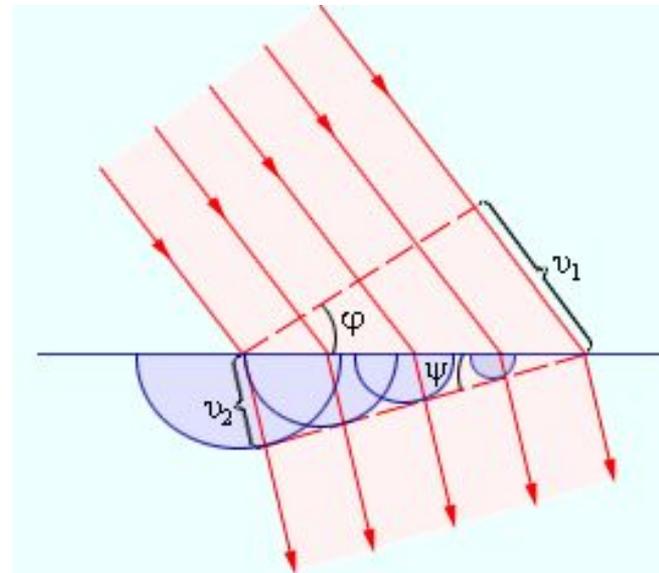


Волновые свойства света

- Тот факт, что свет в одних опытах обнаруживает **волновые свойства**, а в других – **корпускулярные**, означает, что свет имеет сложную **двойственную природу**, которую принято характеризовать термином **корпускулярно-волновой дуализм**.
- **Квантовые свойства света:**
- излучение черного тела, фотоэффект, эффект Комптона
- **Волновые свойства света:**
- Интерференция,
- дифракция,
- поляризация света

$$\frac{\sin \psi}{\sin \varphi} = \frac{c}{v} = n,$$



Интерференция света

- Интерференция — одно из наиболее убедительных доказательств волновых свойств.
- Интерференция присуща волнам любой природы.
- *Интерференцией* световых волн называется сложение двух когерентных волн, вследствие которого наблюдается усиление или ослабление результирующих световых колебаний в различных точках пространства.

Когерентные волны

- Для образования устойчивой интерференционной картины необходимо, чтобы источники волн были *когерентными*.
- Волны, имеющие одинаковую частоту и постоянную во времени разность фаз, называются *когерентными*.
- Все источники света, кроме лазеров, некогерентные.

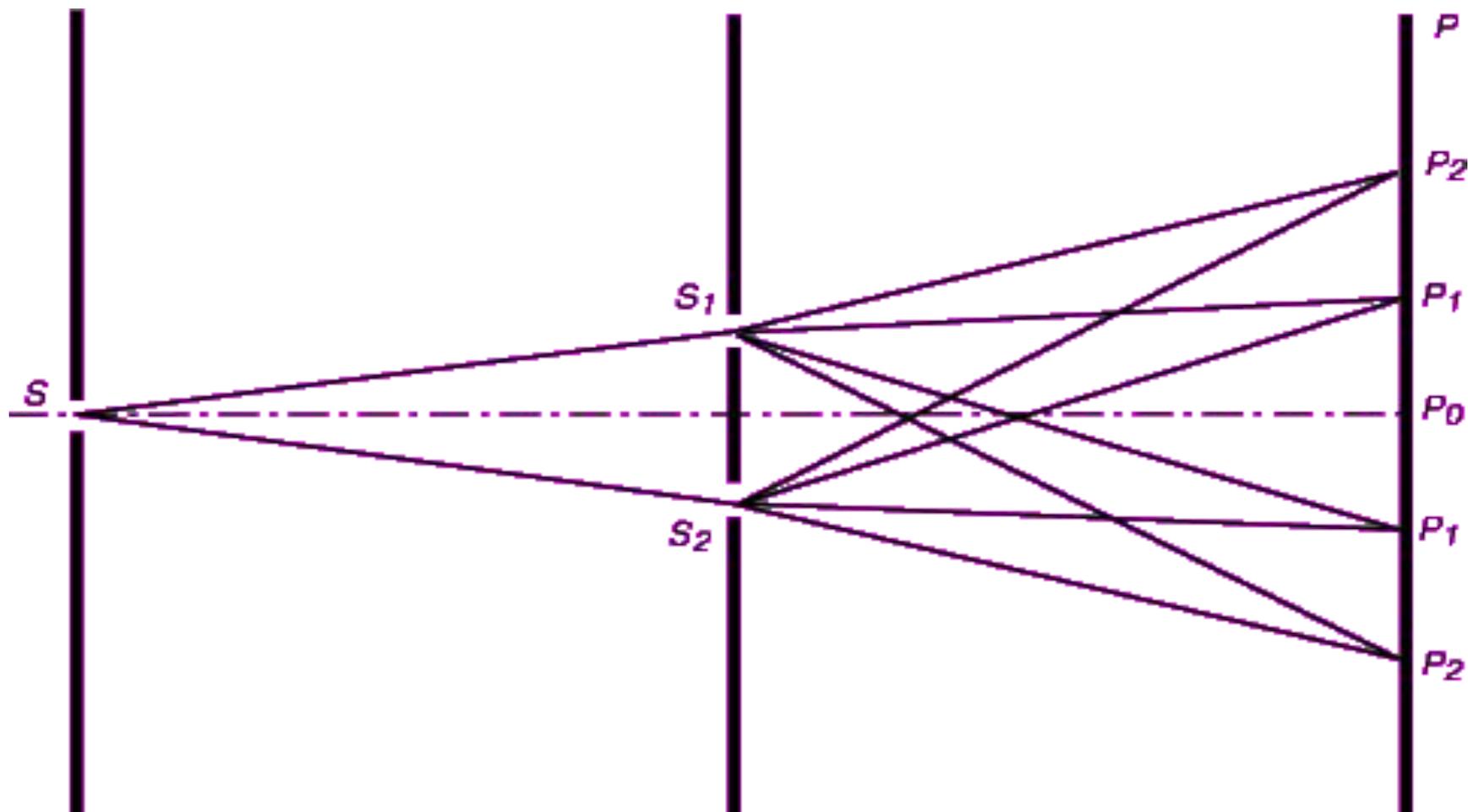
Как можно наблюдать интерференцию света?

- Чтобы наблюдать интерференцию света, надо получить когерентные световые пучки.
- Для этого, до появления лазеров, во всех приборах для наблюдения интерференции света когерентные пучки получались путем *разделения и последующего сведения световых лучей, исходящих из одного источника света.*
- Для этого использовались щели, зеркала и призмы.

Опыт Юнга

- В начале 19-го века английский ученый Томас Юнг поставил опыт, в котором можно было наблюдать явление интерференции света.
- Свет, пропущенный через узкую щель, падал на две близко расположенные щели, за которыми находился экран.
- На экране вместо ожидаемых двух светлых полос появлялись чередующиеся цветные полосы.

Схема опыта Юнга



Интерференционные максимумы

- *Интерференционные максимумы* наблюдаются в точках, для которых разность хода волн Δd равна четному числу полуволн, или, что то же самое, целому числу волн:

- $$\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda, \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

Интерференционные МИНИМУМЫ

- *Интерференционные минимумы* наблюдаются в точках, для которых разность хода волн Δd равна нечетному числу полуволн:

$$\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (k = 0, 1, 2, 3 \dots)$$

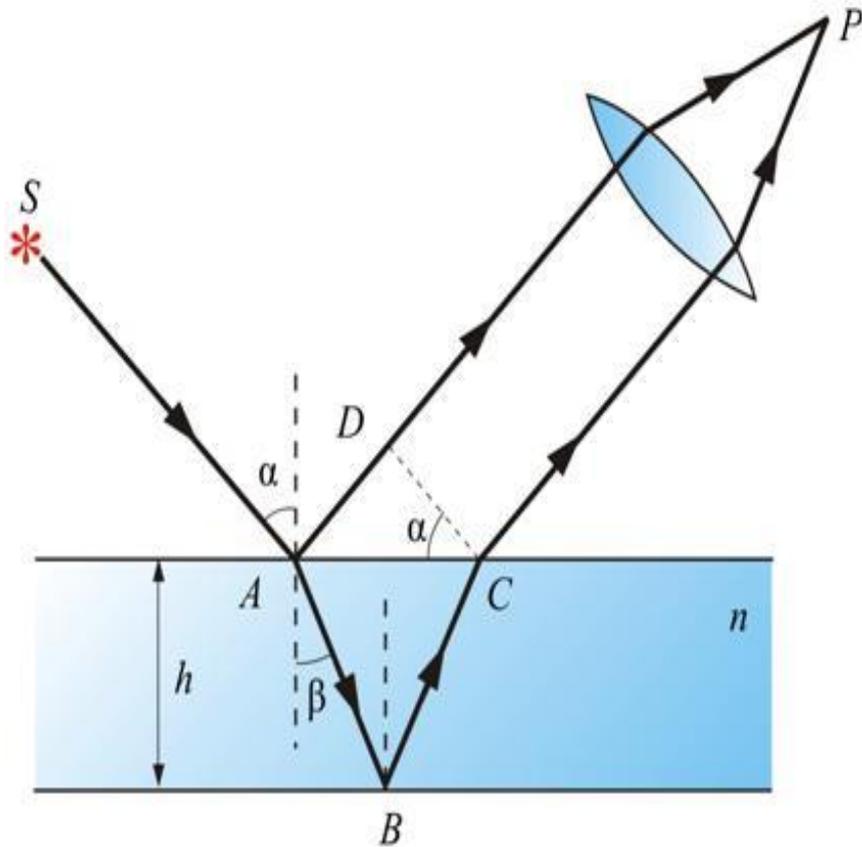
-

Интерференция в тонких пленках

- Мы много раз наблюдали интерференционную картину, когда наблюдали за мыльными пузырями, за радужным переливом цветов тонкой пленки керосина или нефти на поверхности



Объяснение интерференции в тонких пленках

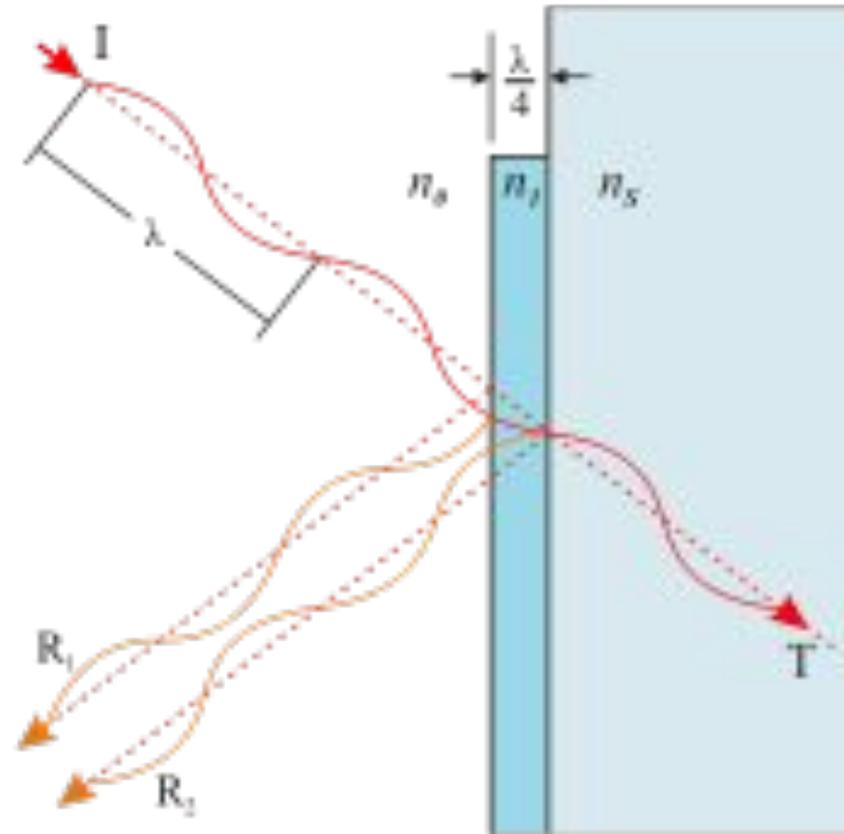


- Происходит сложение волн, одна из которых отражается от наружной поверхности пленки, а вторая — от внутренней.
- Когерентность волн, отраженных от наружной и внутренней поверхностей пленки, обеспечивается тем, что они являются частями одного и того

Просветление оптики

$$d = \frac{l}{4} \cdot v_1 \cdot T = \frac{\lambda_1}{4}$$

- **Просветление оптики** — уменьшение отражения света от поверхности линзы в результате **нанесения** на нее специальной **пленки**
- Требуемая **толщина покрытия**
- Просветляющие плёнки уменьшают светорассеяние и отражение падающего света от поверхности оптического элемента, соответственно улучшая светопропускание системы и контраст оптического изображения.



Дисперсия света

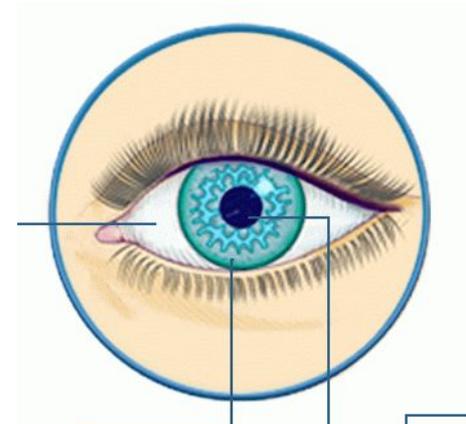
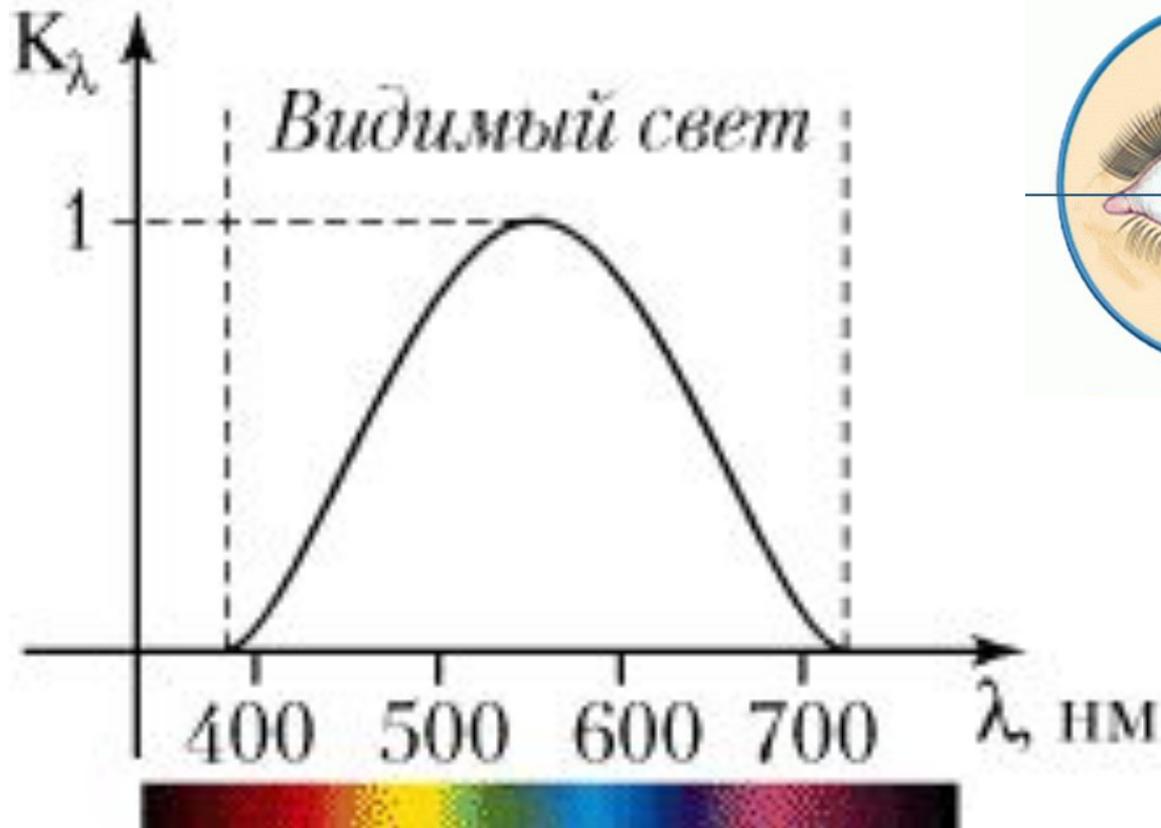
Диспёрсия свёта (разложение света) — это явление зависимости **абсолютного показателя преломления вещества от длины волны** (или частоты) света (частотная дисперсия), или, что то же самое, зависимость фазовой скорости света от длины волны.



Разложение света в спектр вследствие **дисперсии** при прохождении через призму (опыт Ньютона)

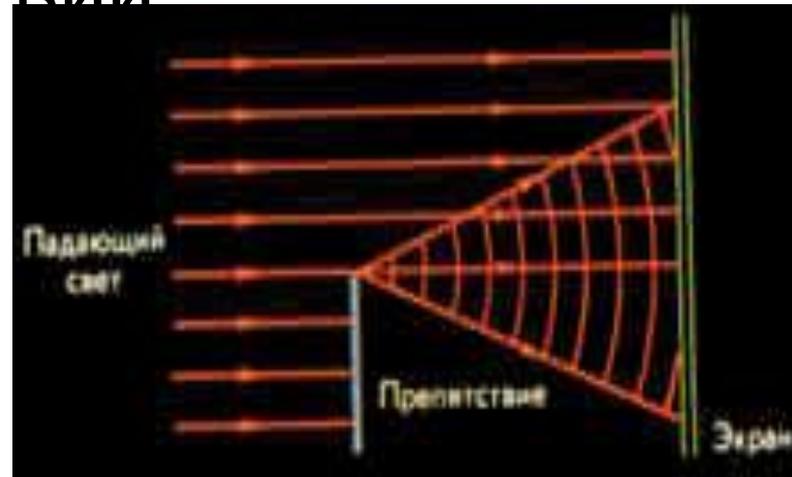


Спектральная чувствительность глаза человека



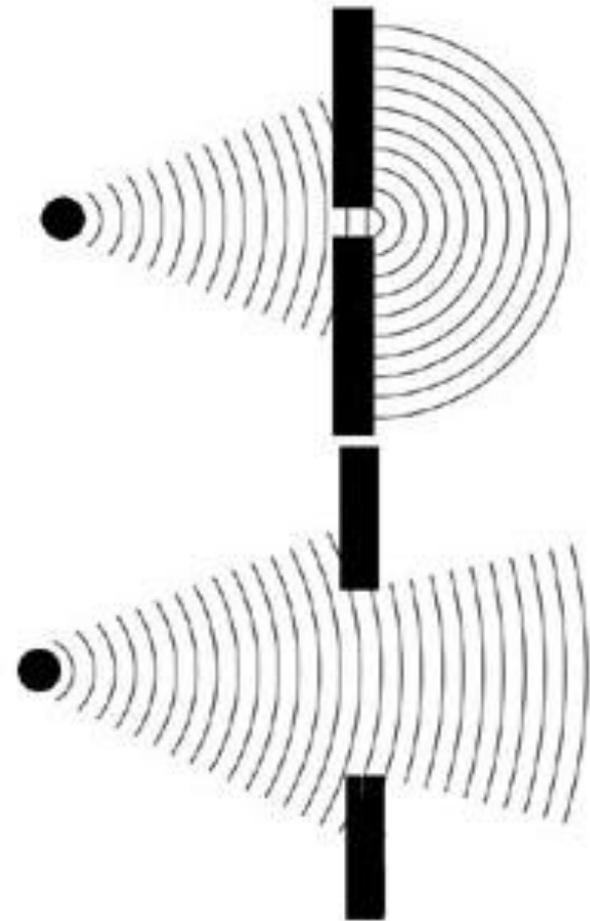
Дифракция света

- *Дифракция света* — отклонение волны от прямолинейного распространения при прохождении через малые отверстия и огибание волной малых препятствий



Наблюдение дифракции света

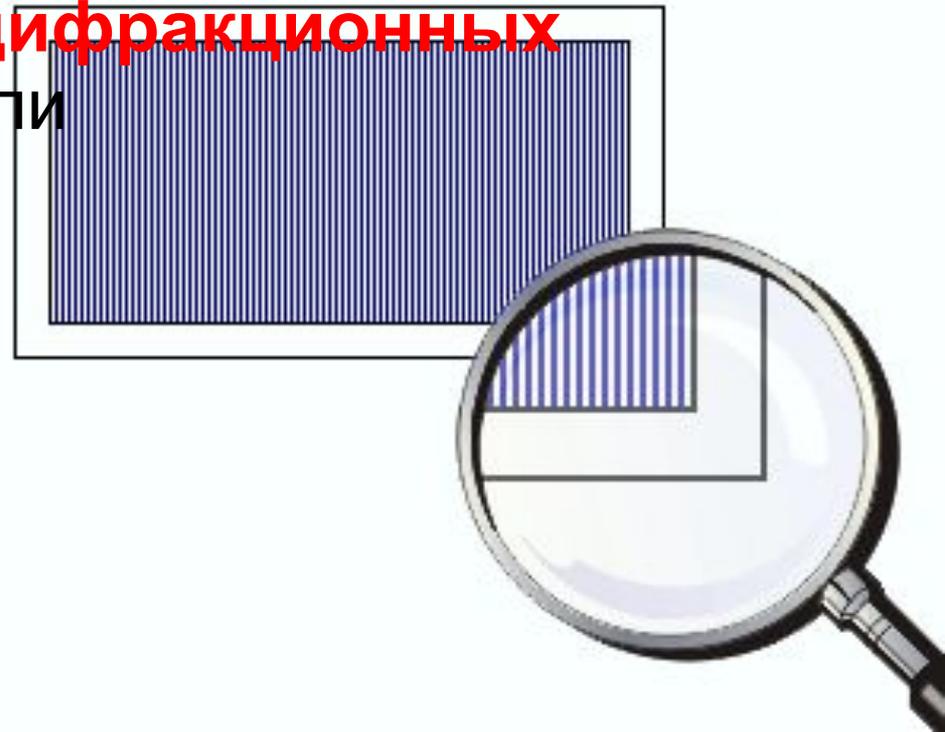
- Дифракция приводит к проникновению света в область геометрической тени



Дифракционная решетка

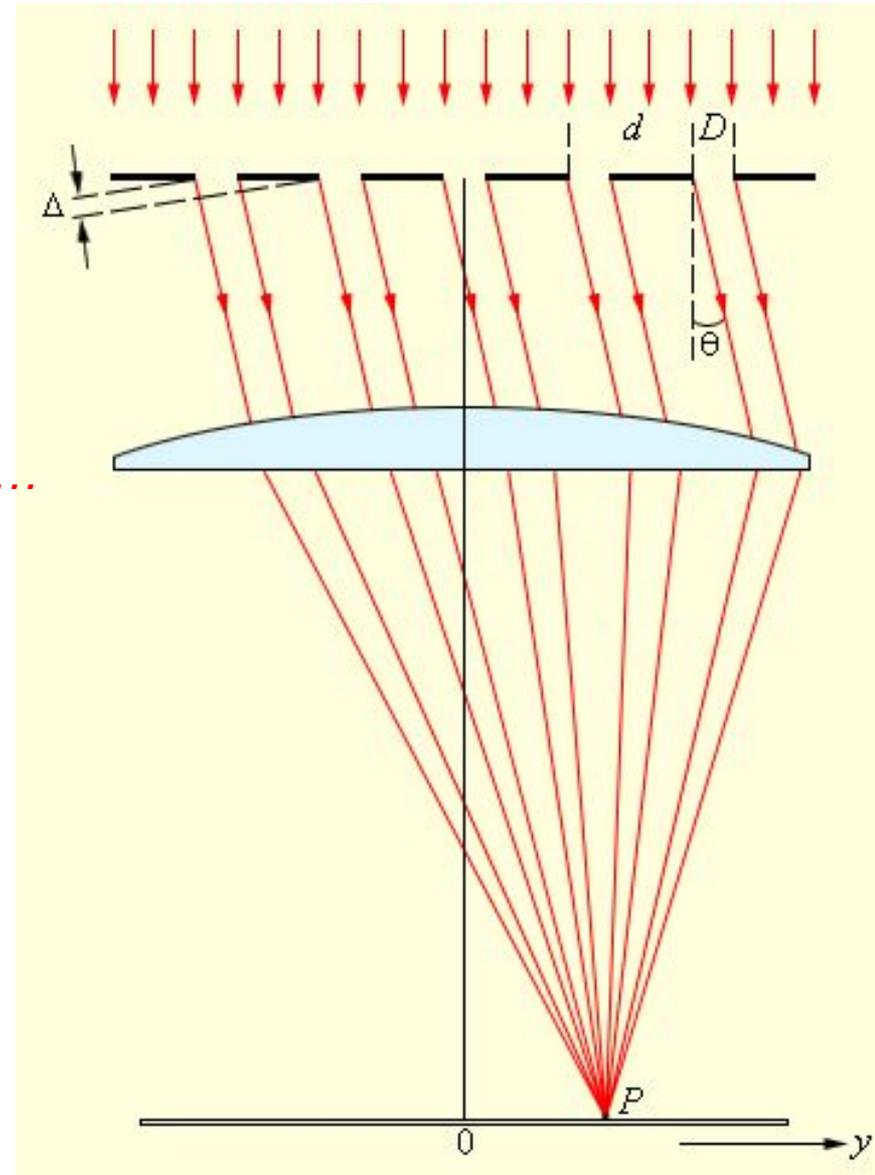
- **Решетки** представляют собой **периодические структуры**, выгравированные специальной делительной машиной на поверхности стеклянной или металлической пластинки;
- Дифракционная решетка **предпочтительнее** в спектральных экспериментах, чем применение щели из-за **слабой видимости дифракционной картины** и значительной **ширины дифракционных максимумов** на одной щели

Увеличение числа щелей приводит к **увеличению яркости дифракционной картины**



Условие главных максимумов при дифракции света на решетке:
главные максимумы наблюдаются под углом α , определяемым условием

$$d \cdot \sin \alpha_m = m \cdot \lambda \quad m = 0, 1, 2, \dots$$



- **Интенсивность света** в главном дифракционном максимуме пропорциональна **квадрату полного числа щелей** дифракционной решетки $I = N^2 \cdot I_0$
- где I_0 — интенсивность света, излучаемого одной щелью
- **Разрешающая способность** дифракционной решетки $A = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} = N \cdot m$
- **Период решётки** $d = 1 / N \text{ мм}$

- **Разрешающая способность микроскопа**
- Одной из важнейших характеристик микроскопа является его разрешающая способность.
- Согласно дифракционной теории Аббе , линейный предел разрешения микроскопа , то есть минимальное расстояние между точками предмета, которые изображаются как отдельные, зави
длины волны и числовой апертуры микроскопа $\sigma = \frac{\lambda}{2A}$

- Предельно достижимую разрешающую способность оптического микроскопа можно сосчитать, исходя из выражения для апертуры микроскопа ($A = n \cdot \sin \alpha$). Если учесть, что максимально возможное значение синуса угла – единичное, то для средней длины волны $\lambda = 0.5$ мкм можно вычислить разрешающую способность микроскопа:

$$\sigma = \frac{\lambda}{2A} = \frac{0.5}{2 \cdot 1} = 0.25 \text{ мкм}$$

• Иммерсия

- Для того чтобы увеличить апертуру объектива, пространство между рассматриваемым предметом и объективом заполняется так называемой **иммерсионной жидкостью** – прозрачным веществом с показателем преломления больше единицы. В качестве такой жидкости используют воду, кедровое масло, раствор глицерина и другие вещества. Апертуры иммерсионных объективов большого увеличения достигают величины, тогда предельно достижимая разрешающая способность иммерсионного оптического микроскопа составит

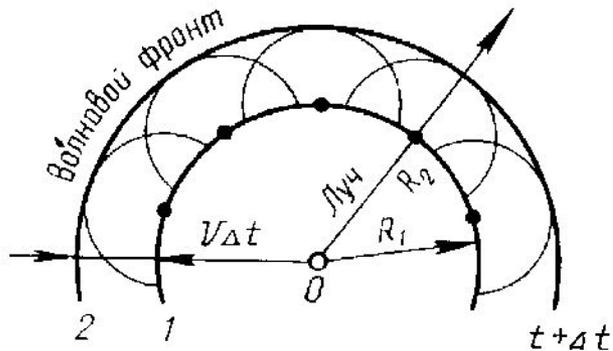
$$\sigma = \frac{\lambda}{2A} = \frac{0.5}{2 \cdot 1.5} = 0.15 \text{ мкм}$$

- **Применение ультрафиолетовых лучей**

- Для увеличения разрешающей способности микроскопа вторым способом применяются **ультрафиолетовые лучи**, длина волны которых меньше, чем у видимых лучей. При этом должна быть использована специальная оптика, прозрачная для ультрафиолетового света. Поскольку человеческий глаз не воспринимает ультрафиолетовое излучение, необходимо либо прибегнуть к средствам, преобразующим невидимое ультрафиолетовое изображение в видимое, либо фотографировать изображение в ультрафиолетовых лучах. $\lambda = 0.2 \text{ мкм}$, $\sigma = \frac{\lambda}{2A} = \frac{0.2}{2 \cdot 1} = 0.1 \text{ мкм}$ разрешающая способность микроскопа составит .

Принцип Гюйгенса

- Сформулирован в 1660 году:
Каждая точка среды, до которой дошло возмущение, является источником вторичных сферических волн, огибающая которых показывает новое положение волнового фронта



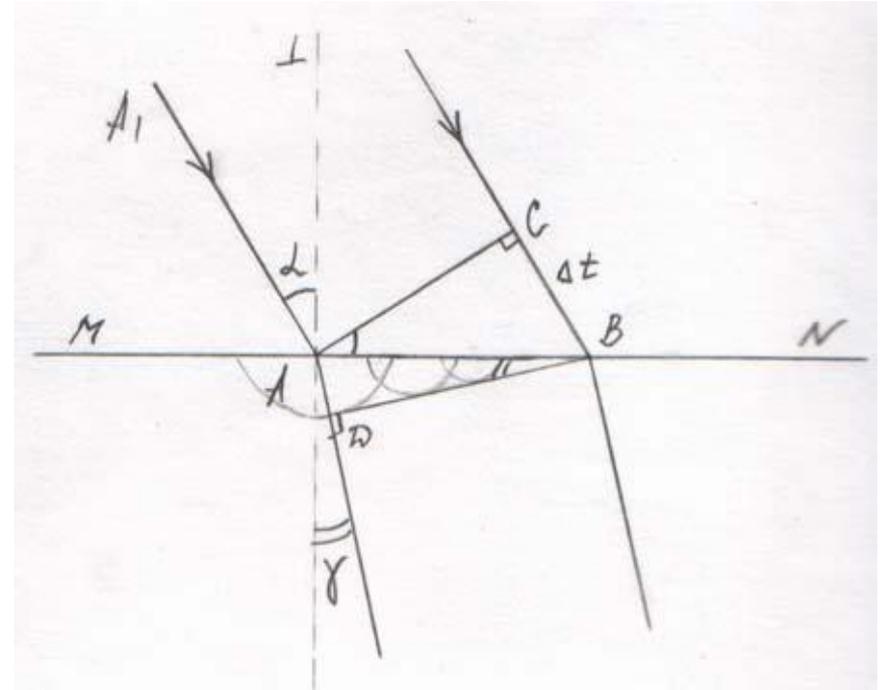
Христиан Гюйгенс (1629 – 1695)

Объяснение законов отражения и преломления света с точки зрения волновой теории

- Пусть плоская волна падает под углом на границу раздела двух сред.
- Согласно принципу Гюйгенса, каждая точка этой границы сама становится источником сферических волн.
- Волны, идущие во вторую среду, формируют *преломленную* плоскую волну.
- Волны, возвращающиеся в первую среду, формируют *отраженную* плоскую волну.

Преломление света

- Фронт падающей волны AC составляет больший угол с поверхностью раздела сред, чем фронт преломленной волны.
- Углы между фронтом каждой волны и поверхностью раздела сред равны соответственно углам падения и преломления.
- В данном случае угол преломления меньше угла падения.



Физический смысл показателя преломления

- Абсолютный показатель преломления равен отношению скорости света c в вакууме к скорости света v в данной среде:

- $$n = \frac{c}{v}.$$