

## Уважаемые студенты!

### Задание:

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 7 страниц рукописного текста.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.
4. Письменный отчет конспекта лекции и ответов на вопросы в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail ([tamara\\_grechko@mail.ru](mailto:tamara_grechko@mail.ru)).

**Обратите внимание!!!** В случае возникновения вопросов по теоретическому материалу лекции обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

## ЛЕКЦИЯ

**Тема: Интерференция и дифракция света. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение**

**Цель:** Изучить понятия и законы отражения и преломления света

### План

1. Интерференция и дифракция света
2. Законы отражения и преломления света
3. Полное внутреннее отражение

### 1. Интерференция и дифракция света

Интерференция – это сложение колебаний. В результате интерференции в каких-то точках пространства происходит рост амплитуды колебаний, а в других – их уменьшение. Неизменная картина интерференции наблюдается только тогда, когда разность складываемых колебаний постоянна (они когерентны). Очевидно, что когерентными могут быть колебания одинаковой частоты. Поэтому чаще всего изучают интерференцию монохроматических колебаний.

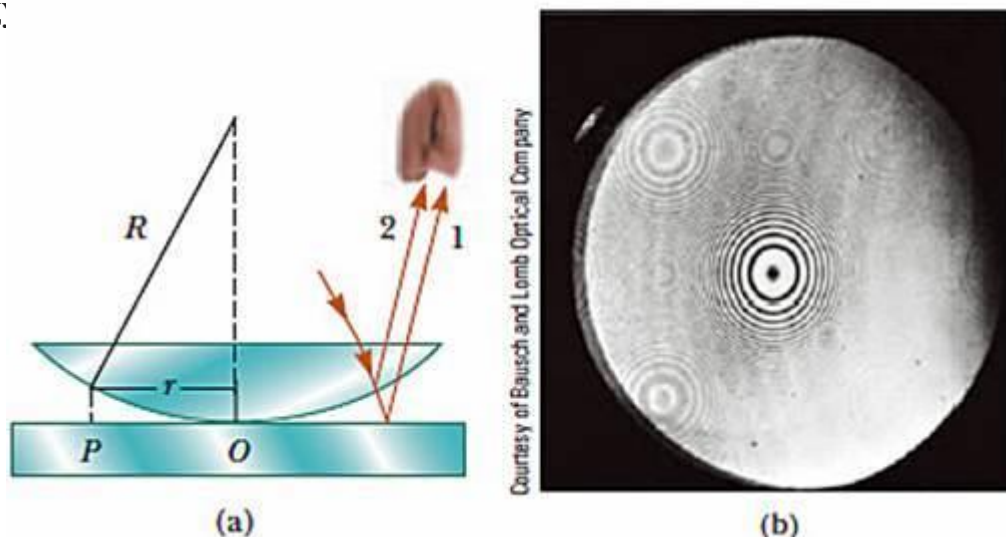
На фото изображена интерференция волн на поверхности воды.

Интерференцию световых волн можно наблюдать, если положить стеклянную линзу на стеклянную пластинку (см. рисунок справа) и посмотреть на них сверху. Луч света (красные стрелки) падает сверху на линзу, преломляется, отражается от её нижней искривлённой поверхности и выходит из линзы (луч 2). Однако часть луча, упавшего на нижнюю поверхность линзы, выходит из неё, падает на стеклянную пластинку,

отражается от неё, проходит через линзу и выходит из неё (луч 1). Лучи 1 и 2 когерентны, т.к. они возникли из одного луча.

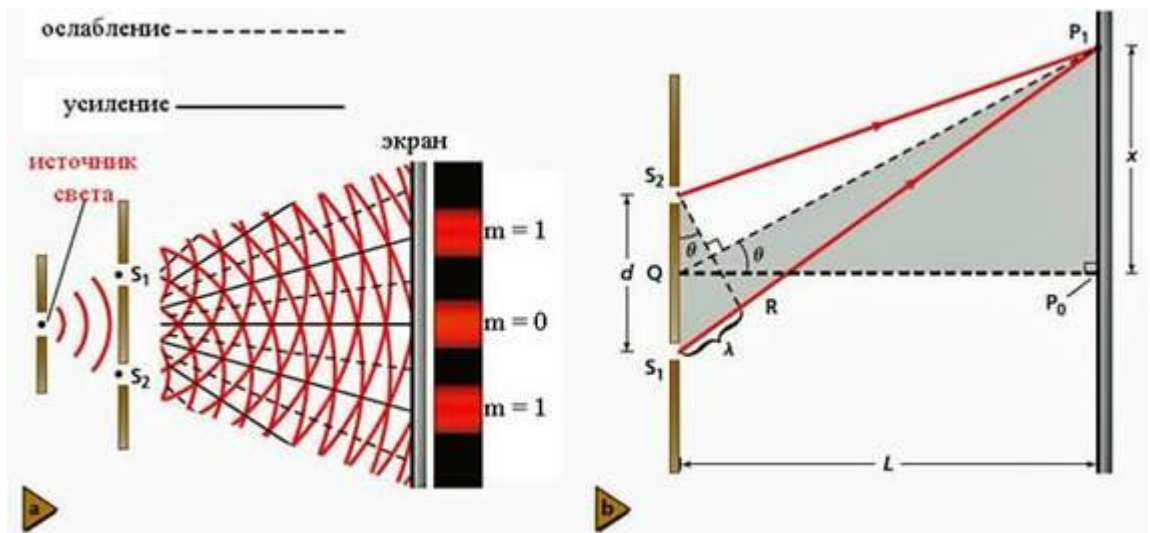
Если попав в глаз, фаза этих лучей будет отличаться на целое число периодов, то эти лучи будут усиливать друг друга и мы увидим яркое пятно. В тех случаях, когда их разность фаз составит нечётное число полупериодов ( $T/2$ ,  $3T/2$ ,  $5T/2$  и т.д.) лучи уничтожат друг друга, и мы увидим тёмное пятно.

Очевидно, что разность фаз между лучами 1 и 2 зависит от толщины зазора между линзой и пластинкой. Поэтому, смотря сверху мы увидим черед

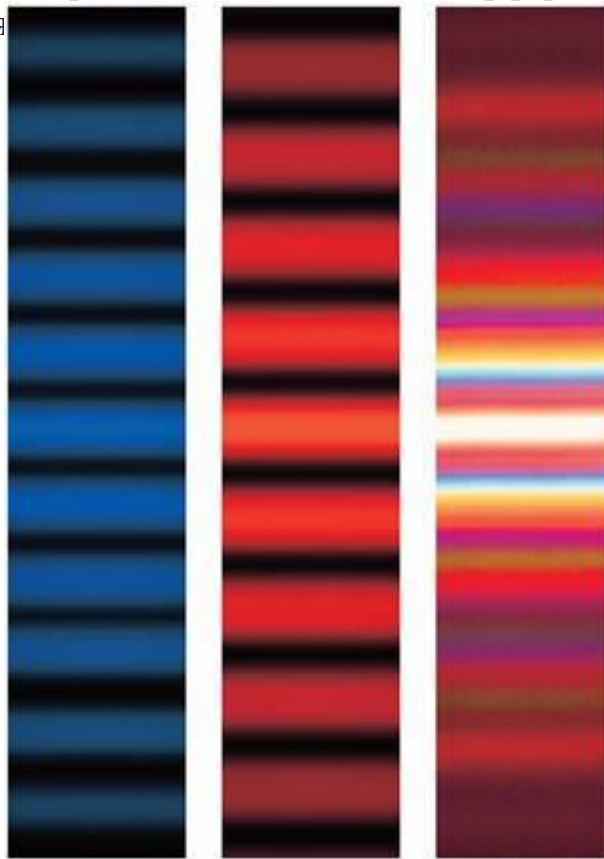


Интерференция световых волн происходит, когда на пути света оказывается непрозрачный экран с двумя параллельными щелями – S1 и S2 (опыт Юнга, см. ниже). Согласно принципу Гюйгенса каждая из щелей становится вторичным источником сферических волн. S1 и S2 – когерентные источники, т.к. они произошли от одного источника света. Волны от S1 и S2 налагаются друг на друга, и если на каком-то расстоянии от щелей поставить непрозрачный экран, то на нём появятся чередующиеся тёмные и окрашенные (яркие) полосы. При этом напротив точки, лежащей между щелями, будет центральная яркая полоса, которую называют интерференционным максимумом «0» порядка. Симметрично от центральной яркой полосы располагаются темные полосы - интерференционные минимумы «1» порядка, а потом яркие полосы - интерференционные максимумы «1» порядка, и т.д. Очевидно, что разность хода лучей от S1 и S2 в точке на экране, где наблюдается интерференционный максимум  $m$ -го порядка, равна  $ml$ , где  $l$ - длина волны света.

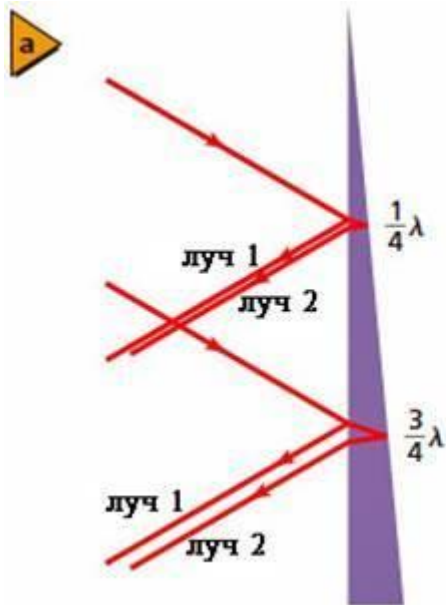
На рисунке b показано, как можно вычислить угол  $\varphi$ , под которым виден интерференционный максимум «1» порядка. Из рисунка следует, что  $d \sin \varphi = \lambda$ , где  $d$  – расстояние между щелями. Также можно вычислить расстояние  $x$  от центральной яркой полосы на экране до интерференционного максимума «1» порядка, где  $L$  – расстояние до экрана, где наблюдают интерференцию. Необходимо отметить, что простота этих формул вытекает из того, что  $L \gg d$ .



На фото ниже показаны интерференционные полосы для синего света (левая) и белого света (правая).



Интерференционные полосы можно наблюдать в свете, отражённом от вертикально расположенной мыльной плёнки (см. рисунок ниже). Толщина плёнки увеличивается сверху вниз, что изменяет разность хода между лучами, отражёнными от обеих поверхностей плёнки. На рисунке а схематически показан верхний красный луч, падающий слева на фиолетовую плёнку (в разрезе). Этот луч сразу отражается и получает обозначение (луч 1). Другая часть того же луча преломляется в плёнке, отражается от другой её поверхности (луч 2) и продолжает двигаться рядом с лучом 1. Если при этом разница фаз между лучами 1 и 2 станет кратной периоду колебаний, то лучи будут усиливать друг друга, и мы увидим яркую полосу. Если же эта разница фаз составит нечётное число полупериодов ( $T/2$ ,  $3T/2$ ,  $5T/2$  и т.д.), то они уничтожат друг друга, а мы увидим тёмную полосу.

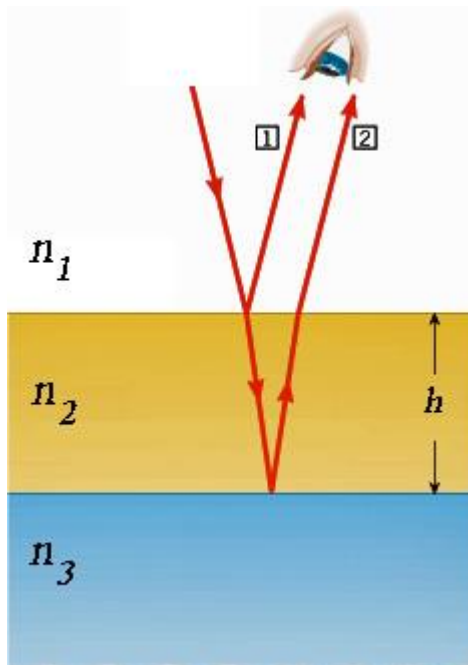


Следует отметить, что волны при отражении изменяют фазу на  $180^\circ$  (или  $\pi$ ), если отражаются от более оптически плотной среды, например, при отражении света в воздухе от воды. Если отражение происходит от менее оптически плотной среды, то изменение фазы волны не происходит.

Пусть, например, показатели преломления  $n_1 < n_2 > n_3$  (см. рисунок ниже). Найдём разность фаз  $\Delta\varphi$  между лучами 1 и 2 после прохождения лучом 2 через тонкую плёнку в обоих направлениях. Луч 1 изменил свою фазу после отражения на  $\pi$ . Луч 2 вернётся в среду с  $n_1$ , опоздав на число периодов, равное отношению двойной толщины плёнки ( $2h$ ) к длине волны света в ней,  $l_2$ , т.е.

$$\Delta\varphi = \pi + 2\pi \cdot \frac{2h}{\lambda_2} = \pi + 2\pi \cdot \frac{2h \cdot n_2}{\lambda_0},$$

закууме.

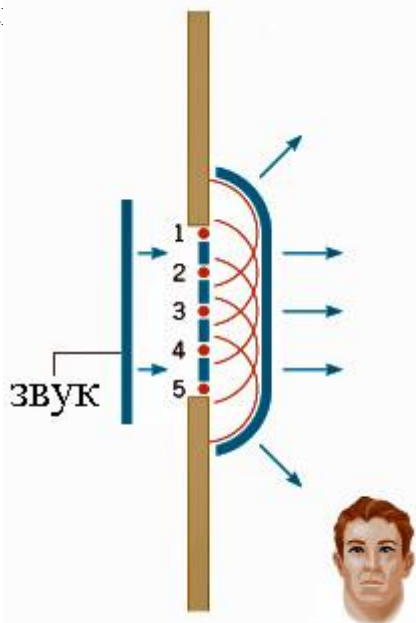


Дифракция

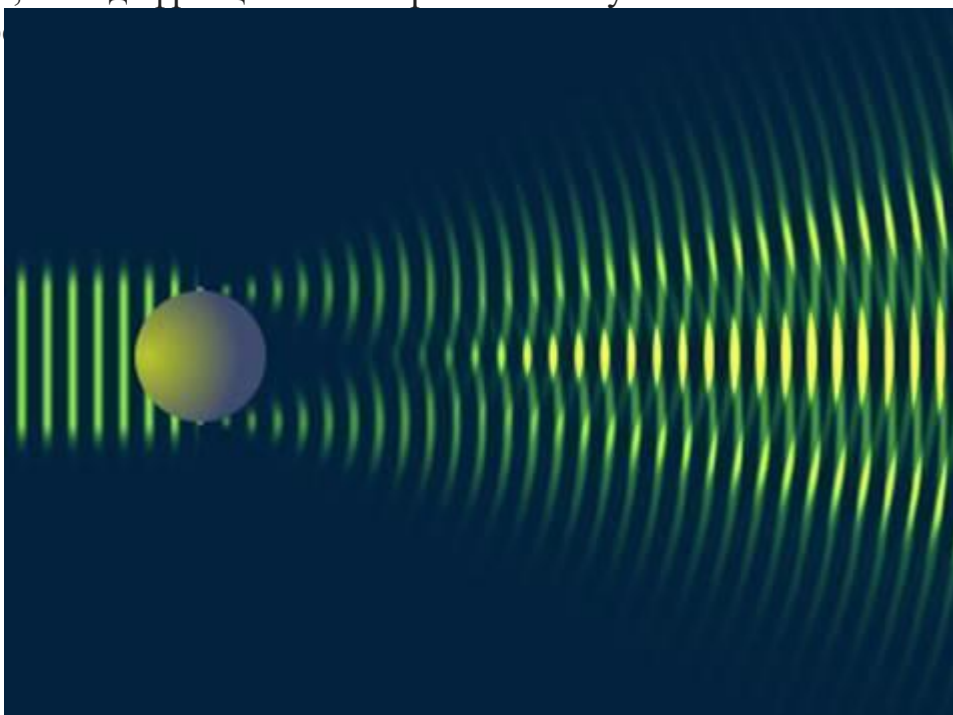
Дифракцией называют явления, связанные со свойством волн огибать препятствия, т.е. отклоняться от прямолинейного распространения.

На рисунке ниже показано, как меняют направление звуковые волны после прохождения через отверстие в стене. Согласно принципа Гюйгенса

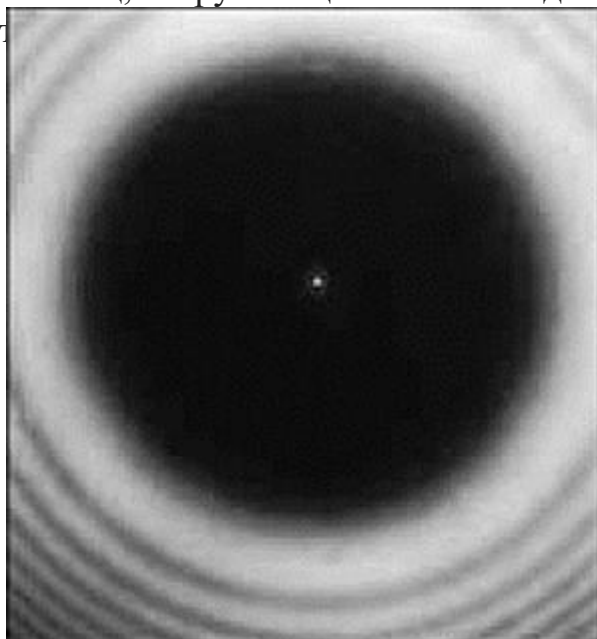
области 1-5 становятся вторичными источниками сферических звуковых волн. Видно, что вторичные источники в областях 1 и 5 приводят к огибанию волна



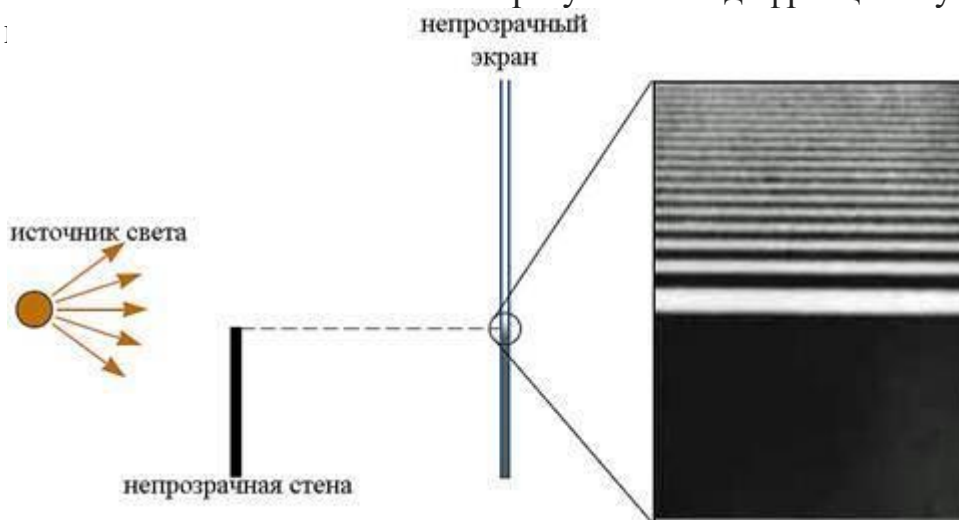
Любое препятствие искажает фронт распространения волн. Согласно принципу Гюйгенса границы препятствия становятся вторичными источниками волн, а их интерференция за препятствием приводит к возникновению устойчивой картины - чередования максимумов и минимумов интенсивности. Эти максимумы и минимумы называют дифракционными, т.к. они произошли в результате дифракции волн. Ниже показана дифракция волн, распространяющихся слева направо за шаром. Видно, что дифракция волн практически уничтожает тень от шара, а в её центр



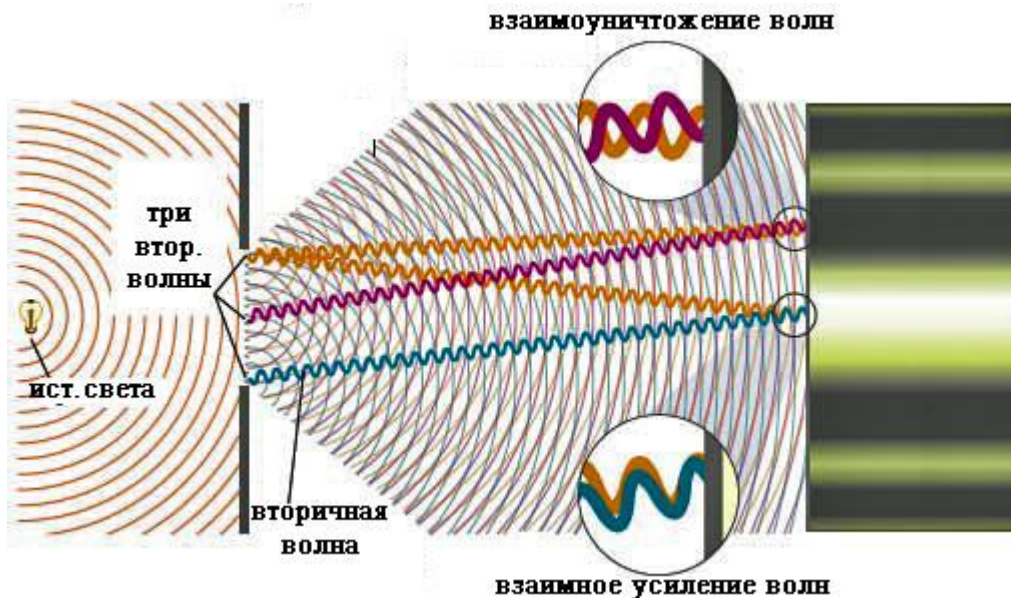
Ниже показано фото тени от монеты на экране при освещении её источником монохроматического света. Видно, что в центре тени есть яркое пятно, образованное интерференцией лучей, огибающих край монеты. Интерференция этих лучей приводит к появлению чередующихся тёмных и ярких колец, окружающих тёмный диск тени. Этот эксперимент тоже является проявлением дифракции света.



Ниже показано увеличенное фото тени верхнего края непрозрачной стены на экране. Видно, что переход из тёмной части тени в освещённую происходит не резко, а через последовательность чередующихся тёмных и ярких полос. Эти полосы являются результатом дифракции лучей света на краю:



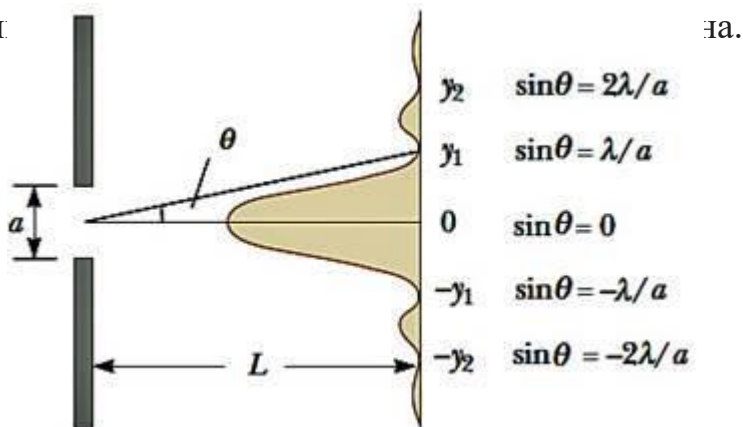
Щель в непрозрачном экране (см. рис. ниже) тоже искажает фронт распространения волн. Согласно принципу Гюйгенса границы щели и она сама становятся вторичными источниками волн, а их последующая интерференция приводит к возникновению устойчивой картины - чередования дифракционных максимумов и минимумов интенсивности света (см. самую правую панель рисунка).



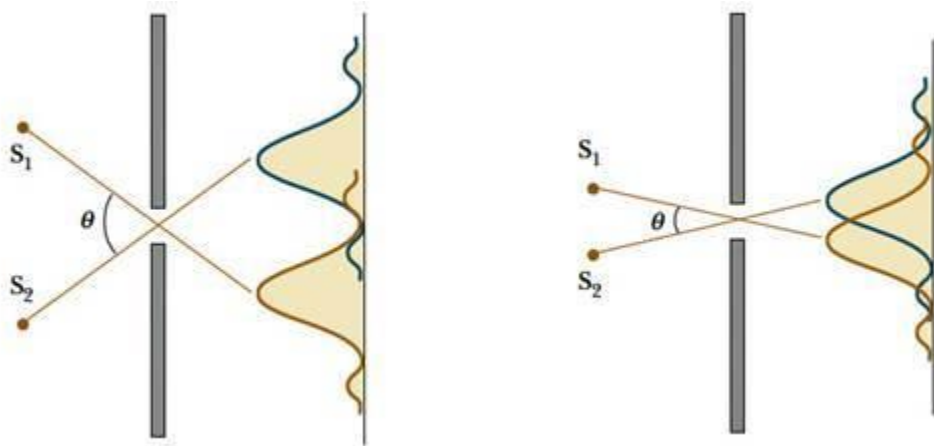
Если расстояние  $L$  до экрана, на котором наблюдают дифракционную картину, гораздо больше ширины  $a$  щели (см. рисунок ниже), то угол, под которым виден первый дифракционный минимум номер  $n$  (см.  $y_n$  на рисунке), можно вычислить из соотношения

$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{a},$$

где  $\lambda$  - длина волны света. Коричневой кривой показан график зависимости интенсивности света от положения на экране. Самая правая панель



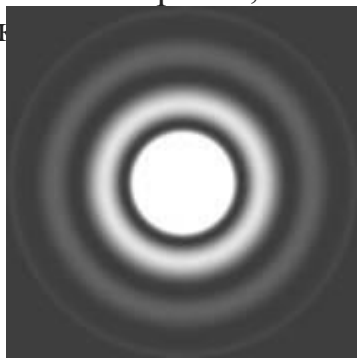
Если щель освещается двумя источниками света  $S_1$  и  $S_2$ , то каждый из них будет создавать на экране свою дифракционную картину (см. рисунок ниже). Если угол  $\varphi$ , под которым видны эти источники, больше ширины центрального дифракционного максимума ( $2\lambda/a$ ) то на экране можно будет различить ДВА ярких дифракционных максимума. В противном случае на экране будет только один центральный максимум слегка большей интенсивности. Таким образом, чем больше ширина щели, тем легче различить на экране близко расположенные источники света.



Дифракция света наблюдается, если он проходит через круглое отверстие (см. левый рисунок). При этом дифракционная картина состоит из центрального яркого пятна, окружённого чередой тёмных и ярких колец. При этом угловой диаметр  $\theta_1$  центрального яркого пятна равен  $\theta_1 \approx \frac{1,22\lambda}{D}$ ,

где  $D$  – диаметр отверстия. Если угол, под которым видны два источника света больше  $\theta_1$ , их центральные максимумы не перекрываются и вполне различимы (см. среднее фото). В противном случае эти максимумы сливаются в один (см. самое правое фото).

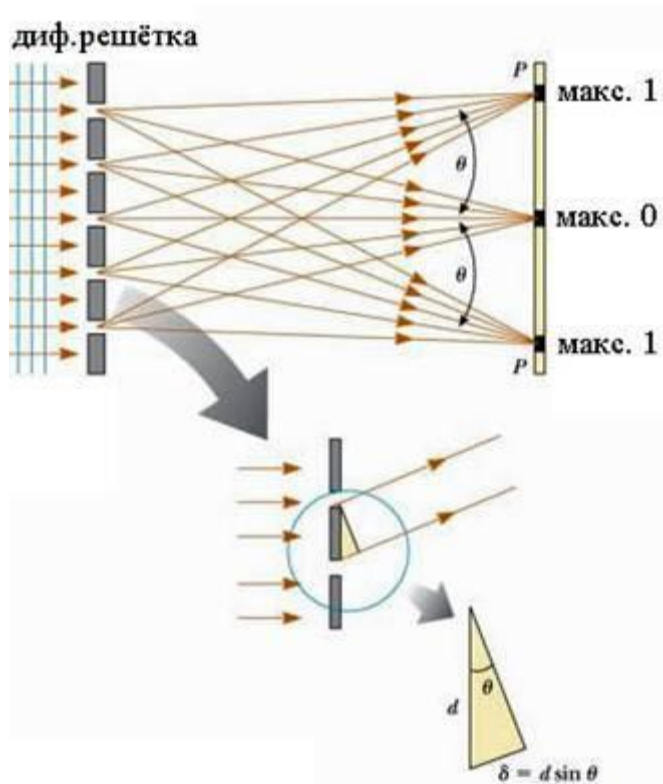
Таким образом, чем больше будет диаметр входной линзы или зеркала телескопа, тем больше объектов мы увидим на небе.



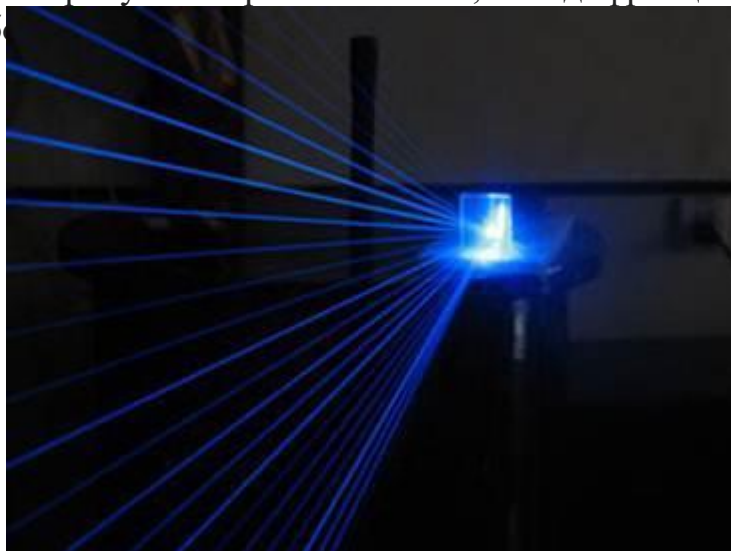
Дифракционная решётка – это прозрачная пластинка, на которую через одинаковое расстояние  $d$  (период решётки) нанесены параллельные штрихи. Плоский фронт световой волны падает слева на дифракционную решётку (см. рисунок) и претерпевает дифракцию на её штрихах. После интерференции прошедших через решётку лучей появляются направления, вдоль которых наблюдаются дифракционные максимумы и минимумы интенсивности света.

Угол  $\theta_n$ , под которым виден первый дифракционный максимум номер  $n$ , легко вычислить, если считать, что расстояние до экрана  $P$  гораздо больше периода решётки  $d$ . Тогда  $d \sin \theta = n\lambda$ .

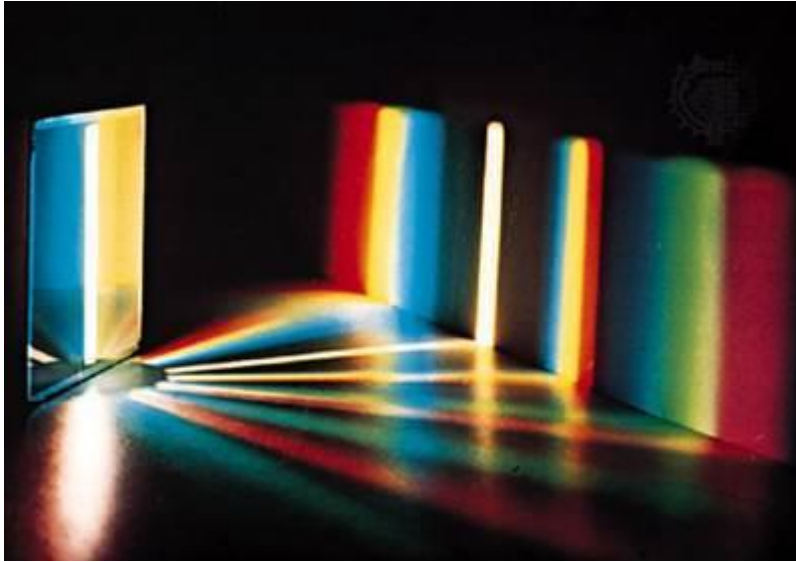




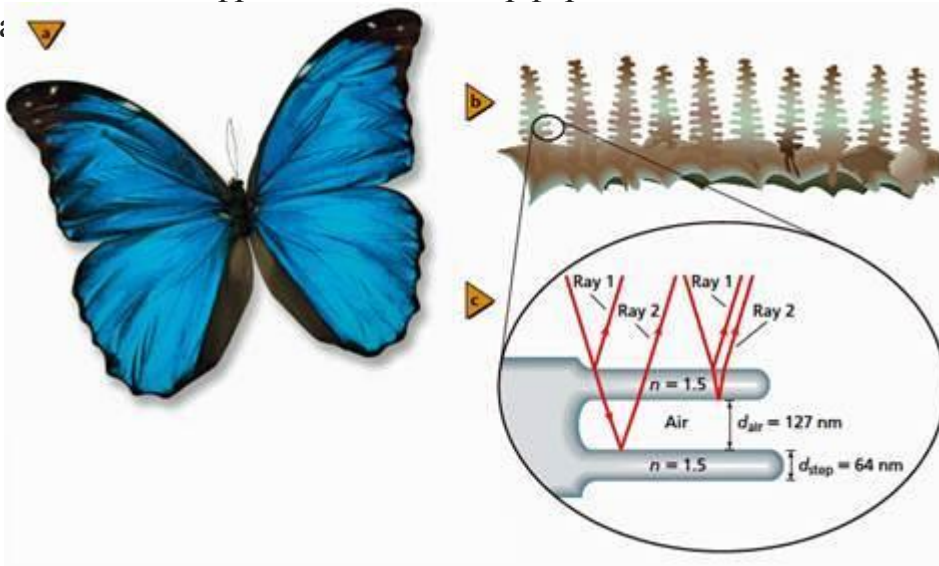
На рисунке справа показано, как дифракционная решётка расщепляет голуб



Дифракционная решётка не только может отклонять лучи, как призма, но и разлагать их в спектр. Справа показано, что происходит с белым светом, после того, как он проходит через дифракционную решётку. Видно, что дифракционная картина в этом случае представляет собой наложение дифракционных картин для цветов, образующих белый свет



Явления дифракции и интерференции света помогают Природе раскрыть свои тайны



### Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «Интерференция света».
2. Что такое дифракция света?
3. Опишите законы отражения и преломления света.
4. Что представляет собой полное внутреннее отражение?