

## Урок №34

Тема: Волновые свойства света.

Оборудование: Учебник «Физика 11» Г.Я.Мякишев, 2010г

Срок сдачи работы до 07.02.2024

**Теоретическая часть:**

Природа не устает нас удивлять, демонстрируя нам свои тайны и загадки. Многие из того, что устрашало людей в прошлом, казалось им загадочным, мы, обладающие знанием и опытом, воспринимаем естественно и спокойно. Человеческое познание многих явлений происходит от незнания к знанию, через преодоление неизвестного и раскрытие его природной сути.

Сегодня мы проанализируем причины возникновения многих природных явлений с помощью законов волновой оптики, узнаем, как на основе этих законов были созданы сложнейшие приборы, нашедшие применение в разных областях человеческой деятельности, обобщим и систематизируем знания о волновых свойствах света:

***Интерференция света** – сложение двух волн, вследствие которого наблюдается устойчивая во времени картина усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства.*

-При выполнении, какого условия наблюдается устойчивая интерференционная картина в пространстве?

Волны должны быть *когерентные*.

-Какие волны называют когерентными?

***Когерентные волны** – волны с одинаковой частотой, поляризацией и постоянной разностью фаз.*

-В каких случаях в данной точке пространства наблюдается усиление результирующих колебаний?

*Интерференционные максимумы наблюдаются в точках пространства, для которых геометрическая разность хода интерферирующих волн равна целому числу длин волн.*

-В каких случаях в данной точке пространства наблюдается ослабление результирующих колебаний?

*Интерференционные минимумы наблюдаются в тех точках пространства, для которых геометрическая разность хода интерферирующих волн равна нечетному числу полуволн*

Опыт Юнга является первым интерференционным опытом, получившим объяснение на основе волновой теории. Свет проходит через две близко расположенные щели, световые пучки, расширяясь из-за дифракции, падают на удаленный экран. В области перекрытия световых пучков возникают интерференционные полосы.  $\alpha=d/L$ . Угол  $\alpha$  определяет ширину  $\Delta l$  интерференционных полос:  $\Delta l = \lambda/\alpha = \lambda L/d$ . Впервые интерференцию наблюдал Т. Юнг.

Демонстрация интерференции.

1. **интерференция в тонких пленках** (когерентные волны от одного источника возникают при отражении света от передней и задней поверхностей тонких пленок).

Еще одним ярким примером интерференции света - это радужная окраска мыльных пузырей.

Прежде чем разбираться в появлении этой окраски, прочитайте стихотворение С.Я. Маршака "Мыльные пузыри"

Сияя гладкой пленкой,  
Растягиваясь вширь,  
Выходит, нежный, тонкий,  
Раскрашенный пузырь.  
Горит, как хвост павлиний.  
Каких цветов в нем нет!  
Лиловый, красный, синий,  
Зеленый, желтый цвет.  
Взлетает шар надутый,  
Прозрачнее стекла.  
Внутри его как будто  
Сверкают зеркала.  
Огнями на просторе  
Играет легкий шар.  
То в нем синее море,  
То в нем горит пожар.  
Он, воздухом надутый,  
По воздуху плывет,  
Но и одной минуты  
На свете не живет.  
Нарядный, разноцветный,  
Пропал он навсегда,  
Расплылся незаметно,

Растаял без следа:

## **2. Кольца Ньютона.**

Но самой замечательной демонстрацией явлений волновой оптики стали кольца Ньютона. Гюйгенс наблюдал их раньше, но именно Ньютон смог первым объяснить это явление, хотя и склонялся к корпускулярной модели света. Он предположил, что лучи света периодически принимают два состояния: "состояние проходимости" и "состояние отражаемости".

Благодаря этому явлению и объясняется окрашивание крыльев стрекоз и поверхности лазерных дисков.

Явление интерференции широко используется в технике (доклад ученика).

- **просветление оптики** - метод, заключающийся в уменьшении отражении света от поверхности линзы в результате нанесения на нее специальной пленки.

Свет проходя через линзы фотоаппаратов, биноклей отражается от передней и задней поверхностей. При отражении теряется 8-10 % энергии света, а если объектив состоит из нескольких линз, то теряется до 50% энергии. Чтобы этого избежать на поверхность линз химическим методом наносят тонкую пленку, толщина которой и показатель преломления выбираются с таким расчетом, чтобы в отраженном свете возник интерференционный минимум.

-**интерферометры** - приборы, служащие для точного измерения показателя преломления газов и других веществ, а также длин световых волн. Интерференционные методы нашли широкое применение и в ряде других областей науки техники. С помощью интерферометра можно исследовать качество шлифовки поверхностей, можно измерить коэффициенты расширения твердых тел, малое изменение размеров ферромагнетиков в магнитном поле и сегнетоэлектриков в электрическом поле, а также измерить коэффициенты преломления веществ, малые концентрации примесей в газах и жидкости. В астрономии интерференционные методы позволяют оценить угловой диаметр звезд.

**Дифракция** – это отклонение световых лучей от прямолинейного распространения при прохождении сквозь узкие щели, малые отверстия или при огибании малых препятствий.

Принцип Гюйгенса-Френеля дает объяснение явлению дифракции:

1. вторичные волны, исходя из точек одного и того же волнового фронта (волновой фронт – это множество точек, до которых дошло колебание в

данный момент времени), когерентны, т.к. все точки фронта колеблются с одной и той же частотой и в одной и той же фазе;

2. вторичные волны, являясь когерентными, интерферируют.

Дифракцию можно наблюдать с помощью дифракционной решётки.

- При каком условии наблюдается дифракция волн?

Дифракция волн наблюдается в тех случаях, когда размеры препятствий соизмеримы с длиной волны. Дифракция накладывает предел на разрешающую способность оптических приборов:

- в микроскопе при наблюдении очень мелких предметов изображение получается размытым

- в телескопе при наблюдении звезд вместо изображения точки получаем систему светлых и темных полос.

**Дифракционная решетка** - это оптический прибор для измерения длины световой волны. Дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа очень узких щелей, разделенных непрозрачными промежутками.

Если на решетку падает монохроматическая волна, то щели (вторичные источники) создают когерентные волны. За решеткой ставится собирающая линза, далее – экран. В результате интерференции света от различных щелей решетки на экране наблюдается система максимумов и минимумов.

Разность хода между волнами от краев соседних щелей равна длине отрезка AC. Если на этом отрезке укладывается целое число длин волн, то волны от всех щелей будут усиливать друг друга. При использовании белого света все максимумы (кроме центрального) имеют радужную окраску.



Рис. 8.58

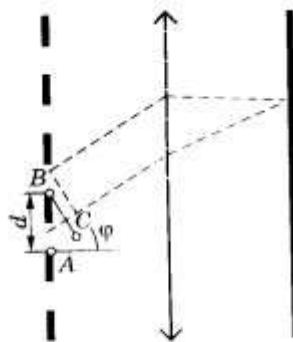


Рис. 8.59

Если на решетку падает монохроматическая волна, то щели (вторичные источники) создают когерентные волны. За решеткой ставится собирающая линза, далее – экран. В результате интерференции света от различных щелей решетки на экране наблюдается система максимумов и минимумов.

Разность хода между волнами от краев соседних щелей равна длине отрезка АС. Если на этом отрезке укладывается целое число длин волн, то волны от всех щелей будут усиливать друг друга. При использовании белого света все максимумы (кроме центрального) имеют радужную окраску.

Как записывается условие максимумов дифракции.

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

(8.17)

где  $k$  – порядок (или номер) дифракционного спектра. 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 линий, т.е. разрешающая сила решетки увеличивается. Точность измерения длины волны тем больше, чем больше штрихов приходится на единицу длины решетки.

Дифракция от различных препятствий:

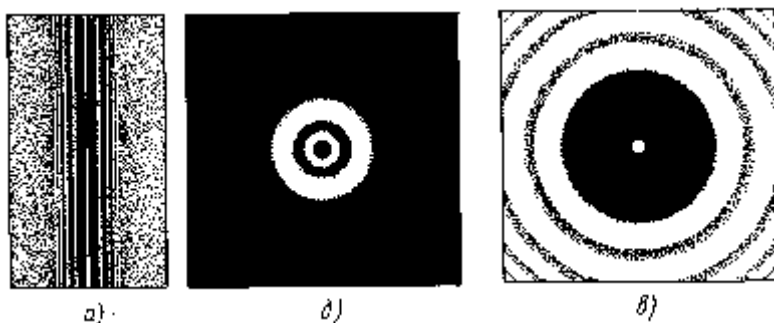
- а) от тонкой проволоочки;
- б) от круглого отверстия;
- в) от круглого непрозрачного экрана.

Применение дифракции: спектральные приборы; голография; явление Гало.

**Голография** - способ получения объемных изображений предметов на фотопластинке (голограмме) при помощи когерентного излучения лазера.

**Гало** - происходит от древнегреческого слова "халос" - круглая площадка. Они могут выглядеть весьма разнообразно - светящиеся кольца вокруг Солнца или Луны, кресты, столбы, ложные светила. Наблюдается гало, если светило просвечивает через тонкие перисто-слоистые облака. Эти облака состоят из ледяных кристалликов в форме правильной шестиугольной призмы. Гало бывают белыми и с цветными оттенками и объясняются тем, что возникает свечение в результате преломления света в кристалликах и отражения от их граней. Часто на небе можно фиксировать несколько гало. Например, очень сложное гало наблюдалось в Петербурге 18 июня 1794 году: одновременно на небе было 12 кругов и дуг, из них 9 цветных. Его так и называют - Петербургский феномен.

Вопрос: Интересно, а на других планетах может быть такое явление? Учёные зафиксировали гало и на других планетах Солнечной системы - в атмосфере Венеры, а также в атмосфере Ио, спутнике Юпитера.



**Дисперсия** – зависимость показателя преломления света от его цвета (т.е. от частоты световой волны, она не меняется при переходе из одной среды в другую!!!).

Разложение белого света в спектр с помощью стеклянной призмы впервые было получено И. Ньютоном. Белый свет раскладывается в спектр, но монохроматические цвета (красный, синий, фиолетовый) далее на спектральные составляющие не раскладываются.

Будучи сторонником корпускулярной теории света, И. Ньютон объяснял этот факт следующим образом: фиолетовый цвет состоит из маленьких частиц, красный - из более массивных. Изучение явлений интерференции и дифракции света показало, что цвет связан с длиной волны, следовательно, и с её частотой. Это свойство волн можно наблюдать в природе.

показатель преломления  $n = c/v$ , в среде:  $\lambda = v / \nu$   $\lambda$  меняется!!!

$n$  уменьшается с увеличением длины волны света.

*В каких явлениях проявляется дисперсия? (радуга, мираж, закат); в оптических приборах.*

### **Радуга.**

В русских летописях радуга называлась райская дуга. В Древней Греции радугу олицетворяла богиня Ирида, она соединяла небо и землю, была посредником между людьми и богами. Радугу "делают" водяные капли: в небе - капли дождя, на земле - брызги водяной струи водопада, фонтана. Именно в водяной капле происходят оптические явления, из-за которых возникает радуга. Верхняя часть радуги всегда красного цвета, нижняя - фиолетового. Красивое природное явление не оставит никого равнодушным.

**Мираж** - французского происхождения и имеет два значения: отражение и обманчивое явление. Мираж представляет собой изображение реально существующего на земле предмета, часто увеличенное и сильно искажённое. Они бывают верхние, нижние и сложные.

Нижние (озёрные) возникают над сильно нагретой поверхностью. Наблюдают их в пустынях и знойных степях. Воздух около земли сильно нагрет, и его показатель преломления меньше, чем у лежащего более высоко

холодного воздуха. Отражение в этом слое аналогично отражению в воде. Верхние возникают, наоборот, над сильно охлажденной поверхностью, например, над холодной водой. Они наблюдаются в северных широтах. В этом случае показатель преломления воздуха выше у поверхности воды и уменьшается с высотой. Сложные миражи называются фата - моргана, возникают одновременно, то есть когда есть условия и для верхнего миража, и для нижнего. Сложные миражи имеют вид призрачных дворцов, замков, лугов и садов, при этом вся картина быстро исчезает.

*Вопрос:* Легенда о "летучем голландце" - это тоже мираж?

Да, безусловно, это верхний мираж.

### **Закат солнца.**

Искривление хода световых лучей в атмосфере объясняет не только мираж, но и удивительно красивое оптическое явление - закат солнца. Действительно, один закат солнца совсем не похож на другой. Но всегда заходящее солнце становится красным. Синий цвет неба объясняется молекулярным рассеиванием света на флуктуациях плотности. Коэффициент рассеивания обратно пропорционален длине волны в четвёртой степени. В результате сине-фиолетовые лучи рассеиваются в 16 раз сильнее, чем красные. Отсюда голубой цвет дневного неба. Когда солнце низко, путь лучей через атмосферу значительно длиннее, чем днём, когда солнце стоит высоко. Учитывая, что синие лучи сильнее рассеиваются атмосферой, понятно, что от солнца доходят до глаза преимущественно оранжевые и красно - желтые лучи. Поэтому солнце на закате и на восходе кажется оранжево-красным.

*Вопрос:* Против солнца видна сверкающая дорожка. Как она образуется? Почему дорожка всегда ориентирована на наблюдателя?

*Ответ:* Дорожка возникает на поверхности воды вследствие отражения света от мелких волн, которые ориентированы в различных направлениях. Поэтому отраженные лучи попадают в глаз, и каждый наблюдатель видит свою дорожку.

### **Поляризация**

Упругие волны бывают продольными и поперечными. В продольных волнах колебания частиц происходят вдоль направления распространения волн, а поперечных - перпендикулярно этому направлению. Свет, у которого световой вектор колеблется беспорядочно одновременно во всех направлениях, перпендикулярных лучу, называется естественным или не поляризованным. Типичный пример такого света - солнечное излучение, излучение ламп накаливания, ламп дневного света. А свет, у которого направление колебаний светового вектора строго фиксировано, называется

линейно поляризованным или плоско поляризованным. **Под поляризацией** света понимают выделение из естественного света световых колебаний с определённым направлением электрического вектора.

*Применение поляризованного света.* В мире давно обсуждается вопрос об установке поляроидов на фары и ветровые стекла автомобилей при устранении слепящего действия фар встречных машин. Для этого поляроид на фарах и ветровом стекле должен пропускать колебания под углом  $45^\circ$  к горизонту. Тогда направление световых колебаний встречной машины будет перпендикулярно плоскости, в которой поляроид пропускает колебания и свет фар будет гаситься. Собственный же поляризованный свет данного автомобиля после отражения от дороги будет проходить сквозь ветровое стекло. Установка поляроидов имеет смысл. Если снабдить ими все автомобили.

**Домашнее задание:**

- 1.Законспектировать понятия волновых свойств света.
2. Подготовить творческий мини-проект по одной из тем «Применение линз», «Приборы ночного видения», «Строение фотоаппарата».