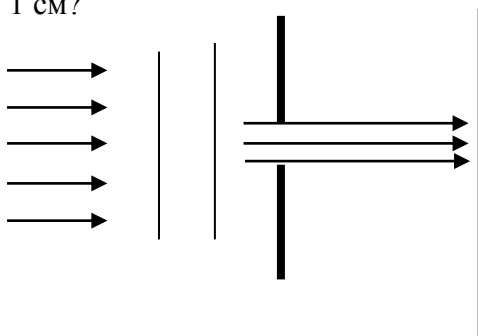


## ДИФРАКЦИЯ СВЕТА

Как ведет себя свет, который падает на широкое препятствие, например на щель шириной 1 см?



Длина волны равна сотням нанометров, а следовательно щель слишком широка в сравнении с  $\lambda$ . Поэтому наблюдается поток света.

При сужении ширины щели, в области геометрической тени, появятся освещенные полосы, расстояние между которыми увеличивается по мере сужения щели.

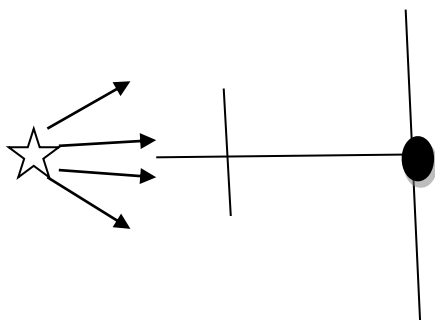
Эти полосы очень похожи на интерференционные полосы. Это явление носит название дифракции.

***Дифракция – это явление огибания волнами препятствия или отклонение от прямолинейного распространения волн.***

Дифракцию можно наблюдать для любых волн: электромагнитных (в том числе световых), упругих (звуковых), волн на поверхности воды. Наиболее заметно дифракция проявляется в условиях, когда размер препятствия соизмерим с длиной волны. Именно поэтому явление дифракции нагляднее всего демонстрируется с помощью волн на поверхности воды, которые имеют размер, заметный невооруженным глазом.

Часто волны встречаются на своем пути небольшие препятствия. Соотношение между длиной волны и размером препятствий определяет в основном поведение волны.

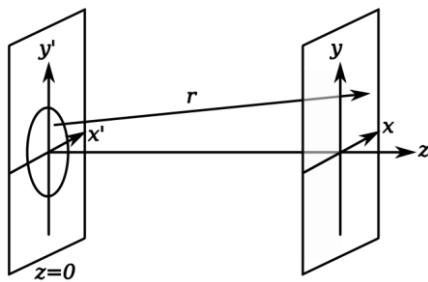
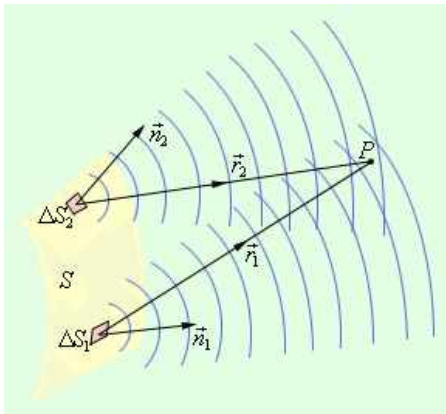
В 1818г Френель докладывал свою работу, Он объяснил почему свет попадает в область тени и т.д. В зале присутствовал физик Пуассон, и послушав рассуждения сказал, что если все сказанное Френелем правда, то должно наблюдаться следующее



Существует 2 способа изучения дифракции:

## Принцип Гюйгенса - Френеля

Волны от вторичных источников интерферируют, и дифракционная картинка в каждой точке является результатом интерференции



### Дифракция Френеля:

На рисунке изображён непрозрачный экран с круглым отверстием, на некотором расстоянии от которого расположен источник света.

Изображение фиксируется на другом экране справа. Вследствие дифракции свет, проходящий через отверстие, расходится. Поэтому область,

которая была затенена по законам геометрической оптики, будет частично освещённой. В области, которая при прямолинейном распространении света была бы освещённой, наблюдаются колебания интенсивности освещения в виде концентрических колец.

### Дифракция Фраунгофера:

Случай дифракции, при котором дифракционная картина наблюдается на значительном расстоянии от отверстия или преграды. Иными словами, дифракция Фраунгофера наблюдается тогда, когда число зон Френеля  $F \ll 1$ , при этом приходящие в точку волны являются практически плоскими. При наблюдении данного вида дифракции изображение объекта не искажается и меняет только размер и положение в пространстве. В противоположность этому, при дифракции Френеля изображение меняет также свою форму и существенно искажается.

### Метод зон Френеля:

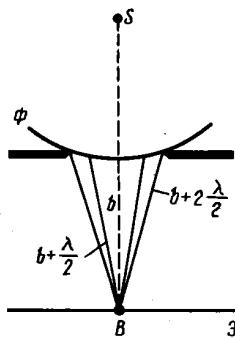
Зоны Френеля - участки, на которые можно разбить поверхность световой волны для вычисления результатов дифракции света.

Суть метода такова. Пусть от светящейся точки  $Q$  распространяется сферическая волна и требуется определить характеристики волнового процесса, вызванного ею в точке  $P$ . Разделим поверхность волны на кольцевые зоны  $P_a = PO + \frac{\lambda}{2}$ ,  $P_b = P_a + \frac{\lambda}{2}$

Для этого проведем из точки  $O$  сферы радиусами  $PO$ ,  $PQ$ ,  $PC = P_b + \frac{\lambda}{2}$  ( — точка пересечения поверхности волны с линией  $PQ$  ).

Кольцеобразные участки поверхности волны, «вырезаемые» из неё этими сферами, и называется зонами Френеля. Волновой процесс в точке  $P$  можно рассматривать как результат сложения колебаний, вызываемых в этой точке каждой зоной Френеля в отдельности.

### Дифракция Френеля на круглом отверстии:



Сферическая волна, распространяющаяся из точечного источника  $S$ , встречает на своем пути экран с круглым отверстием. Дифракционная картина наблюдается на экране  $\mathcal{E}$  в точке  $B$ . Разобьем часть волновой поверхности  $\Phi$  на зоны Френеля. Вид дифракционной картины будет зависеть от количества зон Френеля, укладывающихся в отверстие. Амплитуда результирующего колебания в

точке  $B$  равна:  $A = \frac{A_1}{2} \pm \frac{A_m}{2}$  (плюс для нечетных  $m$ , минус — для четных).

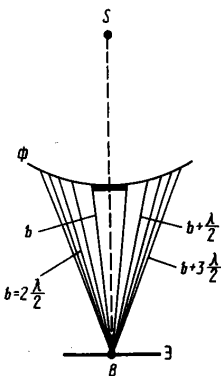
Дифракционная картина от круглого отверстия вблизи точки  $B$  будет иметь вид чередующихся светлых и темных колец.

### Дифракция Френеля на диске:

Сферическая волна, распространяющаяся из точечного источника  $S$ , встречает на своем пути диск. Дифракционная картина наблюдается на экране  $\mathcal{E}$  в точке  $B$ . Пусть диск закрывает  $m$  первых зон Френеля. Тогда амплитуда результирующего колебания в

точке  $B$  равна:

$$A = A_{m+1} - A_{m+2} + A_{m+3} - \dots = \frac{A_{m+1}}{2} + \left( \frac{A_{m+1}}{2} - A_{m+2} + \frac{A_{m+3}}{2} \dots \right)$$



. Т.к. слагаемое в скобках равно 0, то  $A = \frac{A_{m+1}}{2}$ .

Следовательно, в точке  $B$  всегда будет светлое пятно, окруженное концентрическими светлыми и темными кольцами, а интенсивность убывает с расстоянием от центров картины.

Определение длины волны. Эту задачу удалось решить при помощи дифракционной решетки.

**Дифракционная решетка — это спектральный прибор, служащий для разложения света в спектр и измерения длины волны. Ее работа основана на явлении дифракции. (слайд 3)**

Представляет собой совокупность большого числа параллельных штрихов одинаковой формы (узких щелей), нанесенных на плоскую или вогнутую полированную поверхность на одинаковом расстоянии друг от друга. (слайд 4) Хорошая решётка изготавливается с помощью специальной делительной машины, наносящей на стеклянной пластинке параллельные штрихи. Количество штрихов доходит до нескольких тысяч на 1 мм.

В быту также можно встретить дифракционные решетки. Например, на компакт-диске расположены чередующиеся полосы, которые представляют собой дифракционную решетку. (слайд 5)



Также грубой дифракционной решеткой являются расческа или ресницы, именно поэтому, если прищуриться и посмотреть на источник света, то можно увидеть радужные цвета.

Решетка имеет паспорт, в котором указывается ее характеристика – период решетки.

Рассмотрим плоскую прозрачную дифракционную решётку. (слайд 6) Обозначим ширину прозрачного участка через **a**, а ширину непрозрачного промежутка через **b**.

Сумму ширины прозрачного участка и непрозрачного промежутка называют постоянной дифракционной решётки или периодом дифракционной решётки.

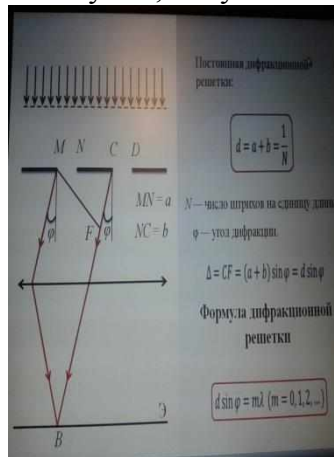
$$\mathbf{a + b = d.}$$

Она также обратно пропорциональна числу штрихов N на единицу длины решётки.

Пусть плоскомономатическая волна падает нормально к плоскости решётки. Тогда согласно принципу Гюйгенса – Френеля каждая щель будет являться источником вторичных волн, способных интерферировать друг с другом.

Если за дифракционной решёткой установить собирающую линзу, то в её фокальной плоскости, расположенном на экране, можно наблюдать дифракционную картину,

т.е. систему максимумов и минимумов, полученных в результате интерференции света от



различных щелей решетки.

Найдем условие, при котором идущие от щелей волны усиливают друг друга. Для этого рассмотрим волны, распространяющиеся под углом  $\varphi$ .

Разность хода между волнами от краев соседних щелей равна длине отрезка  $\Delta$ .

Если на этом отрезке укладывается целое число длин волн, то волны от всех щелей будут усиливать друг друга:

$\Delta = m \lambda$  — условие максимума.

Формула дифракционной решетки:

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

Число  $m$  определяет номер дифракционного спектра.

При использовании белого света все максимумы (кроме центрального) имеют радужную окраску, так как различным длинам волн соответствуют различные углы, на которых наблюдается интерференционный максимум. (слайд 7)

Дифракционную решетку используют для определения длины световой волны (первым это сделал Юнг). (слайд 8)

При решении задач можно допустить, что из-за малых углов

$$d \sin \varphi = m \lambda. \text{ формула дифракционной решетки}$$

$$\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \frac{y}{L}$$

$$d \frac{y}{L} = m \lambda \quad \lambda = \frac{d \cdot y}{m \cdot L}$$

В настоящее время оптические приборы с дифракционными решётками получили широкое распространение как в физике, астрономии, так и в химии, биологии и технике. С их помощью изучаются спектры отражения и поглощения веществ, оптические свойства различных материалов. (слайд 9)

Благодаря дифракции света нам удалось глубже проникнуть в удивительный мир живых клеток, расширить наши познания о далёком прошлом и настоящем нашей Вселенной.

Итак, мы узнали устройство дифракционной решётки, понятие «период решётки», вывели формулу, по которой можно рассчитать положения главных максимумов в дифракционной картине, полученные с помощью дифракционной решётки.

Чем больше штрихов нанесено на решетке, тем дальше друг от друга находятся дифракционные спектры и тем меньше ширина каждой линии на экране, поэтому максимумы видны в виде отдельных точек, т.е. разрешающая сила решетки увеличивается.

Для монохроматического света мы видим только максимумы одного цвета.

## ***V. Решение задач***

1. Определите период дифракционной решётки, если при её освещении светом длиной 600 нм второй спектральный максимум виден под углом  $30^\circ$ . (слайд 10)
2. Перпендикулярно дифракционной решётке, имеющей 1000 штрихов на 1мм, падает монохроматическая волна. Какова длина падающей волны, если спектр 2- го порядка наблюдается в направлении, перпендикулярном падающим лучам? (слайд 11)
3. Какое число штрихов на каждом миллиметре длины имеет дифракционная решётка, если зелёная линия ( $\lambda=500$  нм) в спектре второго порядка наблюдается под углом  $30^\circ$ ?

## ***Итог урока***

Сегодня вам представилась возможность воспользоваться замечательным «орудием» для определения длины световой волны и вы убедились в том, что можно преодолевать многие препятствия на вашем пути.