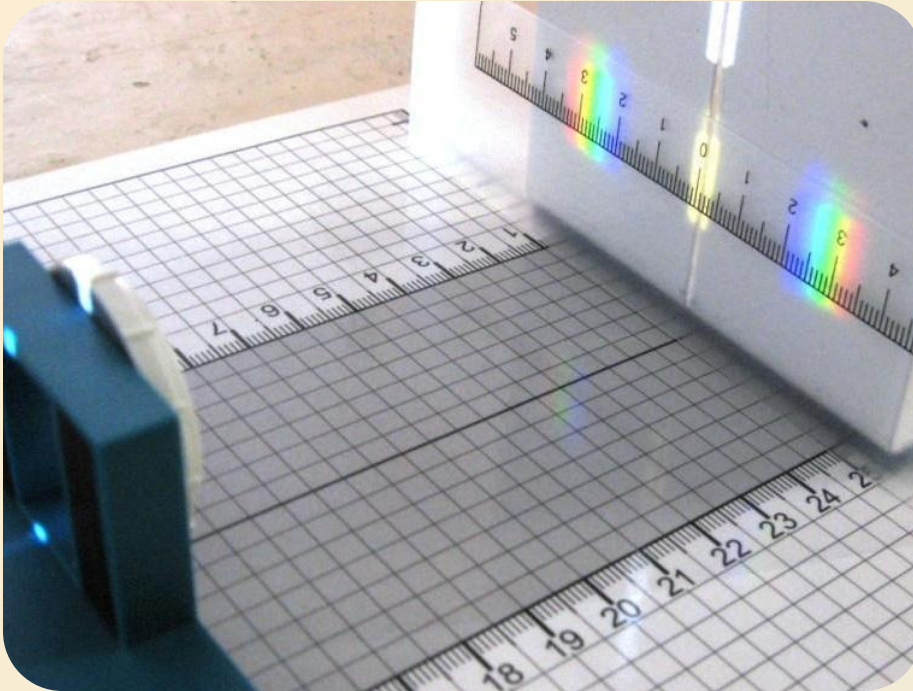


***Дифракция
Дифракционная
решетка***

Содержание



Дифракция волн

1. [Наблюдение дифракции волн](#)
2. [Объяснение дифракции волн](#)
3. [Дифракция волн в природе](#)

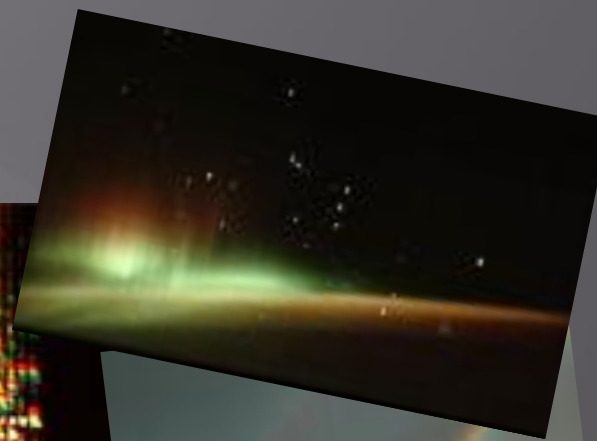
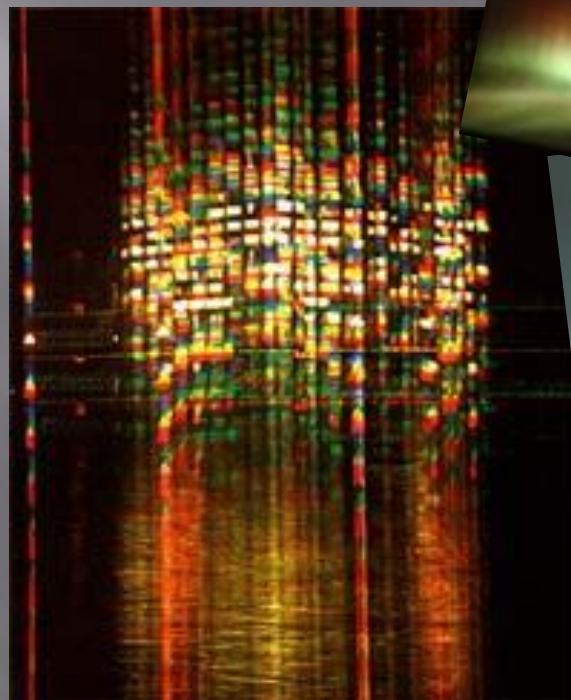
Дифракция света

1. [Наблюдение дифракции света](#)
2. [Зоны Френеля](#)
3. [Дифракция света в природе](#)
4. [Дифракционная решетка](#)

Ключевые задачи

1. [Рисунки в задачах](#)
2. [Почему «0» тах белый](#)
3. [Максимальный порядок спектра](#)

Многообразиие оптических явлений делает окружающий мир загадочным и потрясающе красивым. Явления, подтверждающие волновую природу света, – интерференция и дифракция.



Явление, свойственное всем волновым процессам.



Явление огибания механическими волнами преград наблюдается когда речные волны свободно огибают выступающие из воды предметы и распространяются так, как будто этих предметов не было совсем.

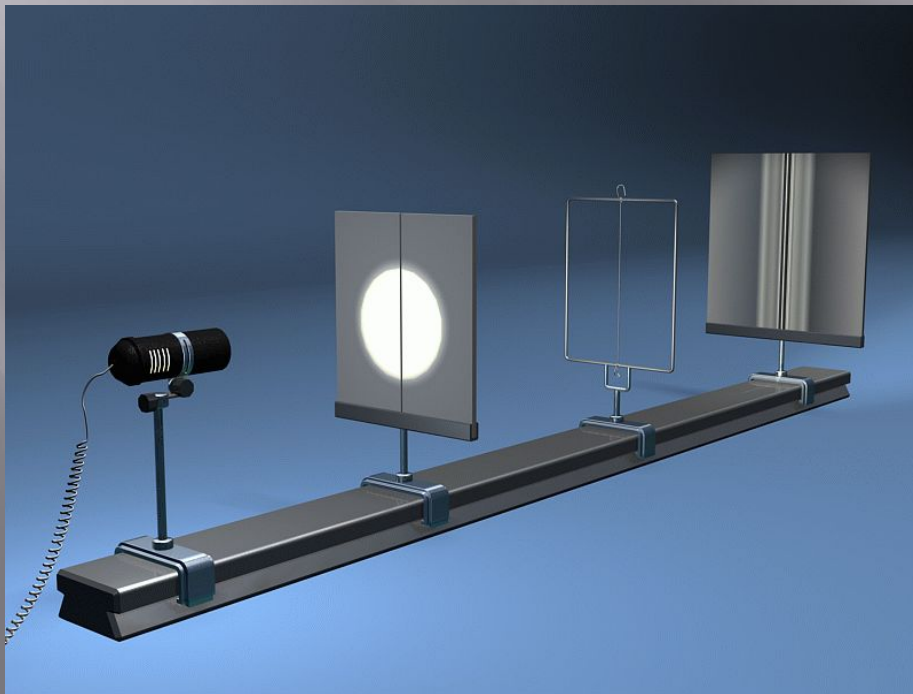
Звуковые волны так же огибают препятствия и мы можем слышать сигнал автомобиля за углом дома, когда самого автомобиля не видно.





**Франческо
ГРИМАЛЬДИ**

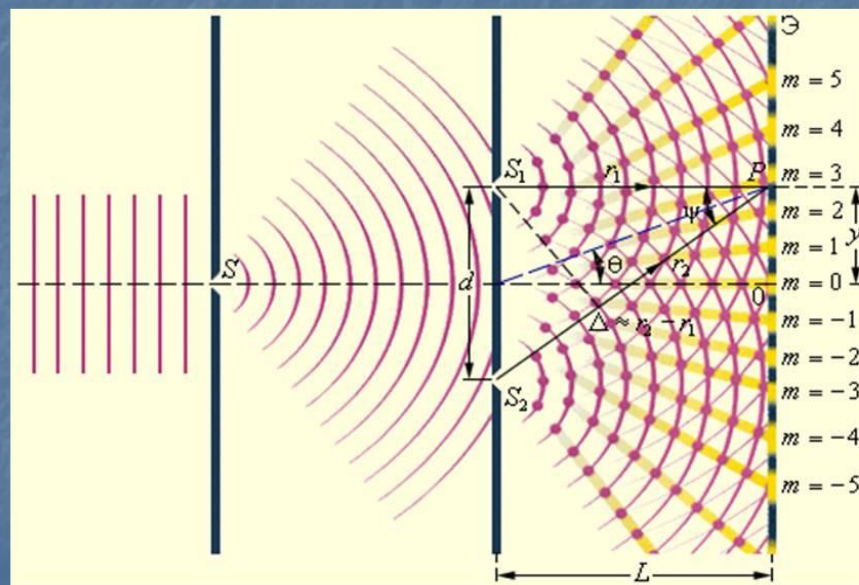
В середине 17-го века итальянский ученый Ф. Гримальди наблюдал странные тени от небольших предметов, помещенных в узкий пучок света. Эти тени не имели четких границ, были окаймлены цветными полосами.



Томас Юнг (13.06.1773-10.05.1829)



Опыт английского учёного Т. Юнга по интерференции света 1801 г.



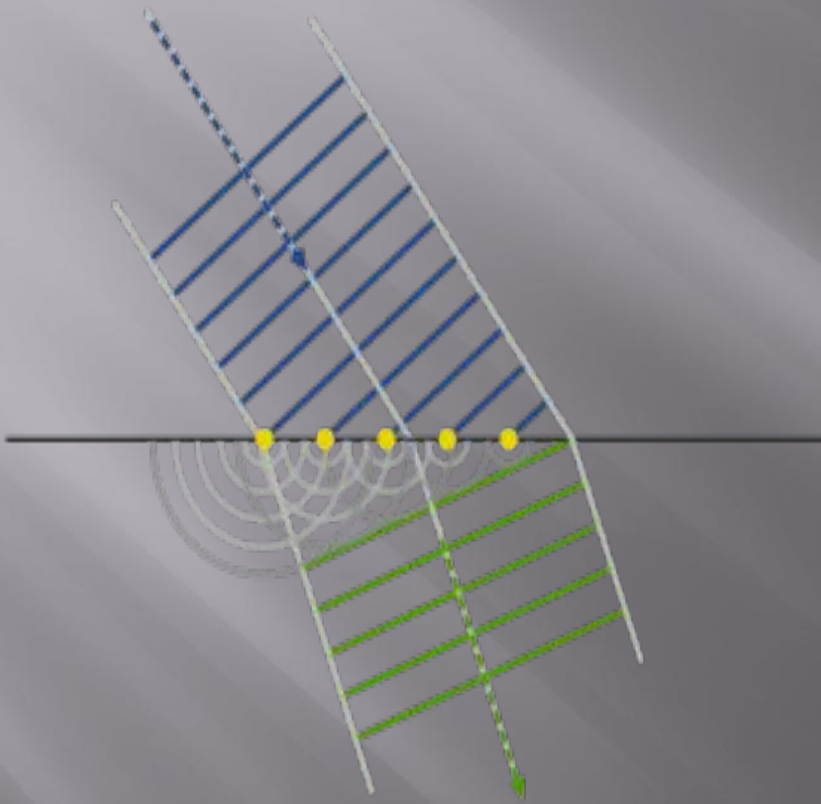
**Христиан Гюйгенса
(14.04.1629 - 8.07.1695) :**



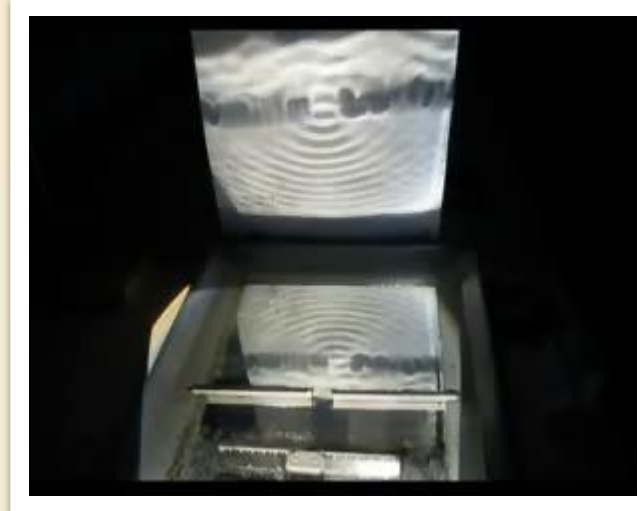
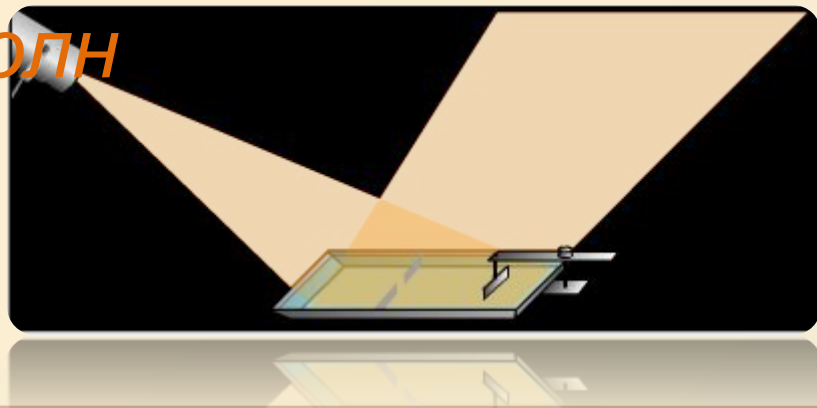
В становлении представлений о том, что распространение света является волновым процессом, большую роль сыграл Христиан Гюйгенс.

Принцип Гюйгенса

Каждая точка поверхности, достигнутая световой волной, является вторичным источником световых волн. Огибающая вторичных волн становится волновой поверхностью в следующий момент времени.

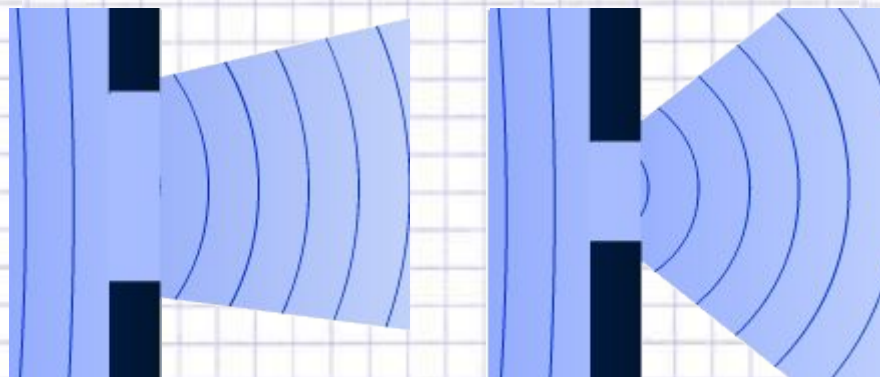


Наблюдение дифракции волн



Дифракция Волн - явление огибания волнами препятствий и проникновение их в область геометрической тени.

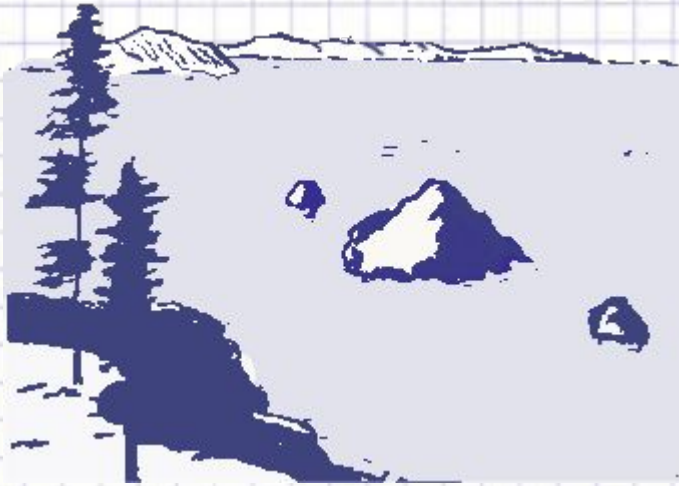
Зависимость отклонения волн от размеров отверстия



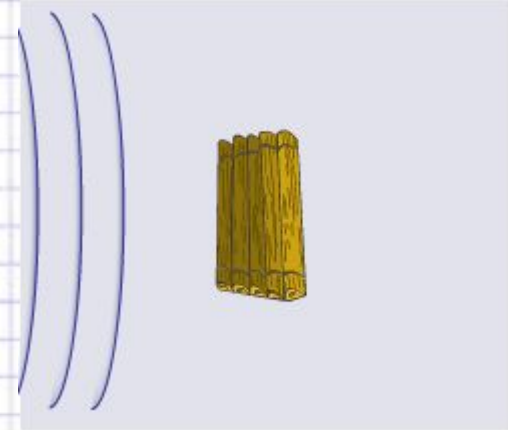
Далее

- Дифракция света – огибание световой волной непрозрачных тел с проникновением в область геометрической тени и образованием там интерференционной картины.

Качественное объяснение дифракции



*Волны огибают
большую скалу и
область тени
постепенно исчезает*



*По принципу Гюйгенса-
Френеля огибающая
вторичных волн на
краях препятствия
заходит в область
тени.*



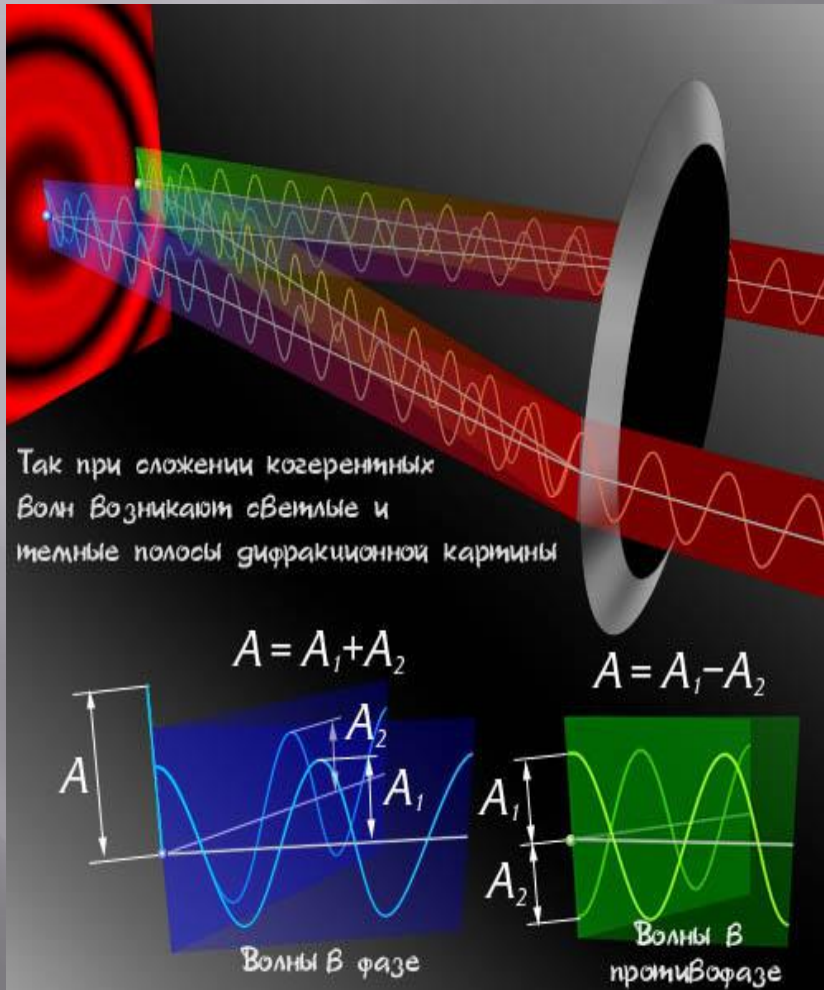
Далее

**Френель Огюстен Жан
(10.05.1788–14.06.1827).**



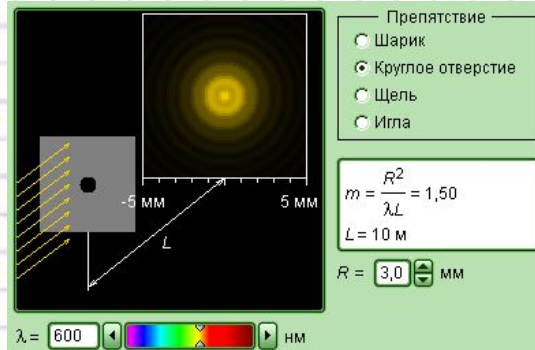
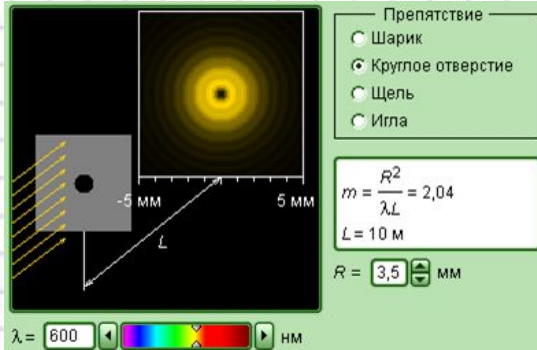
Огюстен Френель заложил основы волновой оптики, дополнив принцип Гюйгенса идеей интерференции вторичных волн: он построил количественную теорию дифракции.

Принцип Гюйгенса-Френеля:

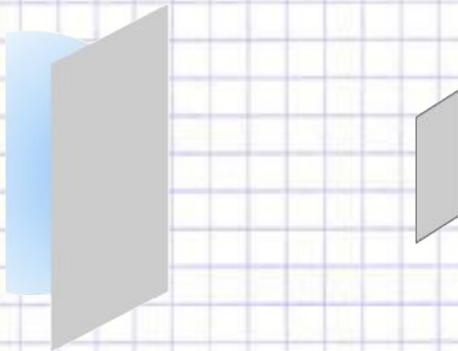


- Каждый элемент волнового фронта можно рассматривать как центр вторичного возмущения, порождающего вторичные сферические волны, а результирующее световое поле в каждой точке пространства будет определяться интерференцией этих волн.

Качественное объяснение дифракции света



Модель
дифракции
здесь

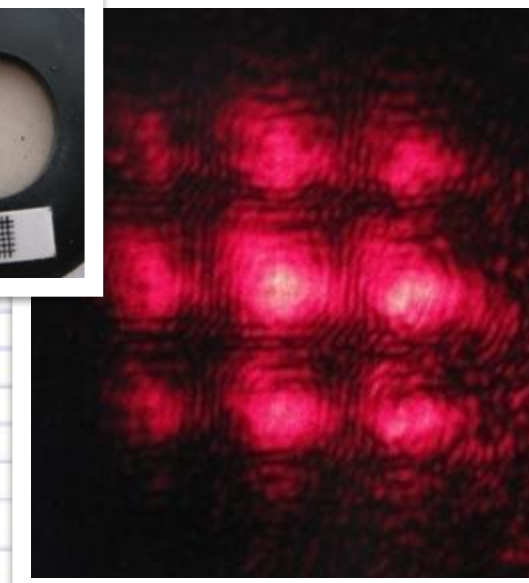
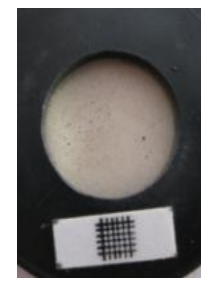
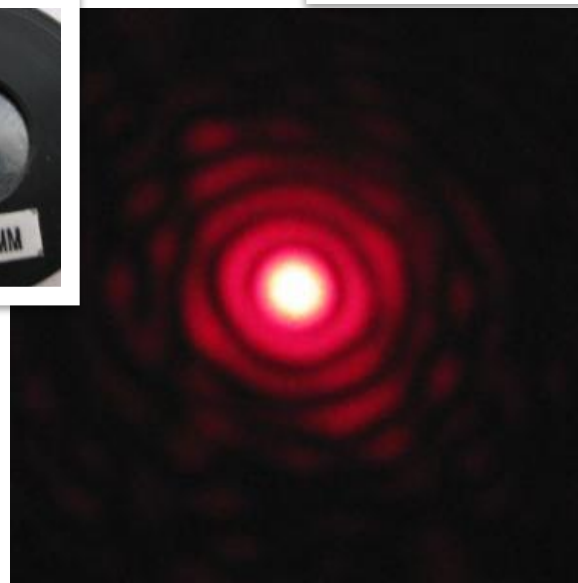
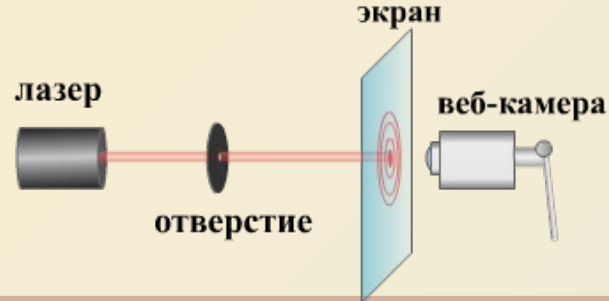


Огюстен Жан Френель в 1818 году предложил разбить волновую поверхность на отдельные зоны так, чтобы волны от ближайших зон шли в противофазе. При трех открытых зонах в центре экрана светлое пятно, т.к. для 1 и 2 зоны выполняется условие m_{in} , а третья создает светлое пятно.



Далее

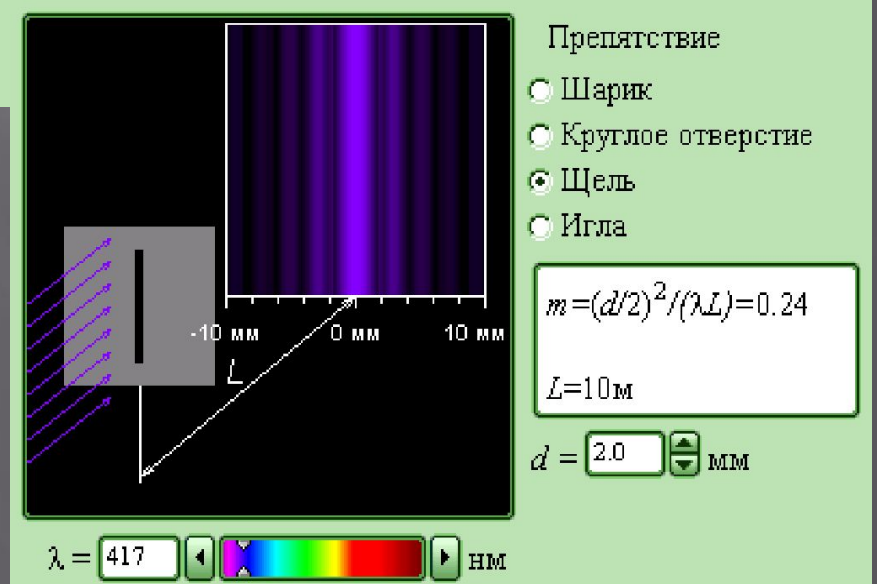
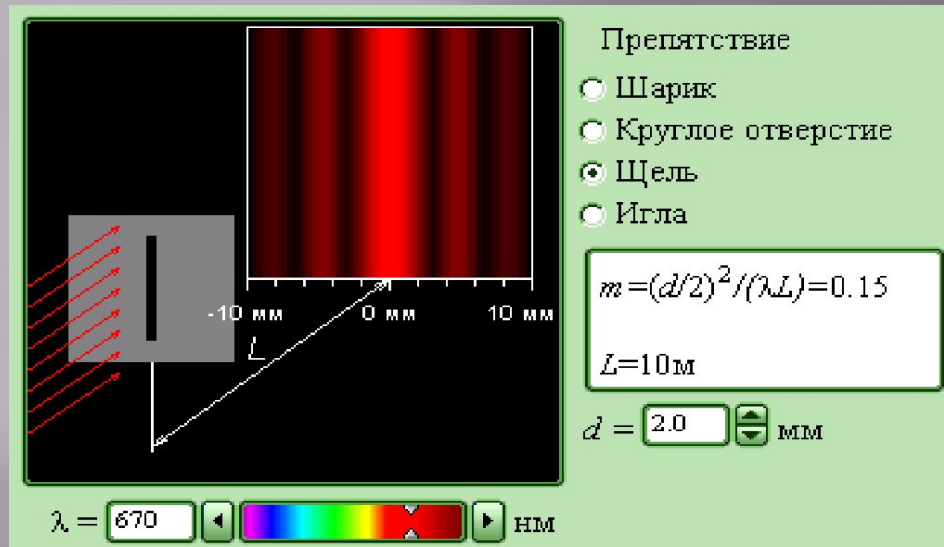
Наблюдение дифракции света



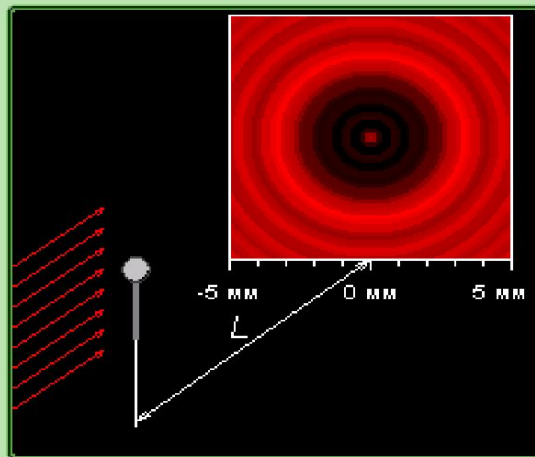
Дифракционная картина, возникающей на экране при дифракции света на линейном препятствии (щель)



Модель дифракционной картины, возникающей на экране при дифракции света на линейном препятствии (щель), при различных длинах волн падающего света.



Модель дифракционной картины, возникающей на экране при дифракции света на круглом препятствии (шарик), при различных длинах волн падающего света и размерах препятствия.



Препятствие

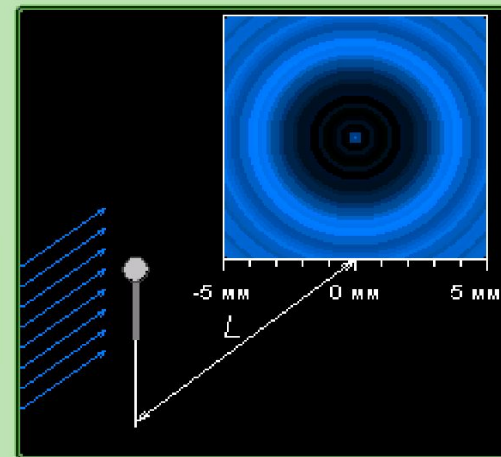
- Шарик
- Круглое отверстие
- Щель
- Игла

$$m = R^2 / (\lambda L) = 1.34$$

$$L = 10 \text{ м}$$

$$R = 3.1 \text{ мм}$$

$$\lambda = 670 \text{ нм}$$



Препятствие

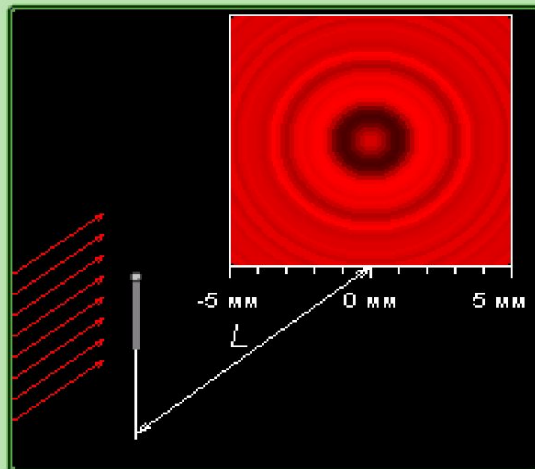
- Шарик
- Круглое отверстие
- Щель
- Игла

$$m = R^2 / (\lambda L) = 1.96$$

$$L = 10 \text{ м}$$

$$R = 3.1 \text{ мм}$$

$$\lambda = 480 \text{ нм}$$



Препятствие

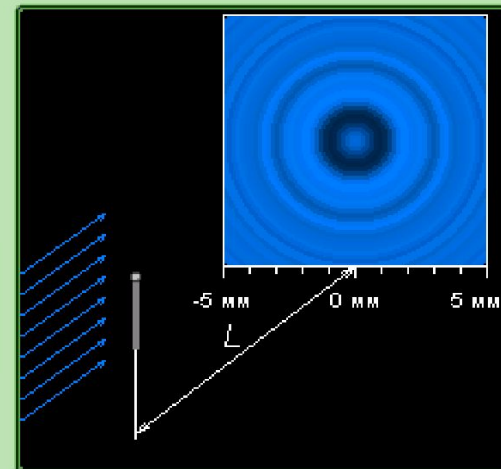
- Шарик
- Круглое отверстие
- Щель
- Игла

$$m = R^2 / (\lambda L) = 0.15$$

$$L = 10 \text{ м}$$

$$R = 1.0 \text{ мм}$$

$$\lambda = 670 \text{ нм}$$



Препятствие

- Шарик
- Круглое отверстие
- Щель
- Игла

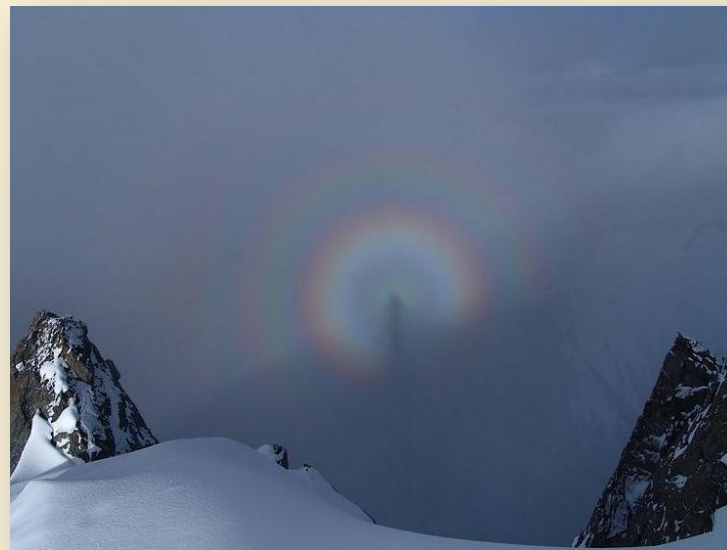
$$m = R^2 / (\lambda L) = 0.22$$

$$L = 10 \text{ м}$$

$$R = 1.0 \text{ мм}$$

$$\lambda = 480 \text{ нм}$$

Дифракция в природе



Глор́ия (лат. *gloria* — украшение; ореол) — оптическое явление в атмосфере. В Японии глаорию называют «светом Будды». Первые письменные наблюдения относятся к облакам, расположенным над островами в дельте реки Св. Петра. Наблюдения в долинах, окружающих горы или на вершинах, свидетельствуют о том, что свет падает сзади наблюдателя, прорываясь вблизи фронта и возвращается от облака в том же направлении, по которому падал, то есть к наблюдателю.

Дифракция в природе



Дифракции понятие нелегко,
И недоступна суть сего явления
Уму простому среднего студента,
Тем более – сознанию школяра.
Здесь не помогут хитрые
картинки
И формулы учебников для ВУЗов.
Но вот однажды с сайта «ГУГЛ-
карты»
Попалась мне картинка на глаза:
Прибоя волны в бухту Лиепаи,
Проникнуть тщась сквозь узкие
проходы,
Расходятся потом от них кругами
С теорией в согласье волновой; ...

Автор: [В. Репин.](#)



Лунные венцы.



Границы применимости геометрической оптики.

Наиболее отчетливо дифракция света проявляется тогда, когда выполняется данное условие (условие наблюдения дифракции).

Где D - размер препятствия или отверстия, λ - длина световой волны, L - расстояние от препятствия до места, где наблюдается дифракционная

$$L \geq \frac{D^2}{\lambda}$$

Разрешающая способность оптических приборов.

Дифракция налагает также предел на разрешающую способность телескопа.

Предельное угловое расстояние (δ) между светящимися точками, при котором их можно различать, определяется отношением длины волны (λ) к диаметру объектива (**D**).

$$\delta = \frac{\lambda}{D}$$

Дифракцию света используют для создания чувствительных спектральных приборов.



Дифракционные явления приносят не только пользу, но и вред, ограничивая разрешающую способность оптических приборов.



Дифракционная решетка — оптический прибор, работающий по принципу дифракции света, представляет собой совокупность большого числа регулярно расположенных штрихов, нанесенных на поверхность.

Первое описание явления сделал Джеймс Грегори, который использовал в качестве решетки птичьего перья.

На современных решетках наносят до 1000 штрихов на 1 мм.

[Википедия.](#)



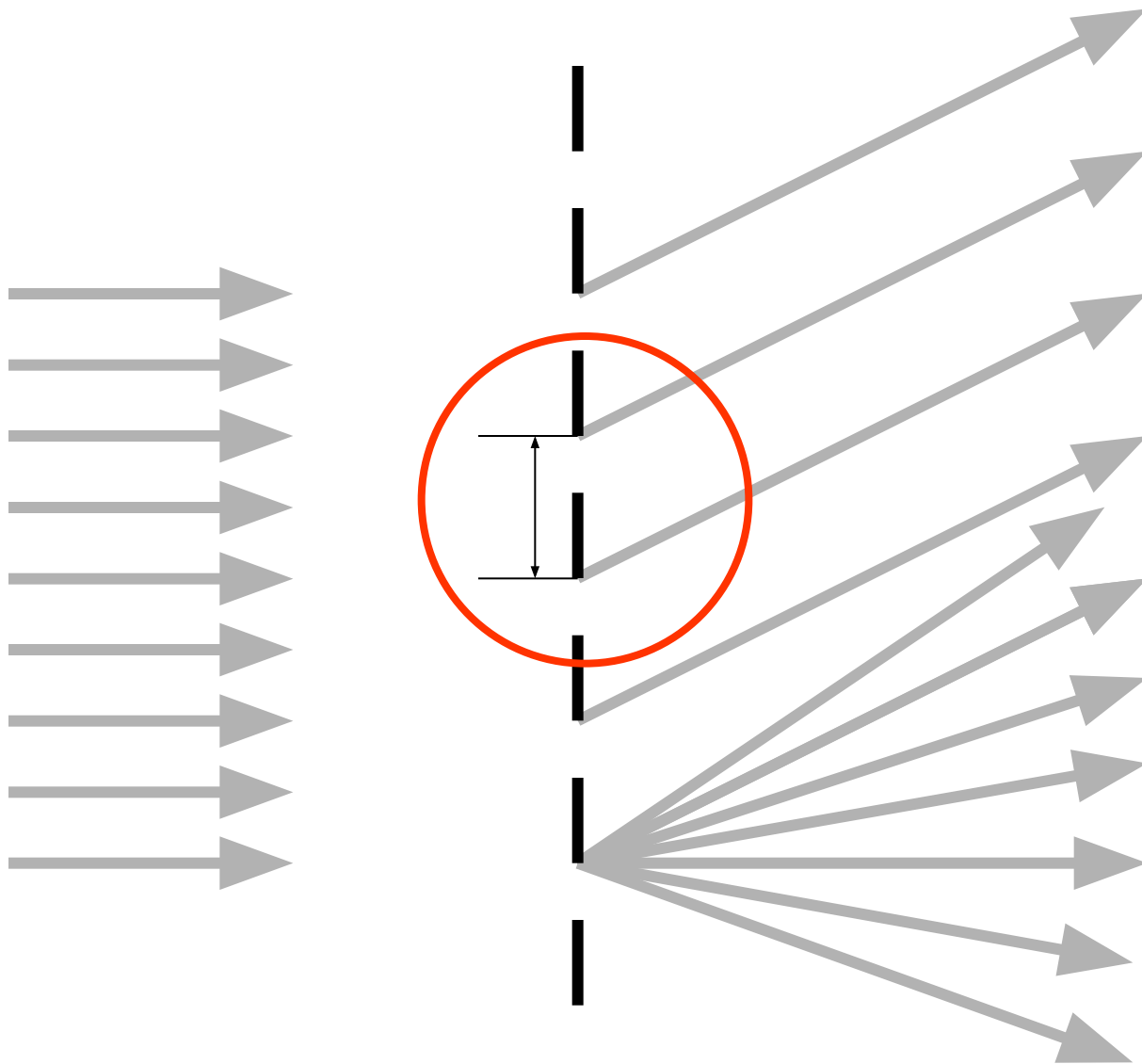
ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

– оптический прибор,
представляющий
собой совокупность
большого числа
регулярно
расположенных
штрихов (щелей,
выступов),
нанесенных на
некоторую
поверхность
(от 0,25 до 6000

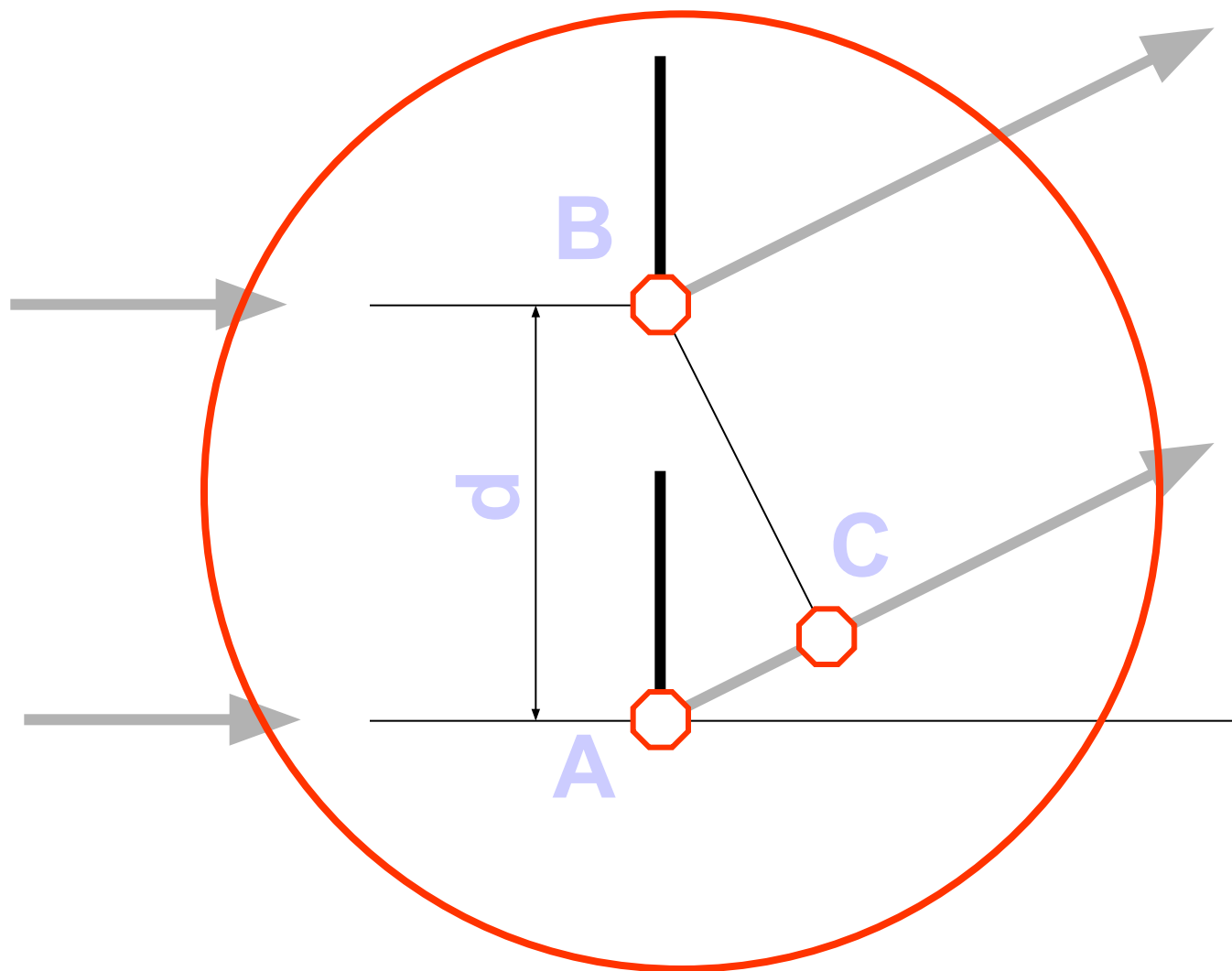


ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

падающий свет

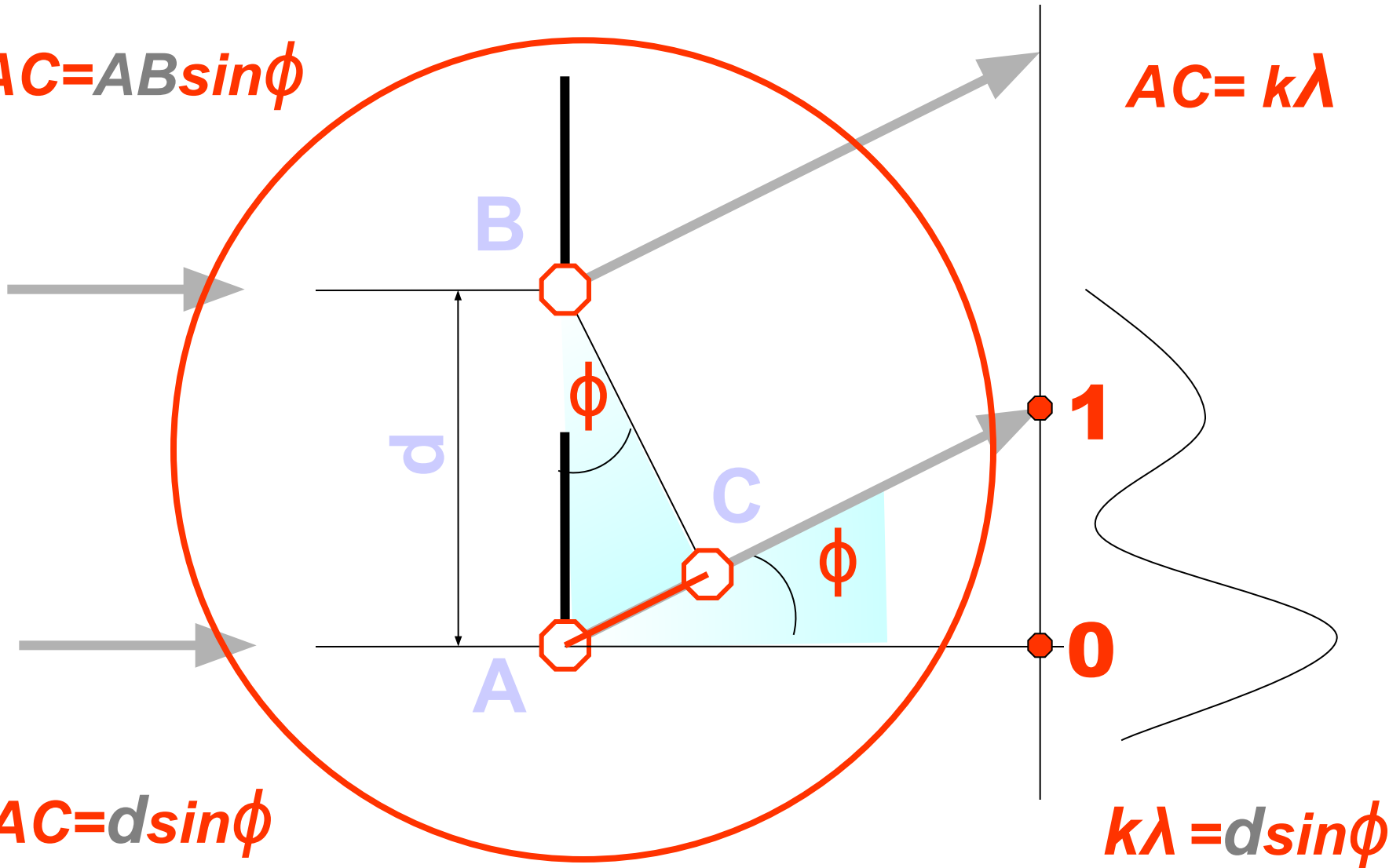


ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА



ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

$$AC = AB \sin \phi$$

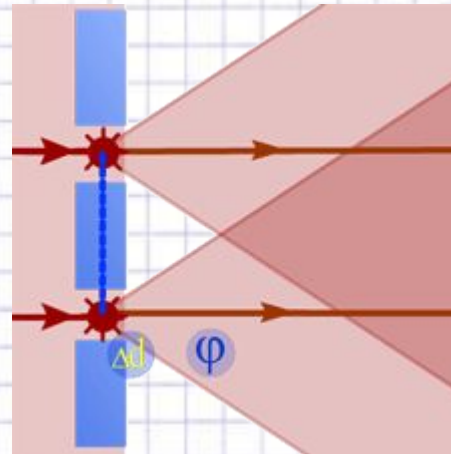


$$AC = k\lambda$$

$$AC = d \sin \phi$$

$$k\lambda = d \sin \phi$$

Принцип действия дифракционной решетки

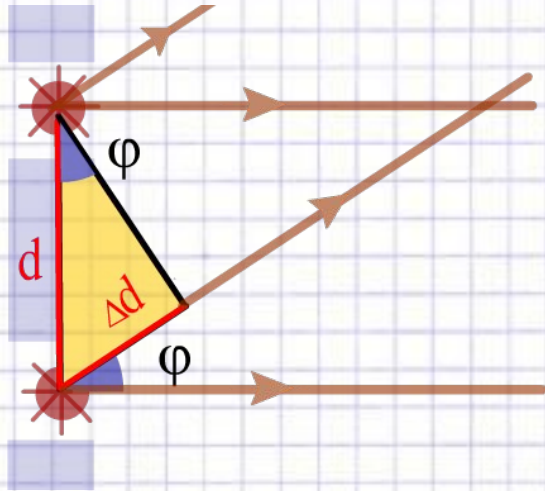


В упрощенной теории каждую прозрачную часть можно считать точечным источником света, который излучает вторичные волны по всем направлениям.

Разность хода между волнами от ближайших источников зависит от выбранного направления.

Чем больше угол отклонения, тем больше разность хода.

Принцип действия дифракционной решетки



Величина, равная сумме ширины прозрачной и непрозрачной части, называется постоянной дифракционной решетки (d).

Из прямоугольного треугольника:

$$\Delta d = d \sin \varphi$$

Для некоторых углов разность хода кратна длине волны, следовательно, для этих углов выполняется условие *max*:

$$d \sin \varphi = k\lambda$$

ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

$$d \sin \phi = k \lambda$$

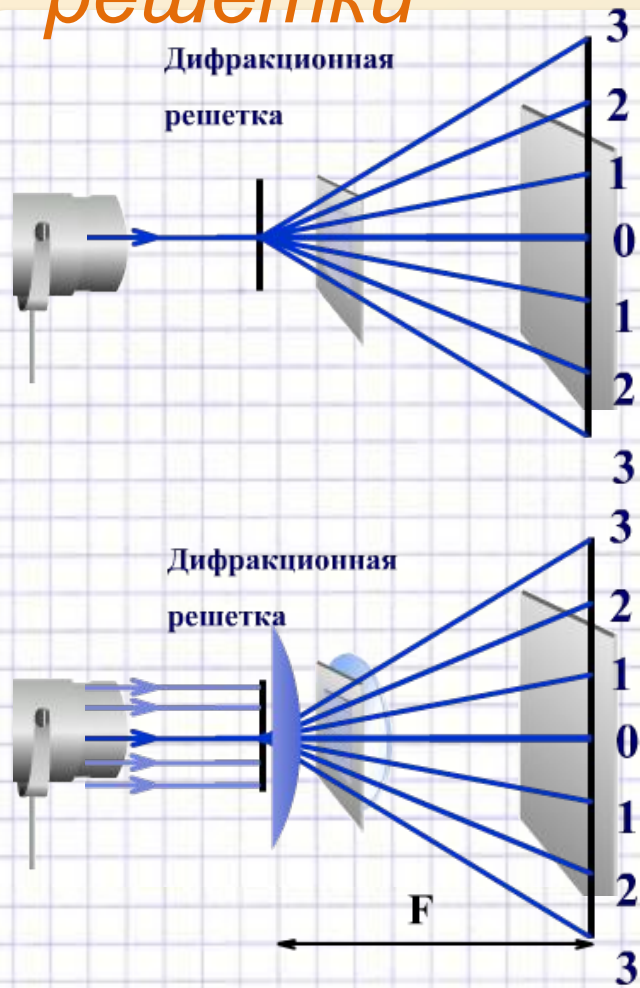
d – период решетки

λ - длина световой волны

k = 0, 1, 2, 3...- максимумы

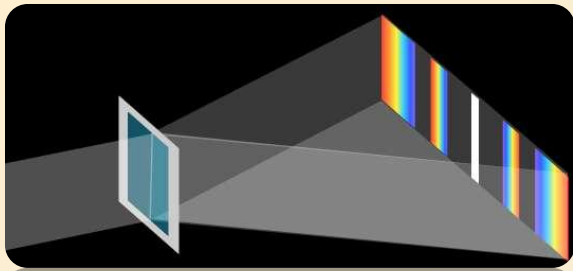
ϕ - угол на соответствующий максимум

Принцип действия дифракционной решетки

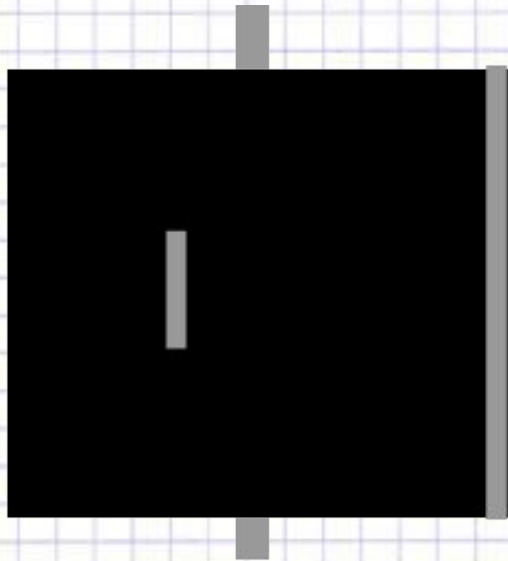


Тонкий луч света создает на экране четкую интерференционную картину.

Призма, помещая решетку в фокальной плоскости, позволяет получить четкую картину в фокальной плоскости.



Почему «0» так белый, а остальные раскладываются в спектр?



Из рисунка видно, что чем больше длина волны, тем больше угол отклонения луча. Максимумы разных порядков разные цвета не суммируются.



Далее

Почему решетки не создают спектры любого порядка?

Аналитическое решение

Из формулы
дифракционной решетки
выражаем порядок
спектра:

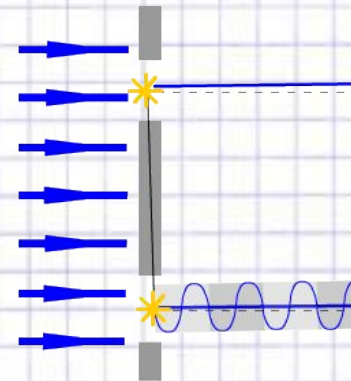
$$d \cdot \sin \varphi = k \lambda$$

$$k = \frac{d \cdot \sin \varphi}{\lambda}$$

Поскольку $\sin \varphi \leq 1$, то

$$k \leq \frac{d}{\lambda}$$

Графическое решение



1. Из рисунка видно, что максимальная разность хода не превышает период решетки $\Delta d \leq d$
2. Применяя условие максимума $\Delta d = k \lambda$, получаем:

$$k \leq \frac{d}{\lambda}$$

Найти длину световой волны
лазера

Дано

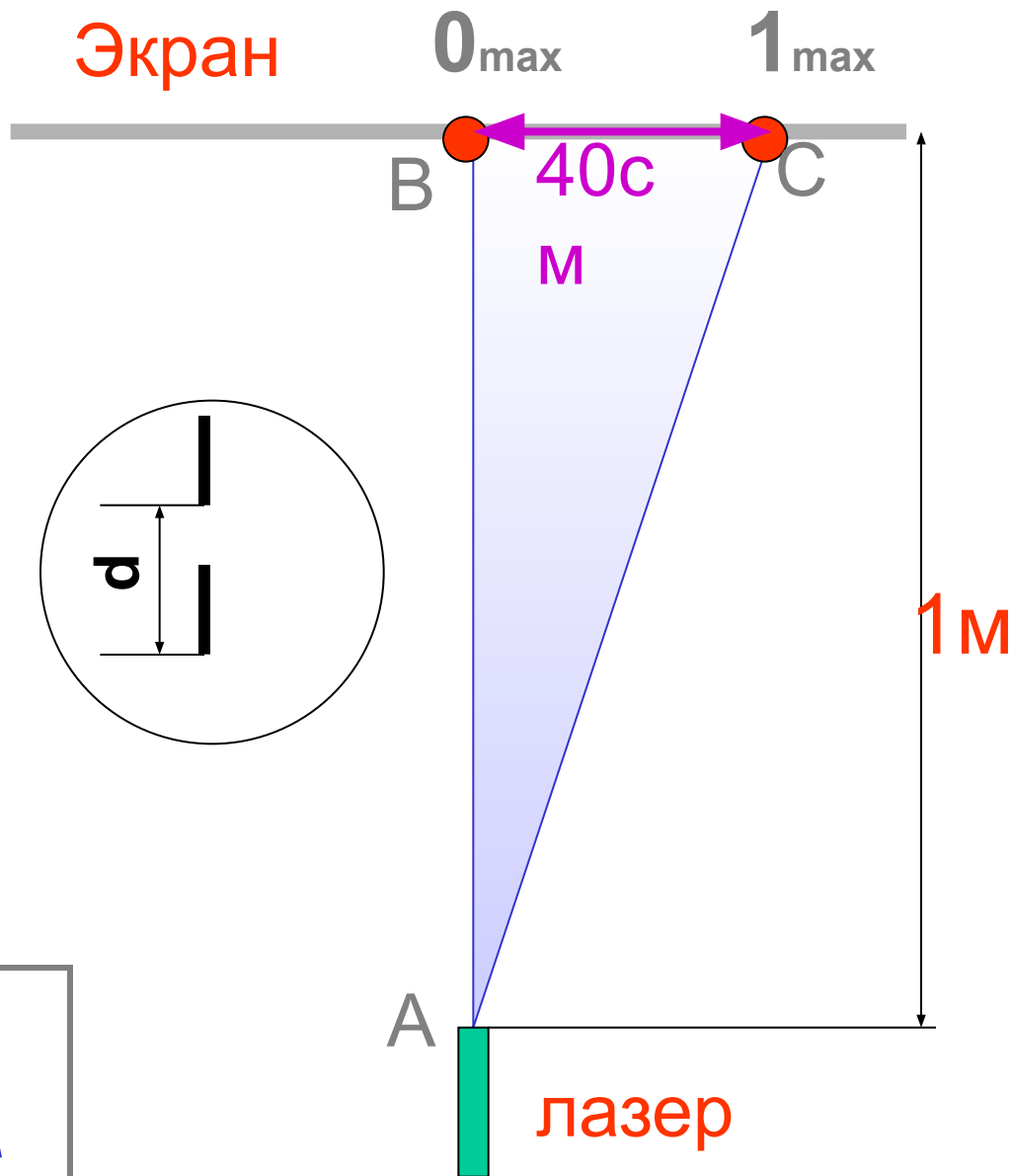
$AB=1\text{ м}$

$BC=40\text{ см}$

Шаг решетки $N=600$ лин на 1 мм

$\lambda = ?$

$$d \sin \phi = k \lambda$$



задача

На дифракционную решетку имеющую 500 штрихов на 1 мм падает плоская монохроматическая волна длиной $\lambda = 500$ нм.

- 1. Определите угол направления на 2 максимум.*
- 2. Определите наибольший порядок спектра k , который можно наблюдать с данной решеткой.*

ход решения задачи

1. $d \sin\phi = k\lambda$ $\lambda = 500 \text{ нм} = 500 \cdot 10^{-9} \text{ м}$
2. найдем d
 - $1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$
 - $0,001 \text{ м} / 500 = 0,000 \ 002 \ \text{ м} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$
3. Найдем угол ϕ
 - $\sin\phi = k\lambda / d$
 - $\sin\phi = 2 * 500 \cdot 10^{-9} \text{ м} / 2 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,5$
 - $\sin\phi = 0,5$
 - $\angle\phi = 30^\circ$
4. Найдем наибольший порядок спектра k
 - максимальному k соответствует $\sin\phi = 1 \Rightarrow k = d/\lambda = 4$

Источники:

1. [Википедия](#)
2. [Открытая физика](#)
3. [В. Репин](#)

3. [В. Репин](#)
2. [Открытая физика](#)
1. [Википедия](#)