопическое изображение*** можно наблюдать в голографическом эксперименте при обращении хода лучей через голограмму (явление обращения волнового фронта) и при наблюдении действительного изображения объекта, сформированного восстановленной голограммой волной.

Голограмма сфокусированного изображения

Схема регистрации



Голограмма сфокусированного изображения – при регистрации которой изображение объекта (либо сам объект), проектируемое обычно оптической системой, располагается в плоскости регистрирующей среды или вблизи нее.

Особенности:

- угол, в пределах которого можно наблюдать изображение, ограничен апертурой оптической системы, используемой при регистрации голограммы (либо ограничен самой голограммой);
- схема регистрации позволяет снизить требования к размерам, пространственной когерентности и монохроматичности источника излучения при восстановлении объектной волны;
- позволяет увеличить яркость изображения объекта, благодаря ограничению угла наблюдения.
- возможности достижения оригинальных визуальных эффектов

