

Волновая оптика —

это раздел оптики, в
котором свет
рассматривается как
электромагнитная волна.

- Как и любая электромагнитная волна, свет обладает конечной скоростью распространения. Впервые скорость света приблизительно измерил Р. Бойль, наблюдая запаздывание светового сигнала от Юпитера. Более точно скорость света определил А. Физо.

- скорость света в вакууме ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с) является максимальной возможной скоростью передачи информации в природе, а в веществе она меньше. Значение скорости света в среде зависит от относительного показателя преломления двух сред, как установил И. Ньютон, зависит от частоты колебаний (или длины световой волны).

Первоначально полагали, что световые волны — упругие волны в некоторой среде (мировом эфире), которая будто бы заполняет все мировое пространство. В 1864 г. Дж. Максвелл создал электромагнитную теорию света, согласно которой волны света — это поперечные электромагнитные волны. Видимый свет — электромагнитные волны с длиной волны примерно от $4 \cdot 10^{-7}$ до $8 \cdot 10^{-7}$ м. Излучение с длиной волны, превышающей $8 \cdot 10^{-7}$ м, называют инфракрасным, а с длиной волны меньшей $4 \cdot 10^{-7}$ м — ультрафиолетовым. Экспериментальное доказательство поперечности световых волн явилось подтверждением электромагнитной теории света.

Дисперсия

- Зависимость показателя преломления света от частоты колебаний (или длины волн) называют дисперсией.
- дисперсия приводит к тому, что с помощью призмы можно разложить белый свет в спектр.

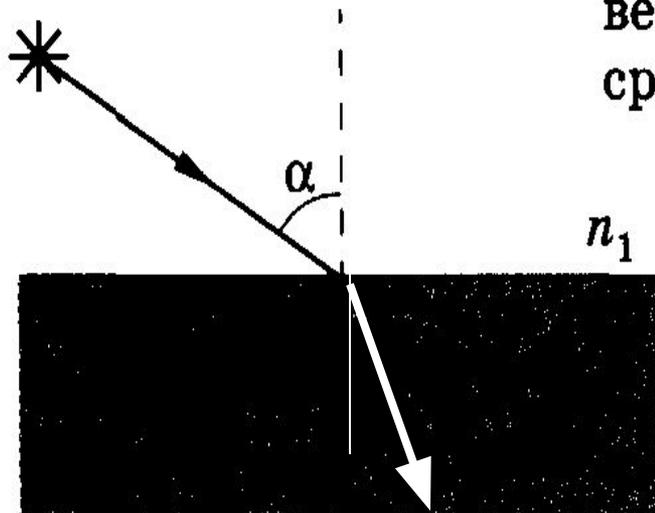
На границе 2-х сред

$$n = \frac{v_1}{v_2}$$

n — относительный показатель преломления

v_1, v_2 — скорость света соответственно в первой и второй средах

м/с



- ◆ Преломление света на границе двух сред связано с изменением его скорости при переходе из одной среды в другую.
- ◆ Показатель преломления зависит не от угла падения светового пучка, а от его цвета. Различие в цвете связано с различием в длине волны (или частоте).

Основные формулы

Формула	Названия величин, входящих в формулу	Единица физической величины (СИ)
$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad n_2 = \frac{c}{v_2}$	c — скорость света в вакууме	м/с
$c = \lambda \nu$	λ — длина световой волны c — скорость света в вакууме ν — частота световых колебаний	м м/с с^{-1} , Гц

Предположение о волновом характере света впервые высказал в XVII в. Х. Гюйгенс. В начале XIX в. О. Френель и Т. Юнг блестяще развили его теорию. На волновые свойства света указывали такие явления, как интерференция и дифракция.

Интерференция

- Интерференцией света называют явление наложения когерентных световых волн, в результате которого волны усиливают или ослабляют друг друга.

- Интерференция возможна лишь в случае когерентных волн. Источники когерентны при двух условиях: частоты испускаемых ими волн одинаковы; разность фаз между ними не изменяется во времени.
- Реальные источники света всегда некогерентные. Для образования когерентных волн световую волну, испускаемую одним источником, разделяют некоторой оптической системой на две.

Результат интерференции

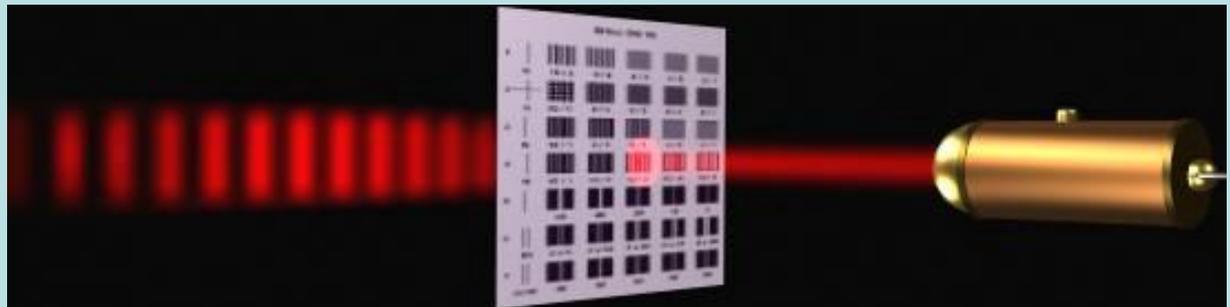
♦ Разностью хода волн называют разность расстояний от источника волн до точки, где наблюдают интерференцию. Если разность хода двух волн Δd равна четному числу полуволн, т. е. $\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2}$, где k — любое целое число или 0, то наблюдается усиление интенсивности, если нечетному, т. е. $\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$, — ослабление.

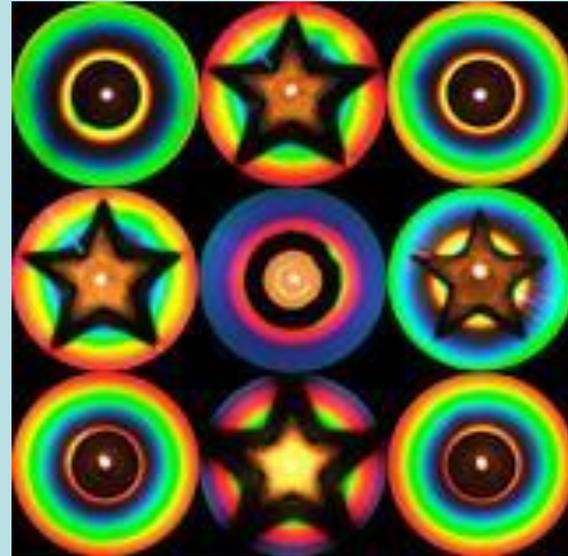
Дифракция

- дифракция света — это отклонение световых лучей от прямолинейного распространения. Дифракция имеет место при прохождении очень узких щелей, малых отверстий, вблизи границы экранирующих тел при огибании препятствий, соизмеримых с длиной волны.
- Дифракцию света, имеющего длину волны порядка 10^{-7} м, в обычных условиях заметить трудно.

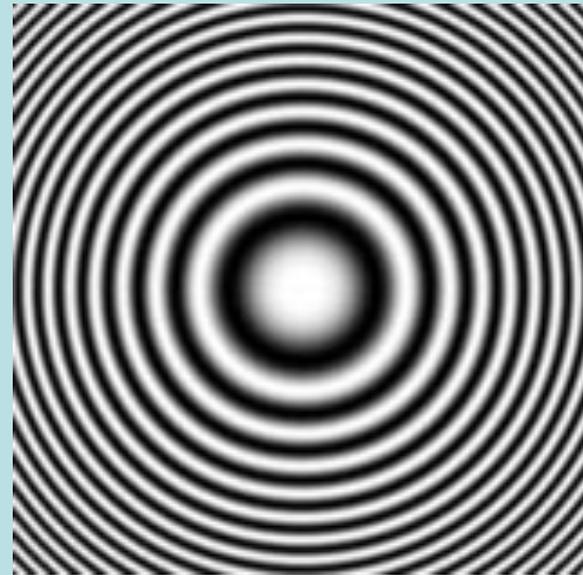
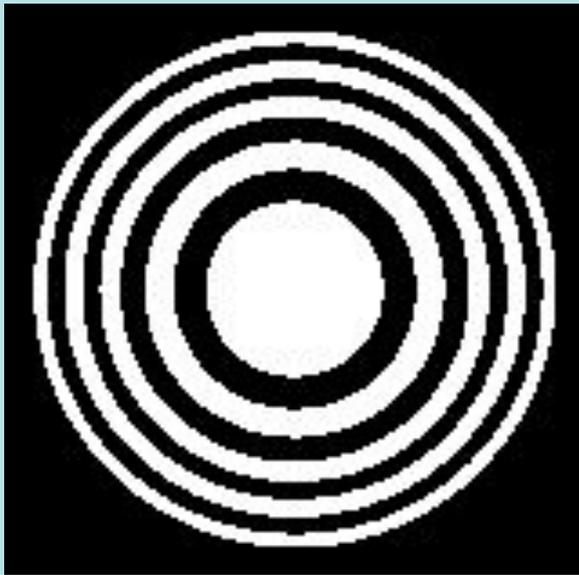
Дифракционная решетка

- Простейшая дифракционная решетка представляет собой правильно чередующиеся прозрачные и непрозрачные полосы, поперечные размеры которых сравнимы с длиной волны.
- Ширина прозрачной части - a , непрозрачной - b . Величину $(a + b)$ называют постоянной решетки или ее периодом.





Неожиданным образом обычный компакт-диск можно использовать как дифракционную решётку. На фотографии слева изображена свеча и отражении её пламени от поверхности компакт-диска. На фотографии справа - компакт-диски, на которых стоят свечки разной формы. Отражаясь от компакт-диска как от дифракционной решётки, свет свечек раскладывается на спектральные составляющие.



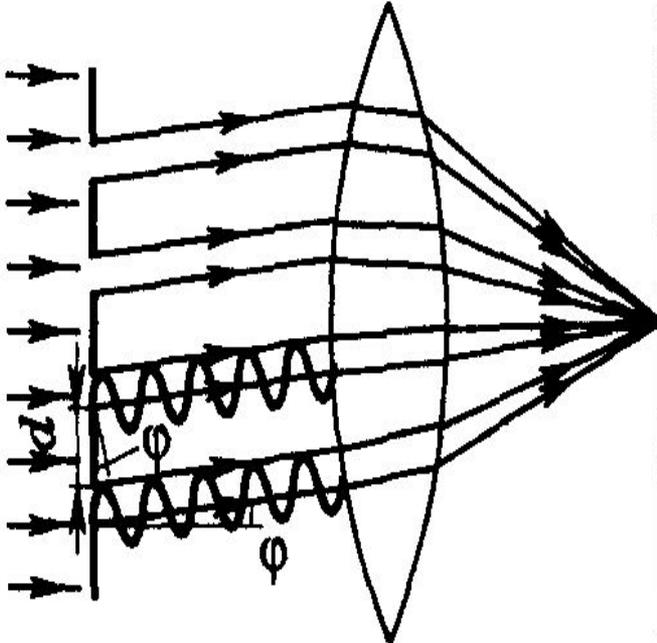
В максимуме дифракционной решётки волны от соседних штрихов складываются синфазно. То же самое можно наблюдать, если сделать прозрачными концентрические кольца, фазы волн от которых в некоторой точке на их общей оси складываются синфазно, и закрыть те кольцевые зоны, колебания от которых находятся в противофазе (см. рисунок слева). В этом случае в точке наблюдения интенсивность света усилится пропорциональное количеству открытых кольцевых зон. Такая структура называется зонной пластинкой Френеля. Она действует подобно линзе, собирая свет в фокусе.

В отличие от линзы зонная пластинка имеет несколько



Фотография, сделанная при помощи зонной пластинки с одной открытой зоной Френеля.

Дифракционная решетка

Формула	Названия величин, входящих в формулу	Единица физической величины (СИ)
	<p>d — период дифракционной решетки</p> <p>φ — угол отклонения луча от первоначального</p> <p>λ — длина волны падающего света</p> <p>$k = 0, 1, 2, 3 \dots$ — целое число (порядок спектра)</p>	<p>м</p> <p>град</p> <p>м</p>

Важно

- Преломление наблюдается лишь на границе раздела двух сред, дифракция происходит в однородной среде, лишь бы волна «задевала» препятствие. При преломлении изменяются скорость света и длина волны, при дифракции и скорость и длина волны не изменяются.

Примеры и задачи

1. Зеленый луч переходит из воздуха в воду. Меняются ли при этом частота, длина волны, цвет луча?
2. Отклонение луча света от первоначального направления наблюдается как в явлении дифракции, так и при преломлении. В чем состоит отличие этих двух явлений?

Примеры и задачи

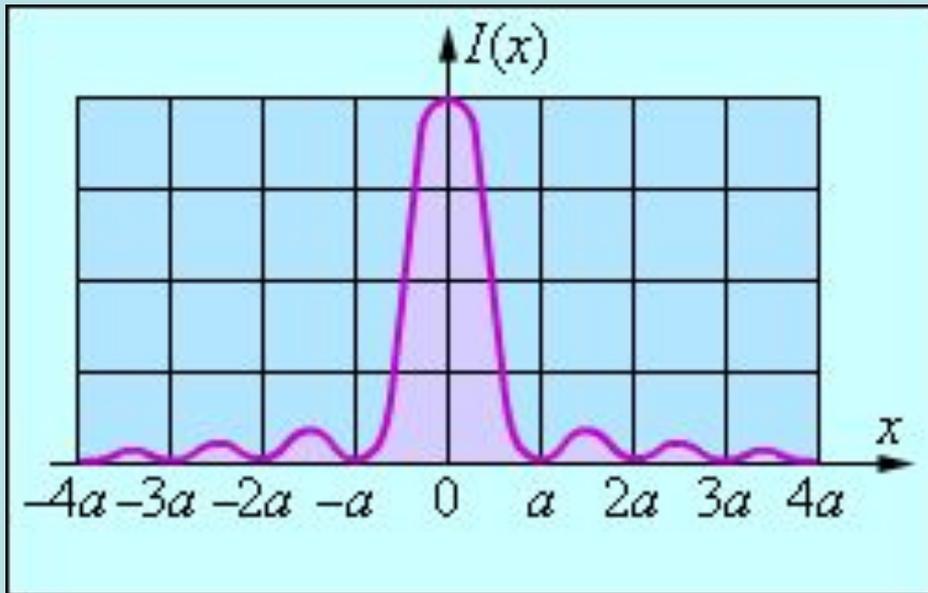
3. Будет ли наблюдаться видимое пространственное разделение луча белого света, если он падает из воздуха:
а) наклонно; б) перпендикулярно к стеклянной пластинке?

4. Разность хода лучей Δd от двух когерентных источников света с длиной волны $6 \cdot 10^{-7}$ м, сходящихся в некоторой точке, равна $1,5 \cdot 10^{-6}$ м. Усиление или ослабление света будет наблюдаться в этой точке?

Примеры и задачи

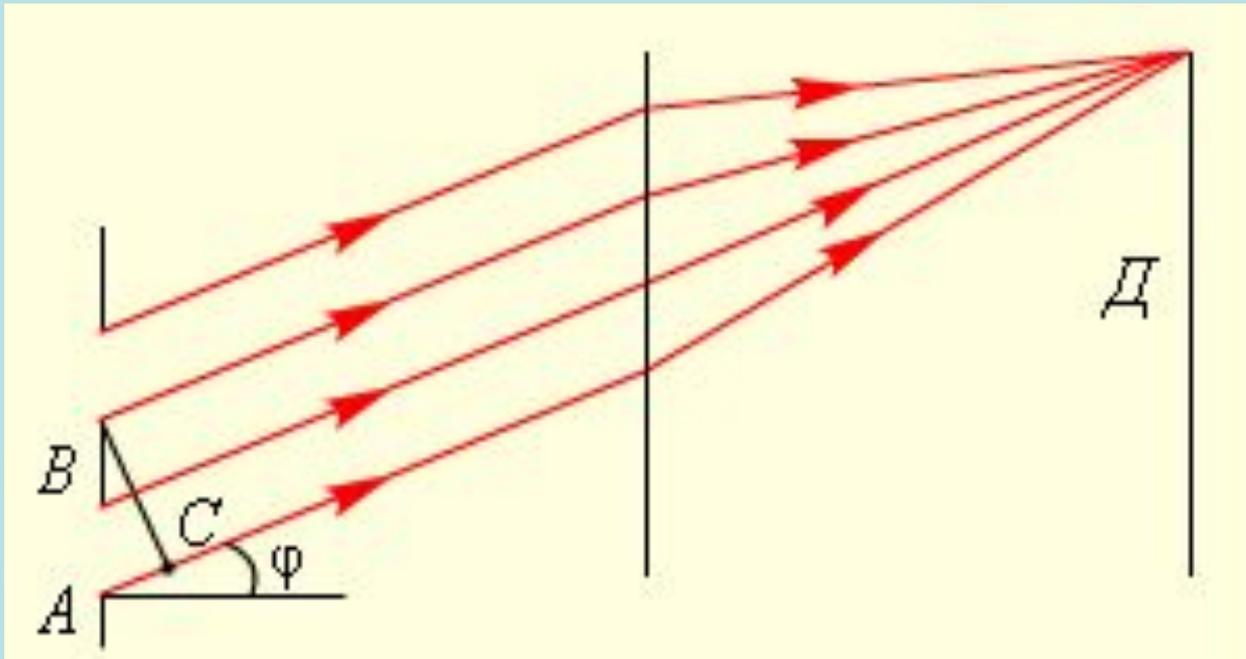
5. Монохроматический свет с длиной волны 500 нм падает перпендикулярно (нормально) к плоскости дифракционной решетки. Дифракционная решетка имеет 500 штрихов на миллиметр. Определите наибольший порядок спектра, который можно наблюдать при падении лучей на решетку.
6. Как объяснить происхождение цвета: синего неба; синего стекла; синей бумаги?

Задача 7



$I(x)$ – распределение интенсивности дифрагированного на узкой щели излучения, где x – координата в плоскости экрана, перпендикулярная длинной стороне щели. Найдите расстояние от щели до экрана, если $\lambda = 570$ нм, $a = 13,2$ мм, ширина щели – 0,06 мм.

Задача 8



- На дифракционную решетку падает монохроматический свет длиной волны λ . В точке Д наблюдается первый минимум. Чему равен отрезок АС?