



# Интерференция СВЕТОВЫХ ВОЛН.



Физика 12 класс



# Сегодня на уроке мы

- Сформируем понятие «интерференция», «когерентные волны», «оптическая разность хода волн»; «перераспределение интенсивности»;
- рассмотрим способы получения когерентных волн;
- научимся наблюдать интерференцию в окружающем пространстве;
- научимся объяснять явление интерференции, применять условия минимумов и максимумов;
- рассмотрим применение интерференции света.

# Повторение

---

- *Каким образом, согласно первоначальным знаниям, попадала информация об окружающем мире в глаз человека?*

# Проверь себя

---

- С помощью щупалец, которые выползали из глаз, ощупывали предметы. И, таким образом, возвращаясь обратно, давали информацию.





# Повторение

---

- *Каким образом можно подействовать на человека, не касаясь его непосредственно?*



# Проверь себя

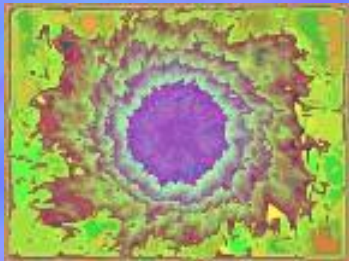
- Посредством переноса вещества (например, кинуть скомканной бумажкой или камешком).
- Посредством изменения состояния среды между телами (с помощью волны).



# Повторение

---

- *Какие две теории по распространению света вы знаете и кто их авторы?*



# Проверь себя

- **Корпускулярная теория (Ньютона):**  
Свет - это поток частиц, идущих от источника во все стороны (перенос вещества).
- **Волновая теория (Гюйгенса):**  
Свет-это волны, распространяющиеся в особой, гипотетической среде- эфире, заполняющем всё пространство и проникающем внутрь всех тел.





# Повторение

---

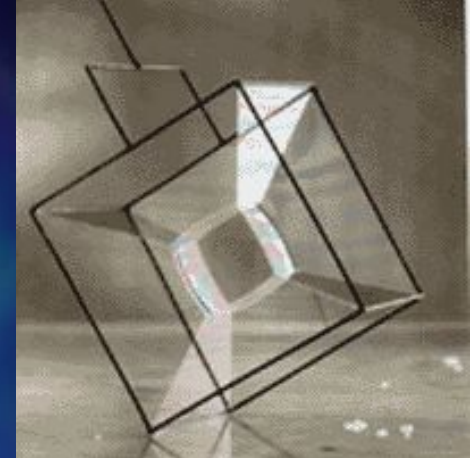
- *Почему теория названа корпускулярно-волновой дуализм? Приведите примеры, подтверждающие ту и другую теории.*



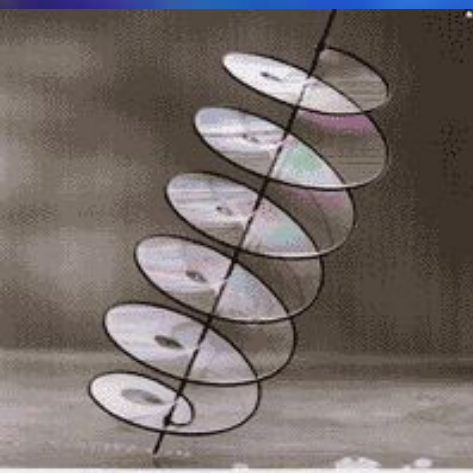
# Проверь себя

- Обе теории длительное время существовали параллельно.
- Корпускулярная объясняла прямолинейное распространение света, образование теней, отражение.
- Волновая объясняла прохождения света через прозрачные предметы, преломление, дифракцию и интерференцию.





# Интерференция СВЕТОВЫХ ВОЛН.

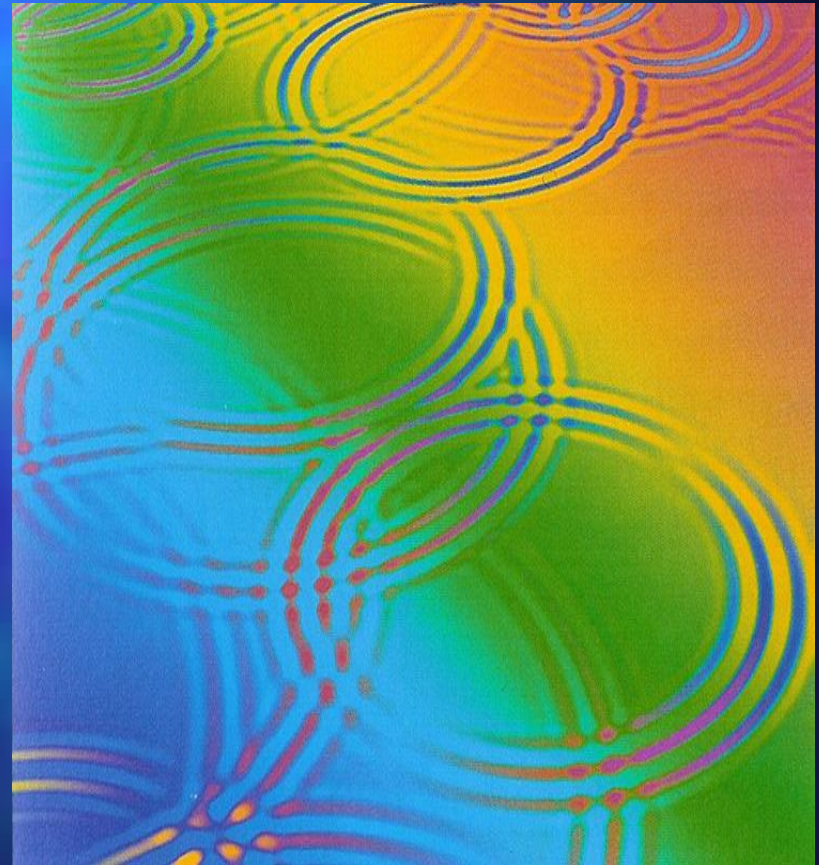






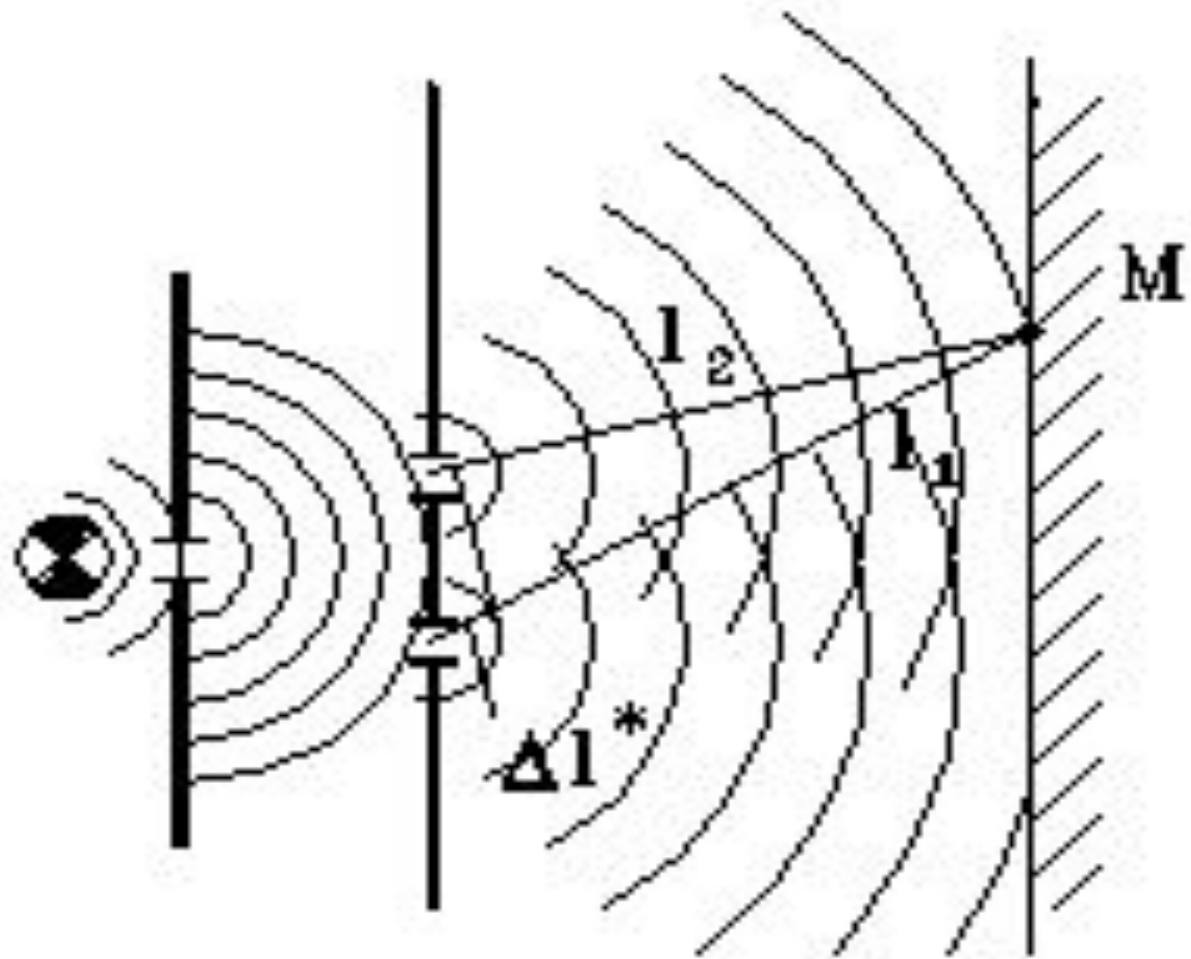


Концентрические круговые волны с источниками в различных точках на поверхности воды, возникшие в результате падения дождевых капель, в зонах их пересечения дают интерференционную картину. Затемнения соответствуют зонам деструктивной интерференции.



**Волны** — один из путей переноса энергии в пространстве. Волны обычно распространяются в какой-то среде (например, волны на поверхности озера распространяются в воде), но направление движения самой среды не совпадает с направлением движения волн. **Например**, поплавок, покачивающийся на волнах, поднимается и опускается, повторяя движения воды, в то время как **волны проходят мимо** него.

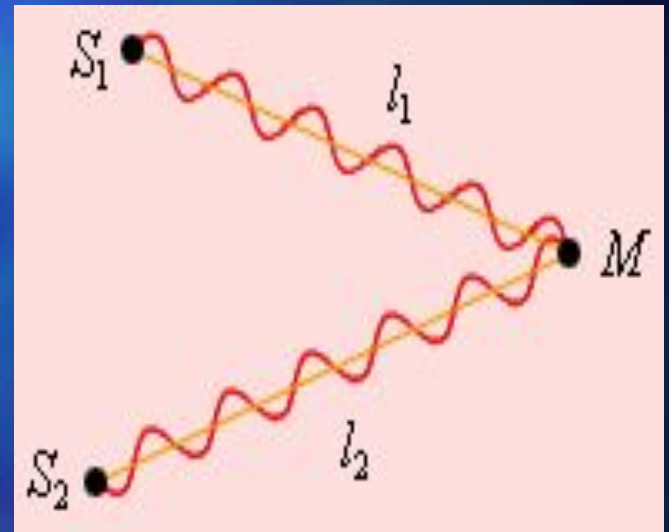






## *Интерференцией* волн

называется явление, возникающее при сложении двух волн, вследствие которого наблюдается усиление или ослабление результирующих колебаний в различных точках пространства.



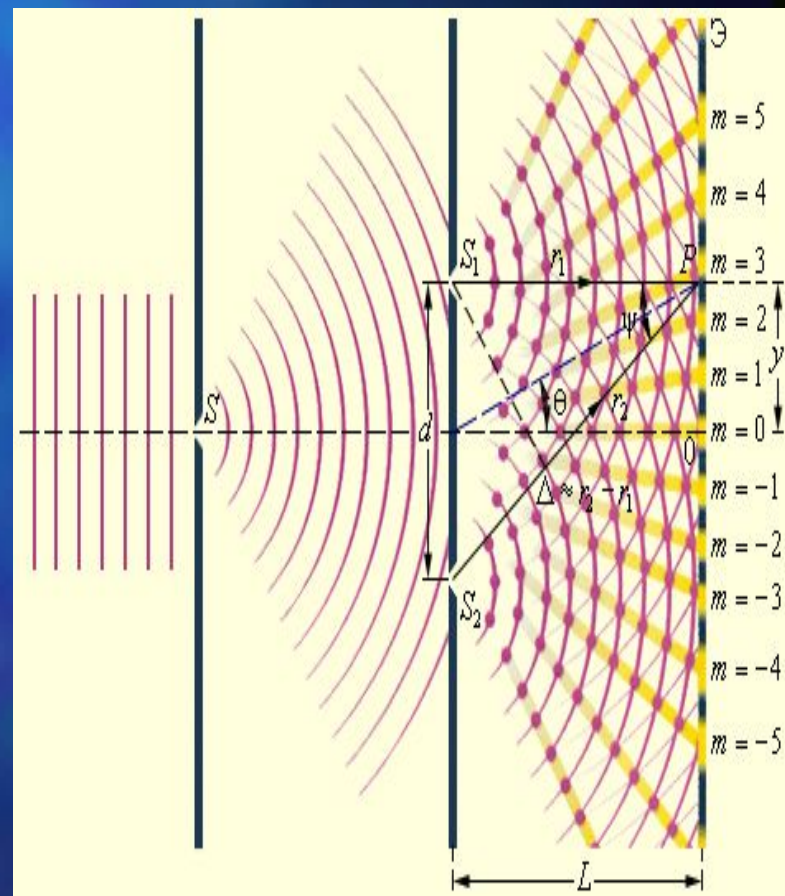


# Почему?

**Однако** получить интерференционную картину (чередование максимумов и минимумов освещенности) **с помощью двух независимых источников света, например, двух электрических лампочек, невозможно.** Включение еще одной лампочки лишь увеличивает освещенность поверхности, но не создаст чередования минимумов и максимумов освещенности.

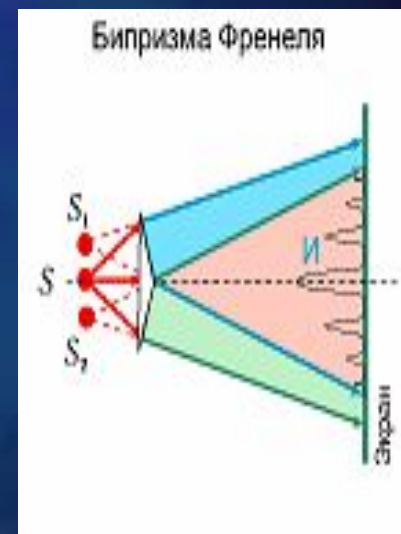
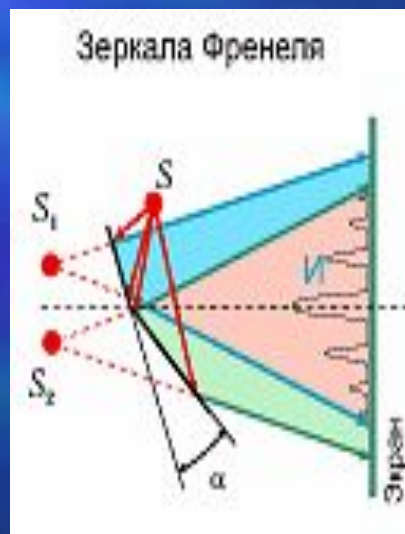
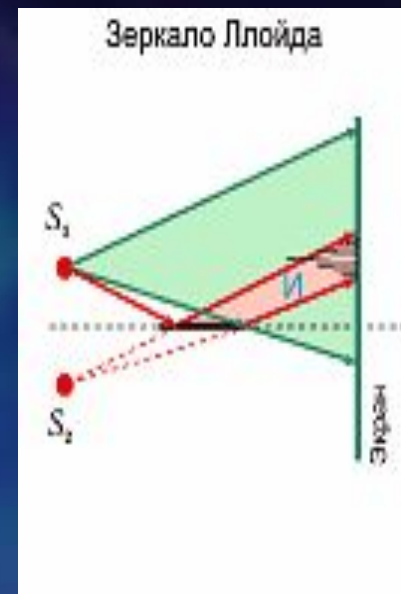
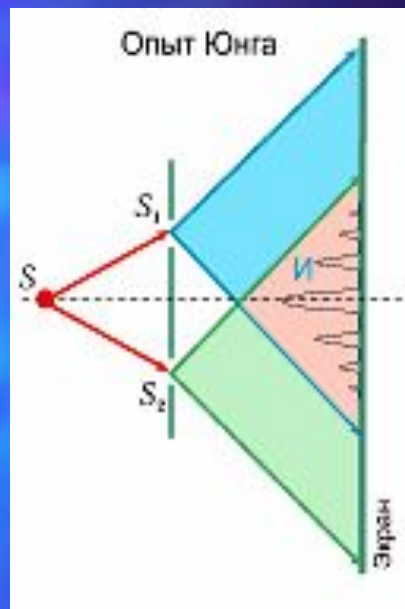
Для образования устойчивой интерференционной картины **необходимо**, чтобы источники волн имели **одинаковую частоту** и **постоянную разность фаз** их колебаний.

Такие волны называются **когерентными**.



# Способы получения когерентных волн:

- разделение пучка света от одного источника;
- падающий пучок и отраженный;
- падающий пучок и преломленный.



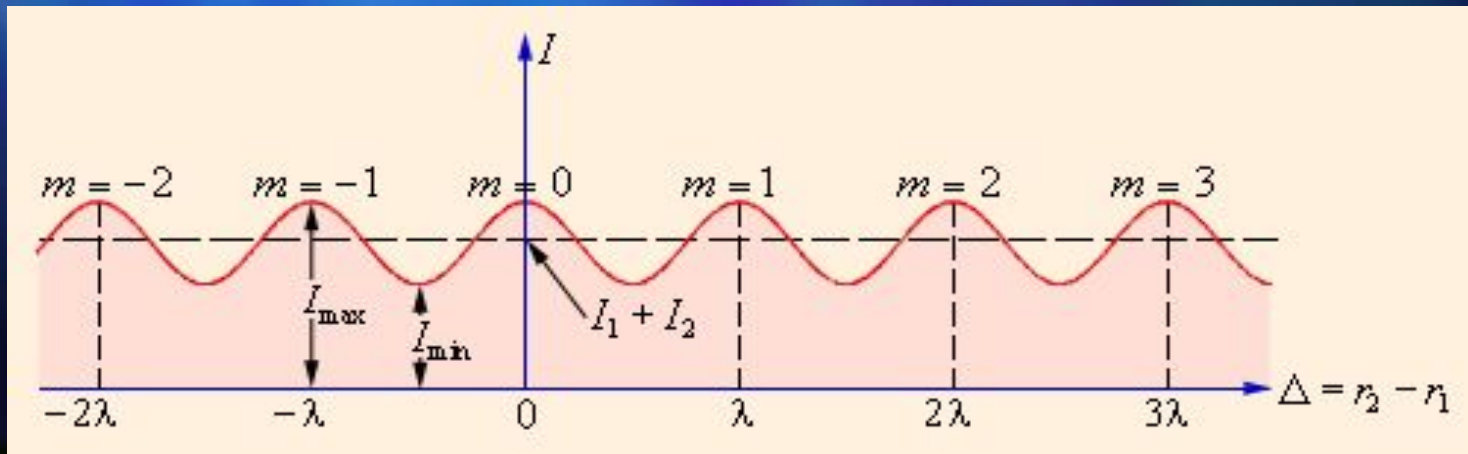
$S$  - источник света,

$I$  - область наблюдения интерференционной картины



# Пространственное перераспределение энергии волны

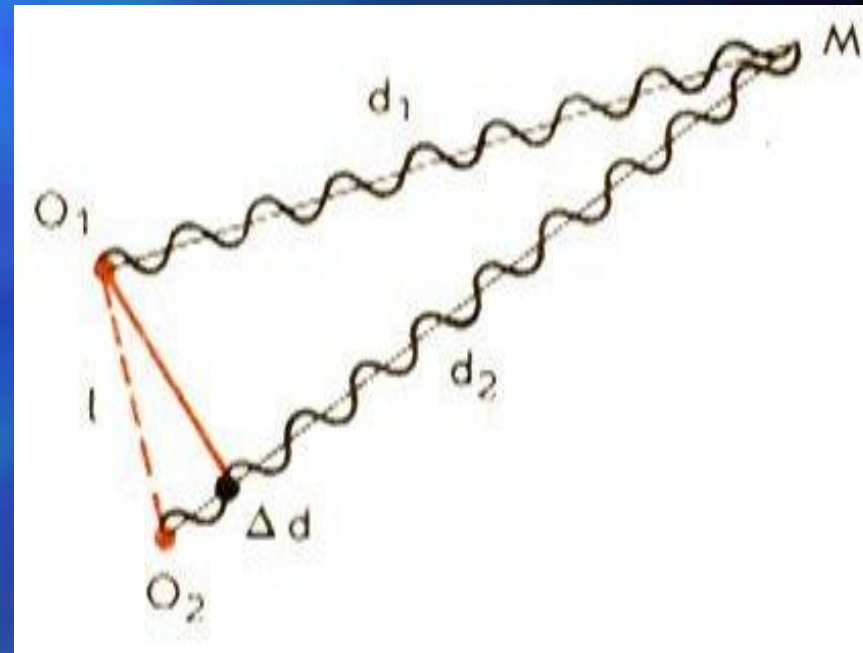
При интерференции в одних точках наблюдается концентрация энергии (интерференционные максимумы), в других - гашение волн (интерференционные минимумы). Причиной перераспределения энергии является разность фаз колебаний в складывающихся волнах.





# Условия максимумов интерференции

- Разность хода  $\Delta d = k \cdot \lambda$ ,  
где  $k = 0, 1, 2, \dots$
- Разность фаз  $\Delta \varphi = 2 \cdot k \cdot \pi$ .
- Колебания в точке  
наложения волн имеют  
одинаковую фазу.
- Наблюдается усиление  
колебаний .



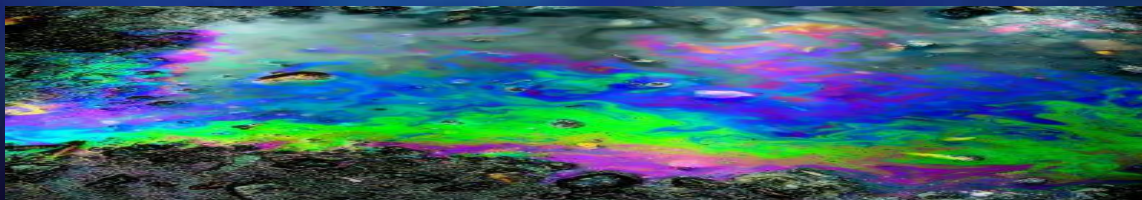
# Условия минимумов интерференции

---

- Разность хода  $\Delta d = (2k+1) \cdot \lambda/2$ , где  $k = 0, 1, 2, \dots$
- Разность фаз  $\Delta \varphi = (2k+1) \cdot \pi$ .
- Колебания в точке наложения волн имеют противоположную фазу.
- Наблюдается ослабление колебаний .

# Интерференция вокруг нас

С интерференционными явлениями мы сталкиваемся довольно часто: цвета масляных пятен на асфальте, окраска замерзающих оконных стекол, причудливые цветные рисунки на крыльях некоторых бабочек и жуков — все это проявление интерференции света.





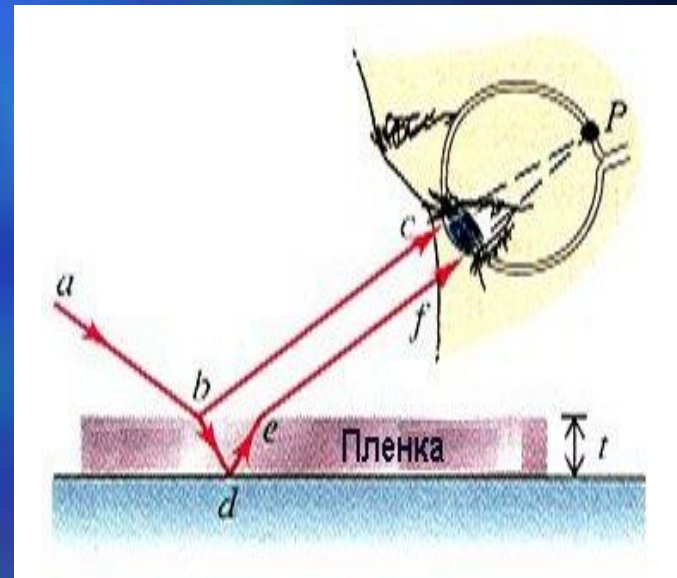
Мыльный пузырь  
Оторвался от трубки,  
Вот он поплыл,  
Наподобие шлюпки,  
Влево, налево, левее... потом  
Через балкон-  
И пропал за углом.  
Я запустил  
Этот шарик не даром-  
Вырастет он,  
Станет радужным шаром.  
Я прикреплю к нему  
Снизу гондолу  
И полечу  
Потихонечку в школу.

*Роман Сэф*



# Интерференция в тонких пленках

В тонких пленках происходит интерференция световых волн отраженных от передней и задней поверхностей тонкой пленки.



Так как даже очень тонкая пленка имеет определенную толщину, эти две отраженные волны приходят в точку наблюдения разными путями, из-за чего между ними возникает некоторая разность хода. Эта разность хода зависит от толщины пленки, определяющей расстояние, пройденное отраженной волной внутри пленки.

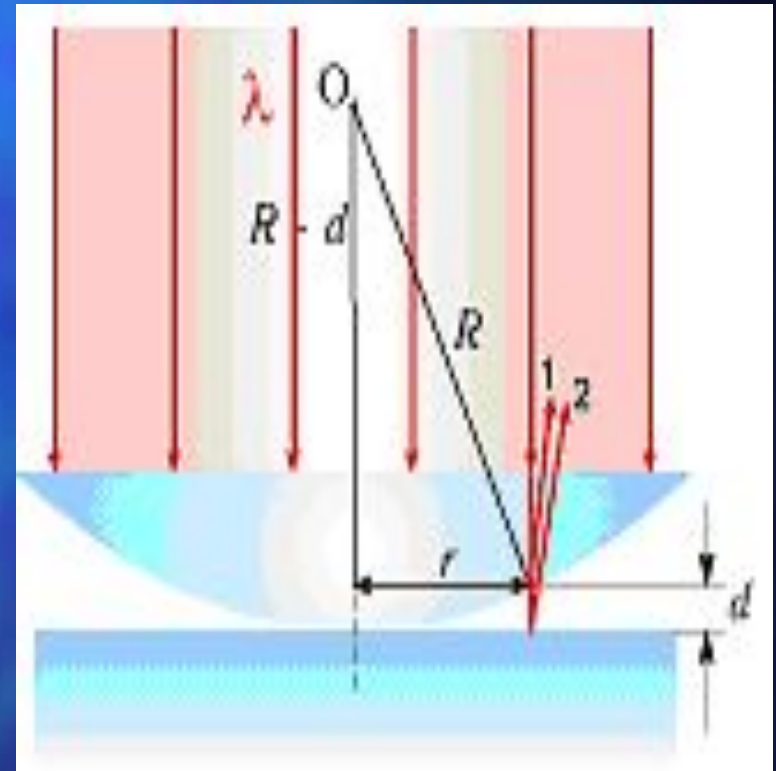
В тех местах пленки, где эта разность хода достигает четного числа полуволн, обе отраженные волны взаимно усиливают друг друга, что соответствует максимуму, там же, где разность хода выражается нечетным числом полуволн, имеет место взаимное ослабление волн, то есть минимум.





# Кольца Ньютона

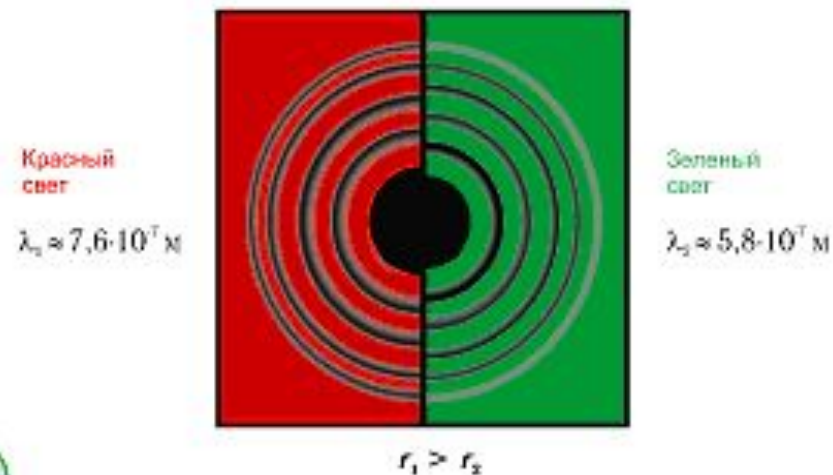
Простая интерференционная картина возникает в тонкой прослойке воздуха между стеклянной пластиной и положенной на нее плоско-выпуклой линзой, сферическая поверхность которой имеет большой радиус кривизны.



В месте соприкосновения линзы и пластины темное пятно и вокруг него совокупность маленьких радужных колец. Расстояния между соседними кольцами быстро убывают с увеличением их радиуса .

Интерференционная картина, имеющая вид концентрических колец, получила *название кольца Ньютона*.

$r_{\text{св. колец}} = \sqrt{(2k+1)R\lambda/2}$ ;  $r_{\text{темн. колец}} = \sqrt{kR\lambda}$ , где  
 $R$  – радиус кривизны линзы,  
 $\lambda$  – длина волны монохроматического света,  
 $k = 0, 1, 2, 3 \dots$



Разность хода лучей 1 и 2

$$\Delta g = 2d + \frac{\lambda}{2}$$

Условие минимума (темных колец)

$$\Delta g = (2m-1) \frac{\lambda}{2}$$

Из треугольника

$$R^2 = (R-d)^2 + r^2$$

$$r = \sqrt{mR\lambda}$$

# Применение интерференции

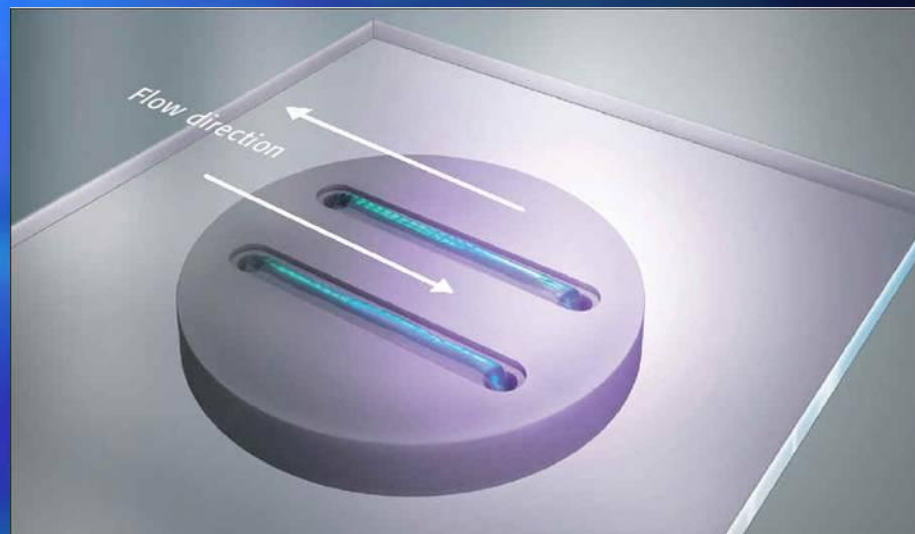
---

- По виду интерференционной картины можно проводить точные измерения расстояний при известной длине волны или, наоборот, определять спектр интерферирующих волн

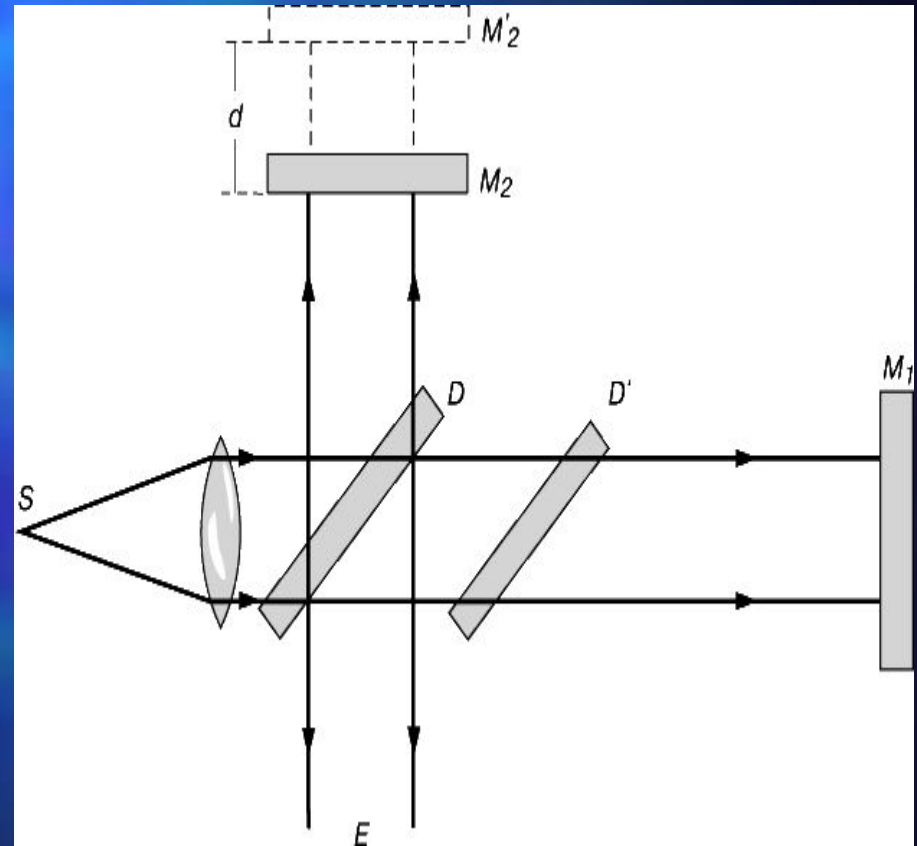
*(интерференционная спектроскопия)*

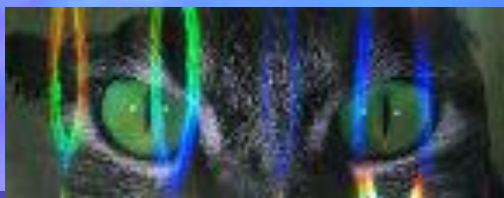


Используется метод многократного отражение от тонких, прозрачных образцов. Падающий свет должен частично отражаться от каждой поверхности тонких слоев.



- интерференционными методами проводится сравнение самых стабильных эталонов длины с рабочими эталонами метра и т.п. Такое сравнение можно осуществить при помощи интерферометра Майкельсона.





- Явление интерференции волн, рассеянных от некоторого объекта (или прошедших через него) с «опорной» волной, лежит в основе *голографии* (в т.ч. оптической, акустической или СВЧ-голографии)





# Просветление оптики и получение высокопрозрачных покрытий и селективных оптических фильтров.

- *Оптические приборы, например, микроскоп, фотоаппарат, бинокль, т.д. имеют слегка фиолетовую окраску. Чтобы избавиться от этого используют гашение света с помощью нанесения на линзу тонкой пленки вещества.*



*При этом должно выполняться условие минимумов.*

**Просветление оптики** — нанесение для увеличения светопропускания оптической системы на поверхность линз, граничащих с воздухом, тончайшей плёнки или нескольких плёнок одна поверх другой, коэффициент преломления которых меньше коэффициента преломления стекла линз.

**Просветляющие плёнки** уменьшают светорассеяние, что увеличивает контраст оптического изображения, отчего фотографии получаются более детализированными.



Решаем задачи

---



# Задача 1.

В некоторую точку пространства приходят два когерентных световых пучка с оптической разностью хода  $1,5 \text{ мкм}$ . Определите, произойдет усиление или ослабление света в этой точке, если длина волны равна  $600 \text{ нм}$ .

*Дано*

$$\Delta = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$\lambda = 600 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

-----

*что · наблюдается?*

# Решение

- Используем условие максимумов
- Отсюда
- Подставляем  $k = \Delta / \lambda$ .
- Получилось нецелое число 2,5.

$$\Delta = k \cdot \lambda.$$

$$k = \frac{1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{600 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 2,5$$

- Используем условие минимумов
- $\Delta = (2k+1) \cdot \lambda / 2$

- Отсюда  $k = (2 \cdot \Delta / \lambda - 1) / 2$

- Подставляем

- Получилось целое число. Следовательно, условие минимумов выполняется. Наблюдаться будет темное пятно.

- Ответ: темное пятно.

$$k = \left( \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{600 \cdot 10^{-9} \text{ м}} - 1 \right) \div 2 = 2$$

## Задача 2.

Два когерентных источника монохроматического света  $S_1$  и  $S_2$  расположены на расстоянии  $0,5$  мм друг от друга. Плоскость экрана, на котором наблюдают интерференционные полосы, параллельна линии, соединяющей источники, и удалена от нее на расстояние  $2$  м.

Расстояние между двумя соседними интерференционными полосами на экране равно  $1,9$  мм. Определите длину волны источников света.



## Решение:

Светлые интерференционные полосы на экране возникают при разности хода

$$\Delta = S_1C - S_2C = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Пусть интерференционный максимум  $k$ -го порядка расположен в точке  $C$  экрана, на расстоянии  $x_k$  от центра картины.

Разность хода лучей  $S_1C$  и  $S_2C$  определим, применив теорему Пифагора к треугольникам  $S_1CD$  и  $S_2CD$ :

Следовательно, расстояние между двумя соседними полосами:

а длина волны:

$$\lambda = \frac{\Delta x d}{l}$$

$$\Delta x = x_k - x_{k-1} = \frac{\lambda l}{d}$$

Подставляя численные значения, получаем:

**Ответ: 475 нм.**

Дано:  
 $d = 0,5 \text{ мм},$   
 $l = 2 \text{ м},$   
 $\Delta x = 1,9 \text{ мм}.$

$\lambda - ?$

СИ  
 $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$   
 $1,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

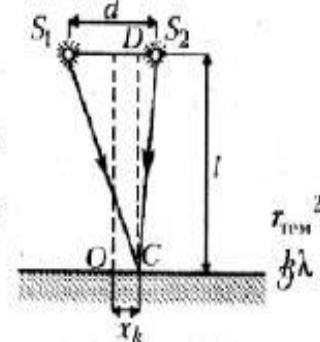


Рис. 1

$$S_1C^2 = DC^2 + S_1D^2 = l^2 + \left(x_k + \frac{d}{2}\right)^2;$$

$$S_2C^2 = DC^2 + S_2D^2 = l^2 + \left(\frac{d}{2} - x_k\right)^2.$$

откуда:

$$S_1C^2 - S_2C^2 = 2x_k d.$$

Так как  $l \gg d$ , то:

$$S_1C^2 - S_2C^2 =$$

$$= (S_1C + S_2C)(S_1C - S_2C) = 2l(S_1C - S_2C) \rightarrow$$

$$\rightarrow S_1C - S_2C = \frac{2x_k d}{2l} = 2k \frac{\lambda}{2} \rightarrow x_k = \frac{k \lambda l}{d}.$$

$$\lambda = \frac{1,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{2 \text{ м}} = 4,75 \cdot 10^{-7} = 475 \text{ нм}.$$

## Задача 3.

Плосковыпуклая линза выпуклой поверхностью положена на плоскую поверхность и освещена нормально падающим на плоскую поверхность монохроматическим светом длиной волны 640 нм.

Диаметр 2-го темного кольца Ньютона в отраженном свете равен 6,4 мм. Определите радиус кривизны выпуклой поверхности линзы.

Дано:	СИ
$r_{\text{II}} = 3,2 \text{ мм},$	$3,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
$k = 2,$	
$\lambda = 640 \text{ нм},$	$640 \cdot 10^{-9} \text{ м}$
$R = ?$	

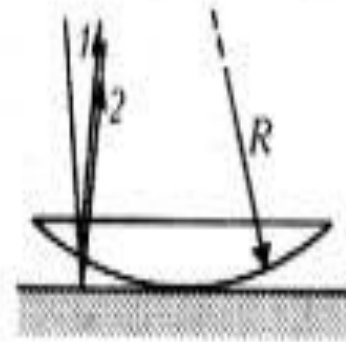


Рис. 2

# Решение

- Используем формулу для темных колец Ньютона

$$r_{\text{темн.}} = \sqrt{Rk\lambda}$$

- Определяем радиус линзы

$$R = \frac{r_{\text{тем}}^2}{k\lambda}$$

- Подставляя численные значения, получаем:

$$R = \frac{(3,2 \cdot 10^{-3})^2 \text{ м}^2}{2 \cdot 640 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 8 \text{ м.}$$

Ответ: 8м.



# Закрепление.

1. Дайте определение интерференции света.
2. Какие источники света называют когерентными?
3. Каким способом получают когерентные световые волны?
4. Почему не могут интерферировать волны, идущие от двух независимых источников света?
5. Сформулируйте условия усиления и ослабления интерферирующих световых волн.
6. Как объясняется интерференция света в тонких пленках?

7. Чем объясняется видимая расцветка крыльев стрекоз, жуков и некоторых других насекомых?
8. Почему цвет одного и того же места поверхности мыльного пузыря непрерывно изменяется?
9. Что такое кольца Ньютона и как их получить?
10. Как определить длину волны света по кольцам Ньютона?
11. Где используется явление интерференции света?

# Подведем итоги урока

---

На уроке мы узнали:

- В чем состоит явление интерференции света.
- Как получают когерентные световые волны.
- Почему мы наблюдаем светлые и темные интерференционные картины.
- Где мы можем обнаружить явление интерференции света.
- Где применяется это явление.



А, главное:

---

Вы понимаете фразу

«Интерферируют  
только когерентные  
волны».

# Домашнее задание

---

Задача 1. Определите все длины волн видимого света (от 0,76 до 0,38 мкм), которые в результате интерференции при оптической разности хода интерферирующих волн 1,8 мкм будут: максимально усилены; максимально ослаблены.

Ответ: 0,6 мкм и 0,45 мкм; 0,72 мкм, 0,51 мкм и 0,4 мкм.

Задача 2. На мыльную пленку показателем преломления 1,33 падает по нормали монохроматический свет длиной волны 600 нм. Отраженный свет в результате интерференции имеет наибольшую интенсивность. Определите толщину пленки.

Ответ: 0,113 мкм.



Задача 3. Определите радиус 2-го темного кольца Ньютона в отраженном свете, если прибор, состоящий из плосковыпуклой линзы радиусом кривизны 8 м и плоской пластины, освещается монохроматическим светом длиной волны 640 нм.

Ответ: 3,2 мм.

На этом урок закончен.

Спасибо за работу!



# До свидания!

---

## До новых встреч!





Солнечного Вам  
настроения!!!

