

ЕГЭ. ФИЗИКА
РЕПЕТИЦИЯ ПО ФИЗИКЕ
Владимир Петрович Сафронов
г. Ростов-на-Дону, 2015
Звоните: т. 8 928 111 7884
Пишите: safron-47@mail.ru

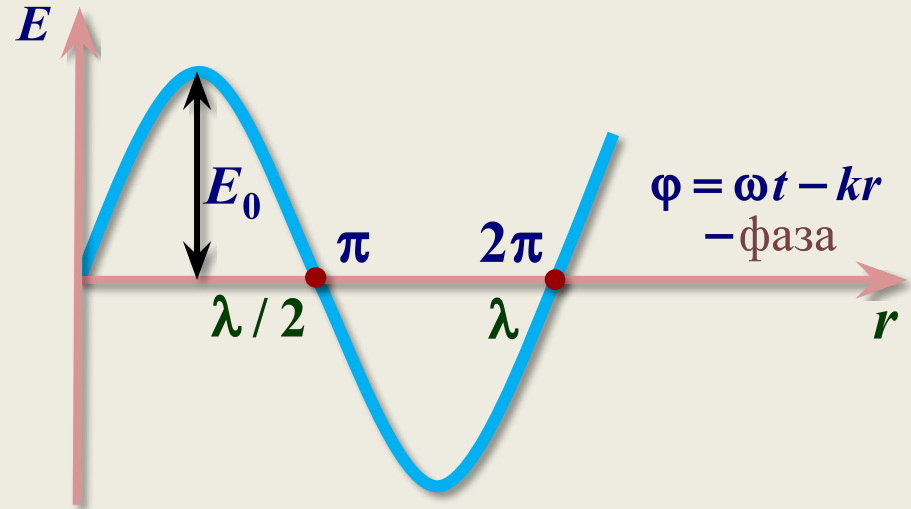
ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Свет — это электромагнитная волна.

В качестве световой волны будем рассматривать плоскую электромагнитную волну, в которой напряженность электрического поля меняется во времени и пространстве по гармоническому закону:

$$E(r, t) = E_0 \sin(\omega t - kx) \quad \text{или} \quad E(x, t) = E_0 \sin 2\pi(\nu t - r / \lambda), \quad \text{где}$$

E_0 — амплитуда напряженности электрического поля волны;
 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$ — циклическая частота;
 T, ν — период и частота;
 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ — волновое число;
 λ — длина волны.



Скорость распространения волны v связана с частотой ν и длиной волны λ :

$$\lambda \cdot \nu = v.$$

Световые волны занимают диапазон

(фиолетовый) $0,4 (400) < \lambda < 0,76 (760)$ (красный) мкм (нм).

Скорость света в вакууме

для всех частот одинакова и равна максимальной скорости передачи сигнала:

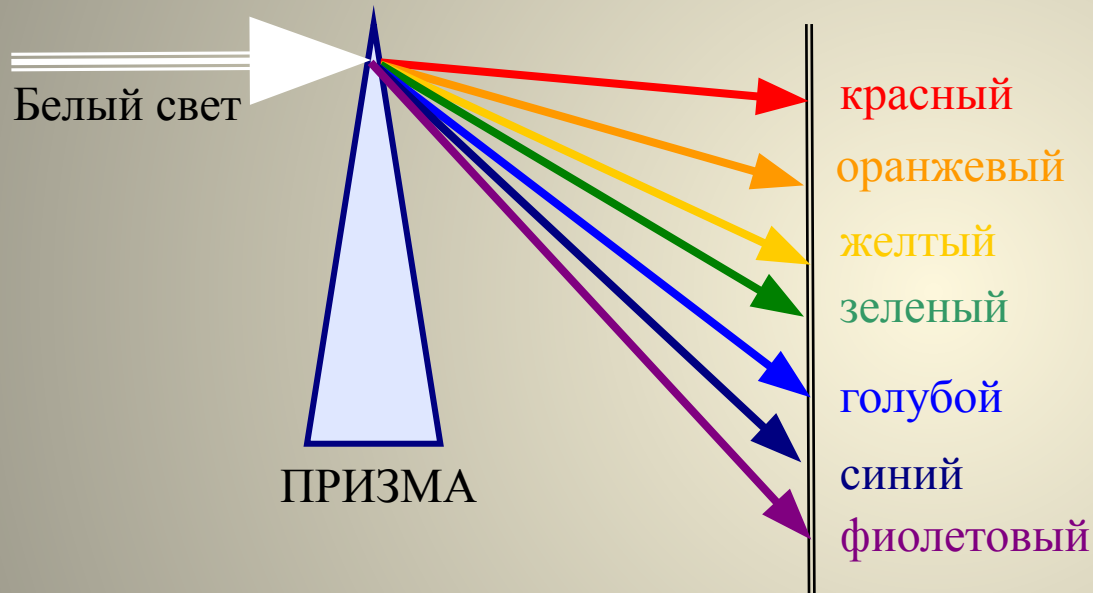
$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м / с.}$$

В любой среде скорость света и длина его волны уменьшается, при этом, частота света не меняется.

Соотношение частот и длин волн.

В любой среде **скорость света** и **длина его волны** уменьшаются, при этом, **частота света не меняется**.

Обозначим λ, c — длина волны и скорость света в вакууме, λ_1, v_1 — длина волны и скорость света в оптической среде $\Rightarrow \frac{\lambda v = c}{\lambda_1 v = v_1} \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{c}{v} = n$
 $\Rightarrow \underline{\lambda = n\lambda_1, \lambda_1 = \lambda / n}$ — в оптической среде длина световой волны уменьшается.



Дисперсия света

это зависимость скорости v распространения световой волны в среде *от частоты света ν* .

Опыт показывает, что с увеличением частоты скорость света в среде уменьшается и, следовательно, показатель преломления возрастает (нормальная дисперсия).

Поэтому световые волны различных частот преломляются стеклянной призмой под разными углами.

Белый свет, содержащий волны с частотами от красного до фиолетового цвета, проходя сквозь призму, разлагается в спектр.

Дисперсия света используется в **спектральном анализе** для получения спектров атомов и молекул.

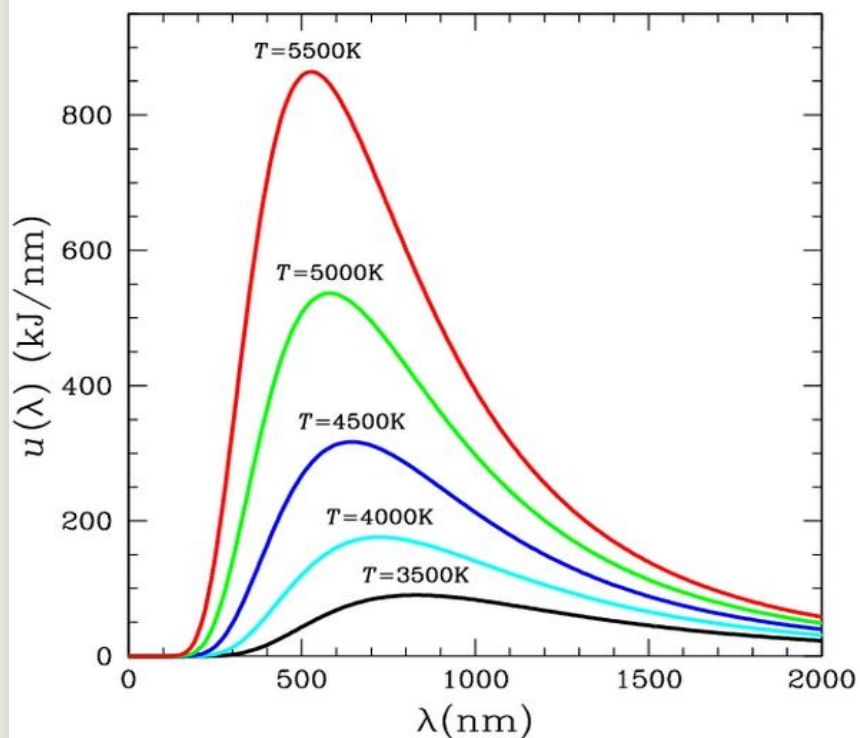
СПЕКТРЫ



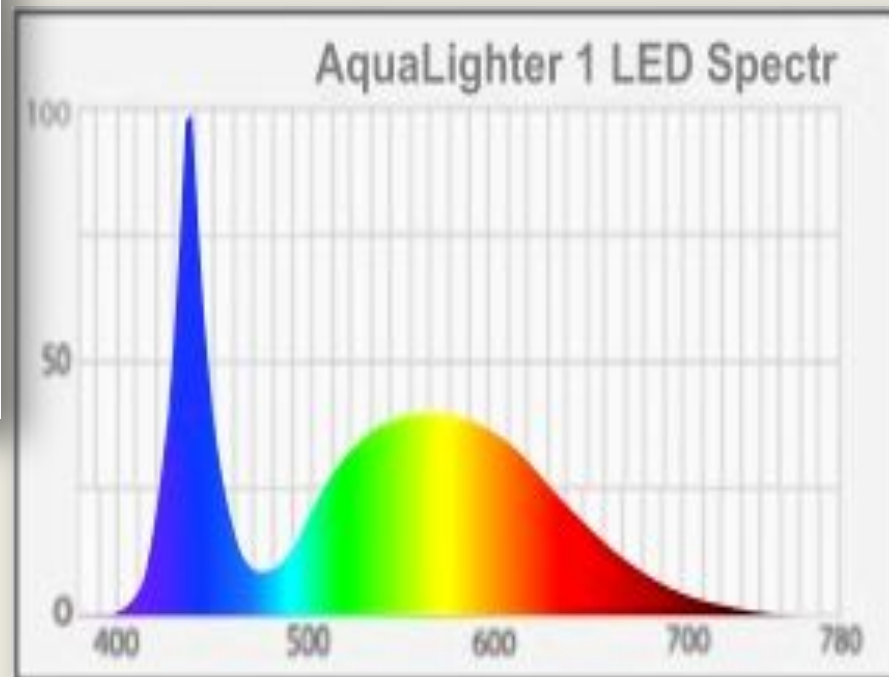
Спектр угольной дуги (полосы молекул CN и C_2)



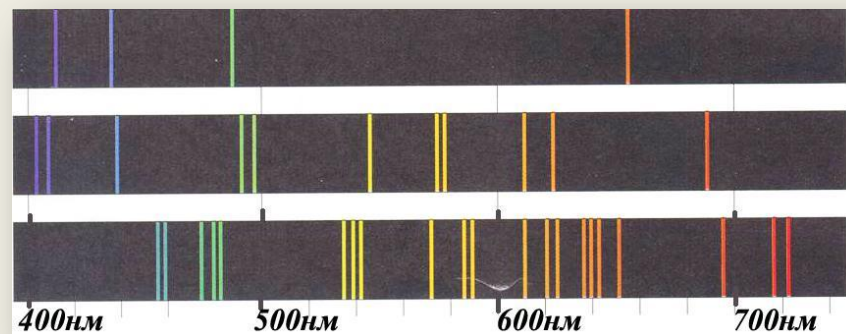
Тепловое излучение



Светодиод



Водород, ртуть, неон



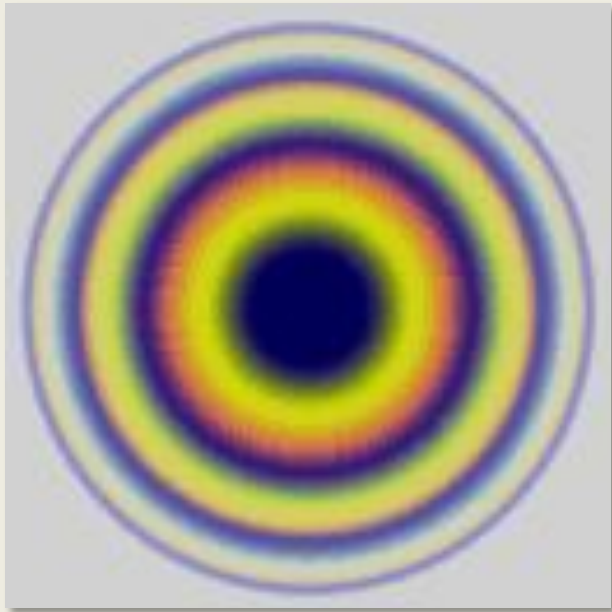
Интерференция света

Когерентные волны

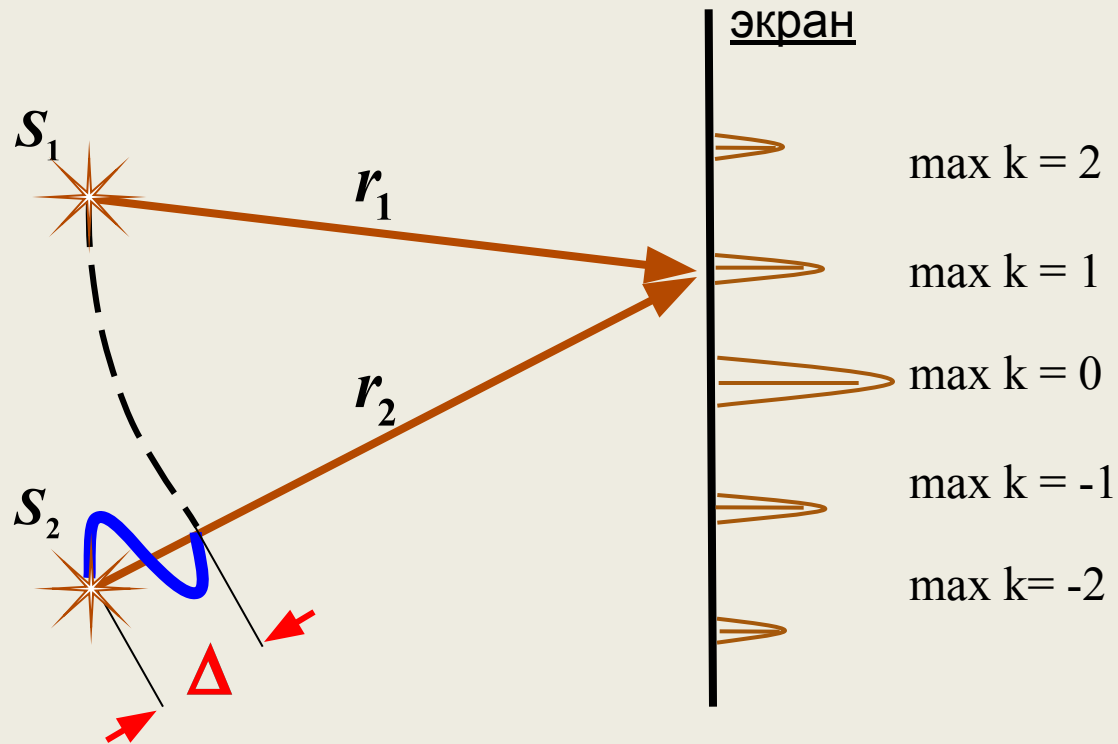
Когерентными называются волны (источники), имеющие равные частоты и постоянную разность фаз.

Интерференция света

— сложение двух и более когерентных волн, при котором происходит их взаимное усиление в одних точках пространства и ослабление в других (на экране появляются максимумы и минимумы освещенности).



Геометрическая разность хода волн



S_1, S_2 — когерентные источники волн;

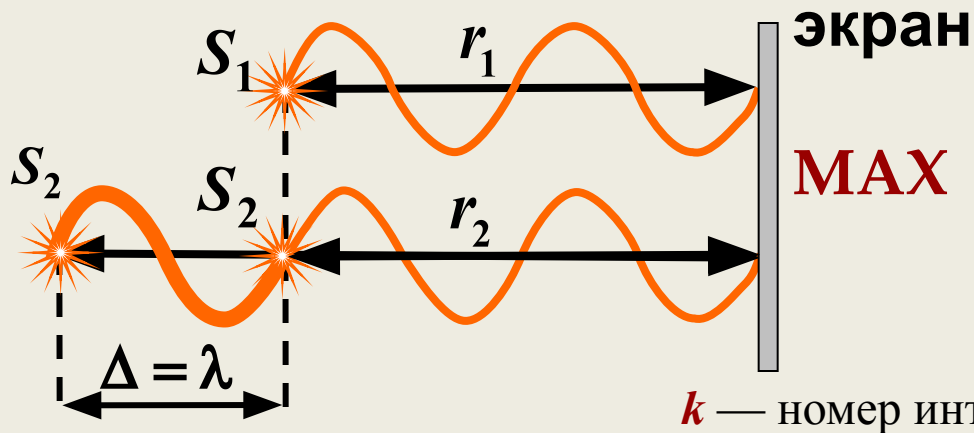
r_1, r_2 — геометрическая длина пути (ход) первой и второй волн;

Основной параметр интерференции

$\Delta = |r_1 - r_2|$ — геометрическая разность хода волн



Условие максимума интерференции

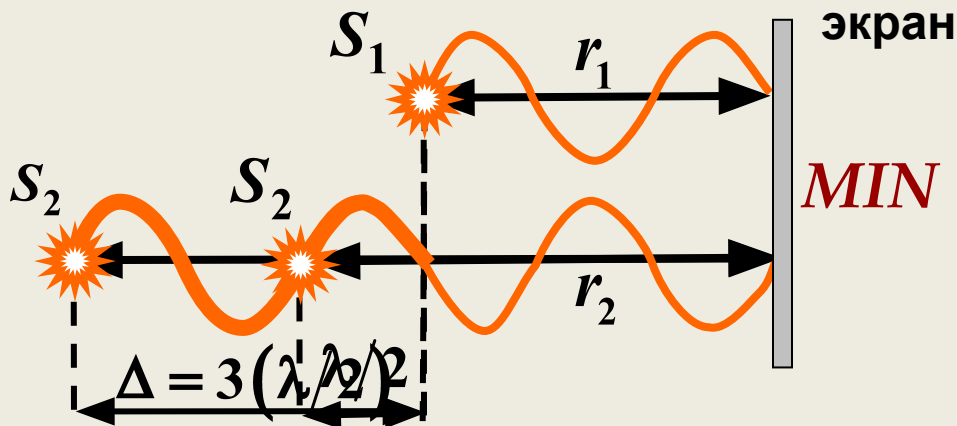


*Если в разности хода помещается целое число длин волн, наблюдается **max** интерференции*

$$\Delta_{\text{max}} = k\lambda, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

k — номер интерференционного максимума.

Условие минимума интерференции



*Если в разности хода помещается нечетное число полудлин волн, наблюдается **min** интерференции*

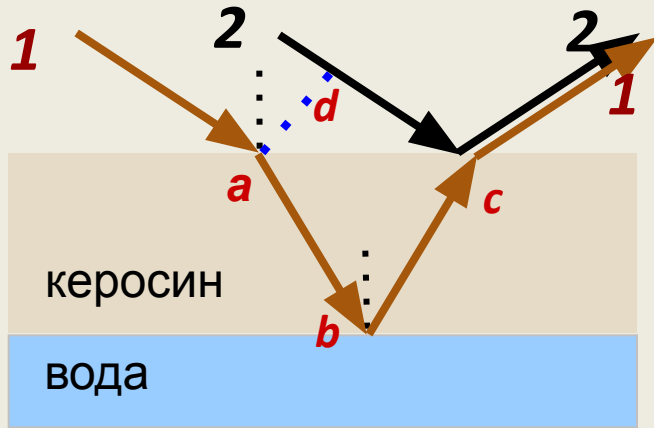
$$\delta_{\text{min}} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$
$$k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

k — номер интерференционного минимума.

Когерентные источники волн можно получить



Тонкие пленки. Оптический ход волны.



Рассмотрим случай распространения волны в двух средах, например, воздух и тонкий слой ($\sim \lambda$) керосина на поверхности воды.

Длина световой волны в керосине λ меньше, чем в воздухе λ_0 :

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0 v}{\lambda v} = \frac{\lambda_0}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\lambda_0}{n}.$$

Чтобы всегда измерять ход волны в λ_0 вводят *оптический ход волны l* это произведение геометрической длины r пути световой волны в данной среде на абсолютный показатель преломления n этой среды (для воздуха $n = 1$):

$$l = n \cdot r.$$

Оптическая разность хода

двух лучей, отразившихся от верхней (2 луч) и нижней (1 луч) поверхности керосина:

$$\delta = (ab + bc)n - dc.$$

Если $\delta = \pm k\lambda_0$, то наблюдается максимум для этой длины волны λ_0 .

Замечание: при отражении от более плотной среды ход волны уменьшается на $\lambda_0/2$.



Применение интерференции.

Так как условие максимума зависит от длины волны,
то в белом свете тонкие пленки
(керосин, бензин на поверхности воды, мыльные шары)
будут выглядеть цветными.



Инт

й,

Дифракция света

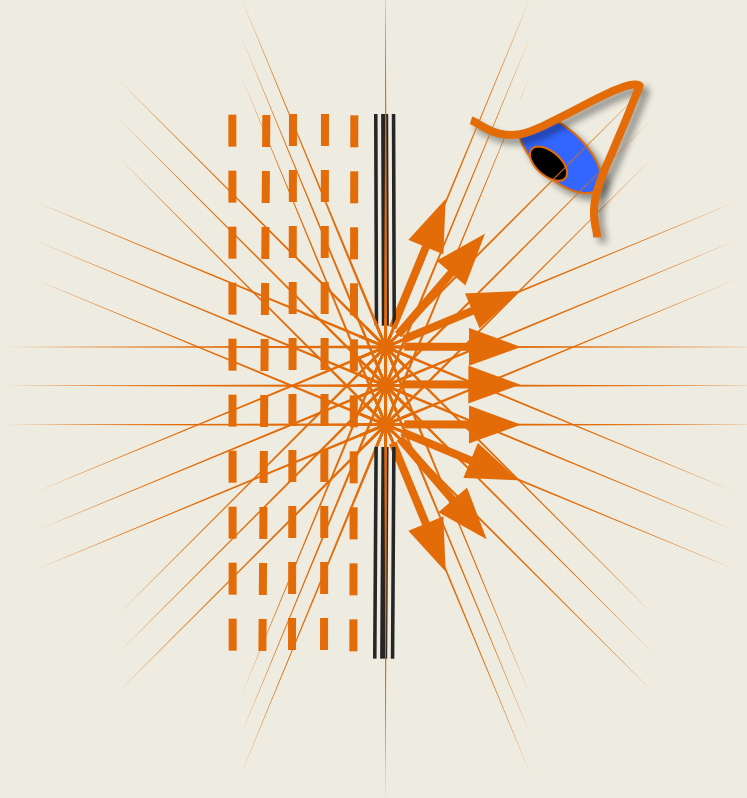
Дифракцией

называется огибание волнами препятствий.

Принцип Гюйгенса - Френеля.

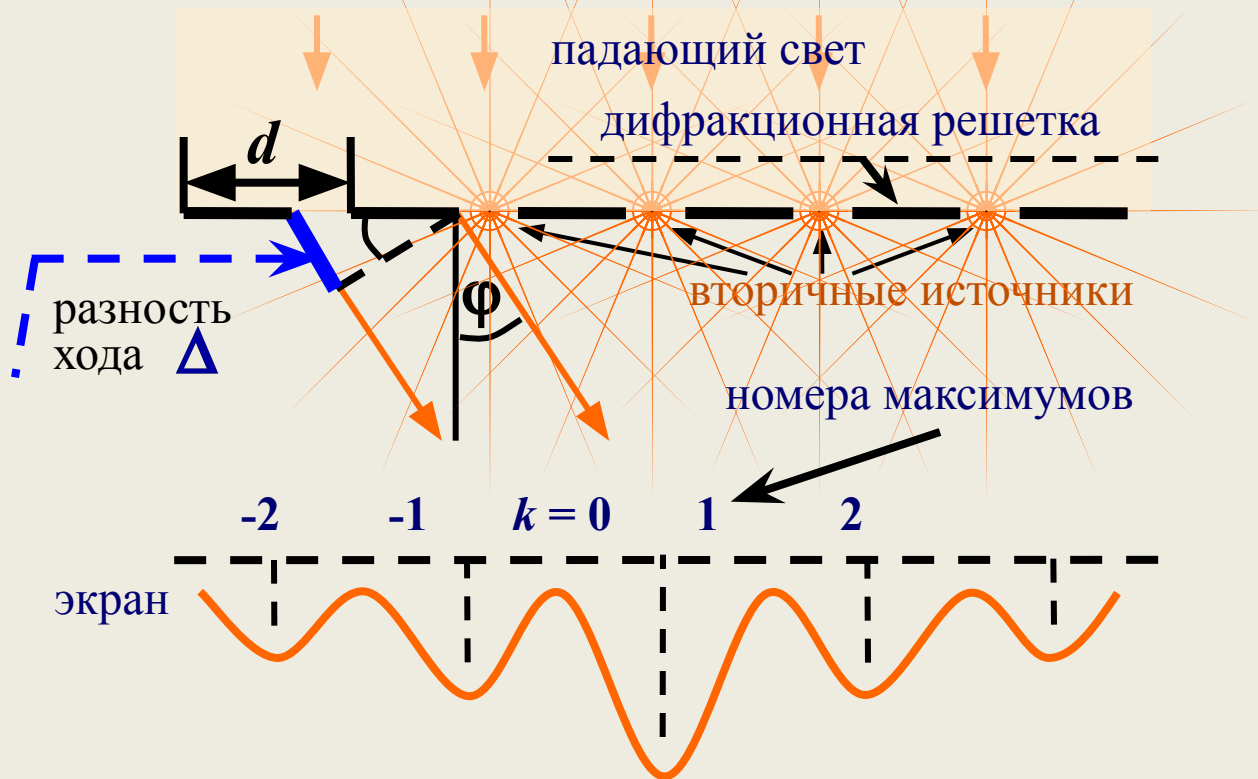
Каждая точка фронта волны становится источником
вторичных когерентных волн.

Следующее положение и форма фронта волны —
результат интерференции вторичных волн.



Дифракционная решетка

Устройство для создания системы когерентных источников света.

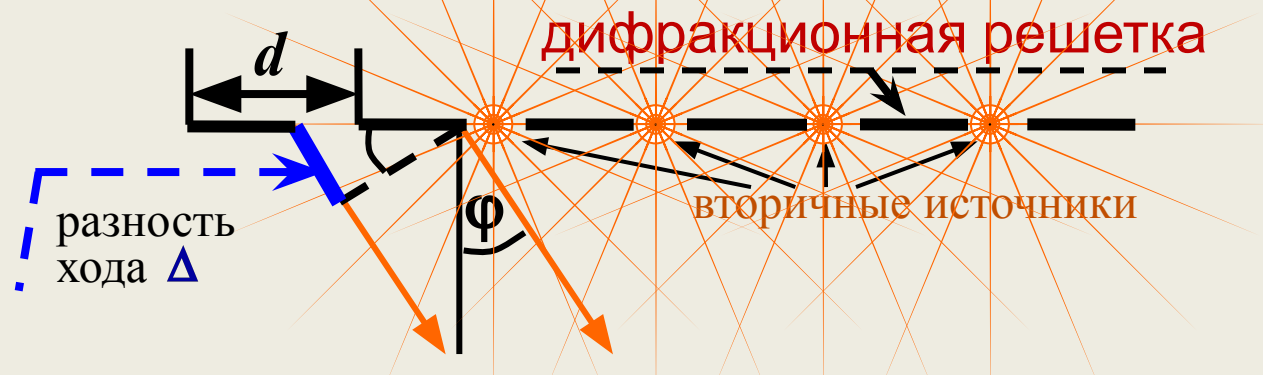


Состоит из одинаковых параллельных щелей на пластине, разделенных равными по ширине непрозрачными промежутками.

$d \sim 10^{-2}, 10^{-3}$ мм — постоянная (период) решетки;

ϕ — угол, определяющий направление наблюдения;

$\Delta = d \sin \phi$ — разность хода соседних лучей.



Вывод условия максимума для дифракционной решетки.

1. Из геометрии рисунка разность хода соседних лучей $\Delta = d \sin \varphi$.
2. По условию тах $\Delta_{\max} = \pm k\lambda$.
3. Сравнивая, получаем $d \sin \varphi = \pm k\lambda$; $k = 0, 1, 2, \dots$ — порядок максимума.

Для малых углов φ ($L \gg l_k$) $\sin \varphi = \tan \varphi$, поэтому (см. рис)

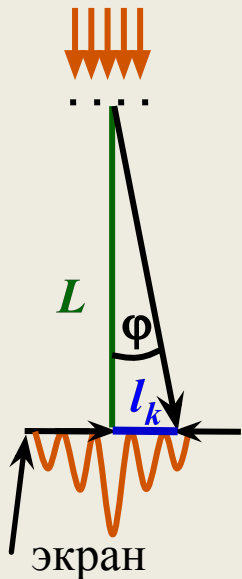
$$d \sin \varphi = \pm k\lambda \Rightarrow d \tan \varphi = \pm k\lambda \Rightarrow \frac{d \cdot l_k}{L} = \pm k\lambda.$$

Условия максимума для дифракционной решетки.

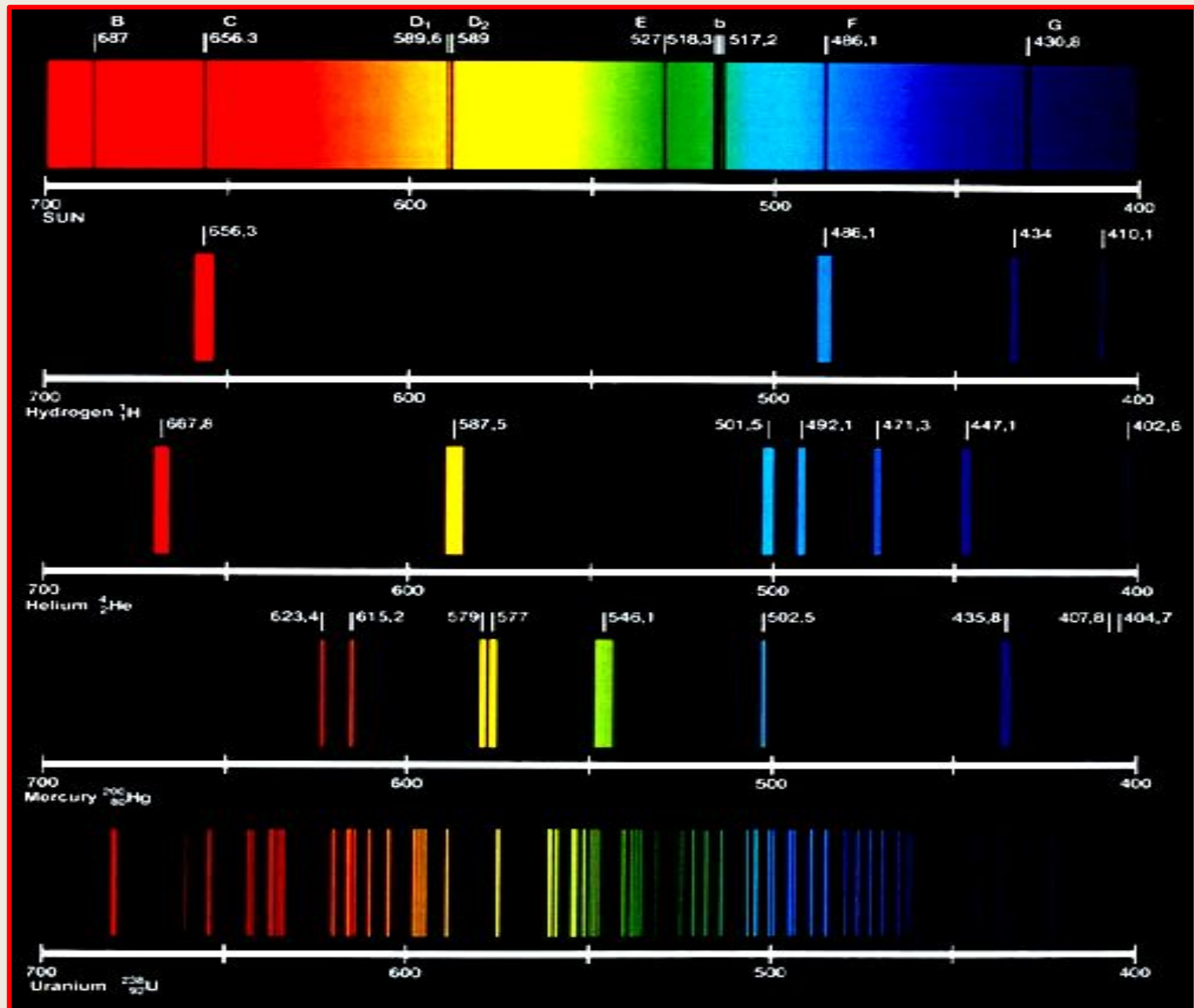
$$\underline{d \sin \varphi = \pm k\lambda}; \quad \underline{\frac{d \cdot l_k}{L} = \pm k\lambda}$$

Зная φ и d с помощью дифракционной решетки можно определять длину λ световой волны.

Дифракционные решетки используются для спектрального анализа света.



СПЕКТРЫ

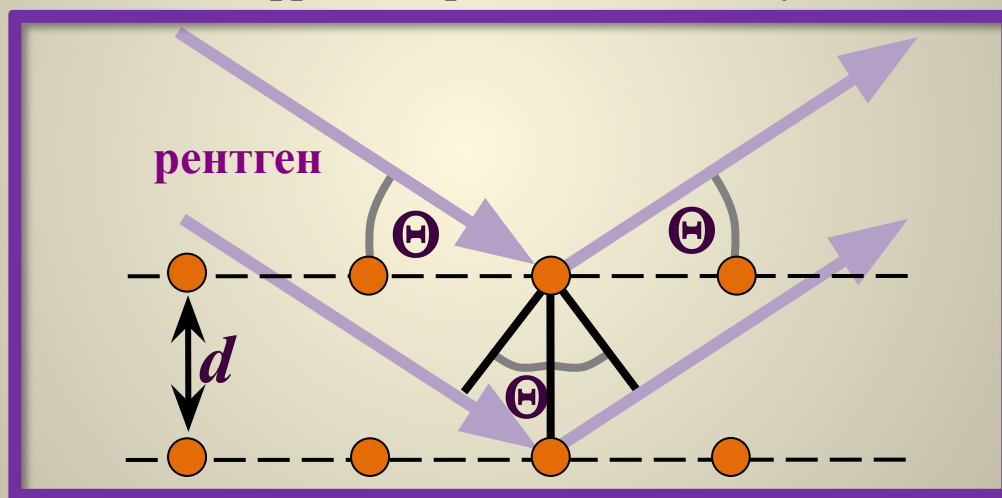


Дифракция рентгеновских лучей на кристалле

В качестве дифракционной решетки можно использовать любые периодически расположенные элементы, лишь бы их периодичность d была соизмерима с длиной волны λ .

Так рентгеновское излучение имеет длину волны $\lambda \sim 1 \div 2 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$ — ангстрем), а размер атомов $d \sim 1 \text{ \AA}$.

Поэтому на кристаллической решетке наблюдается дифракция рентгеновских лучей.



Условие максимума интерференции

$$2d \sin \Theta = k\lambda \quad \text{— условие Вульфа – Брэгга.}$$

Формула позволяет определять d — межатомные расстояния в кристаллах.

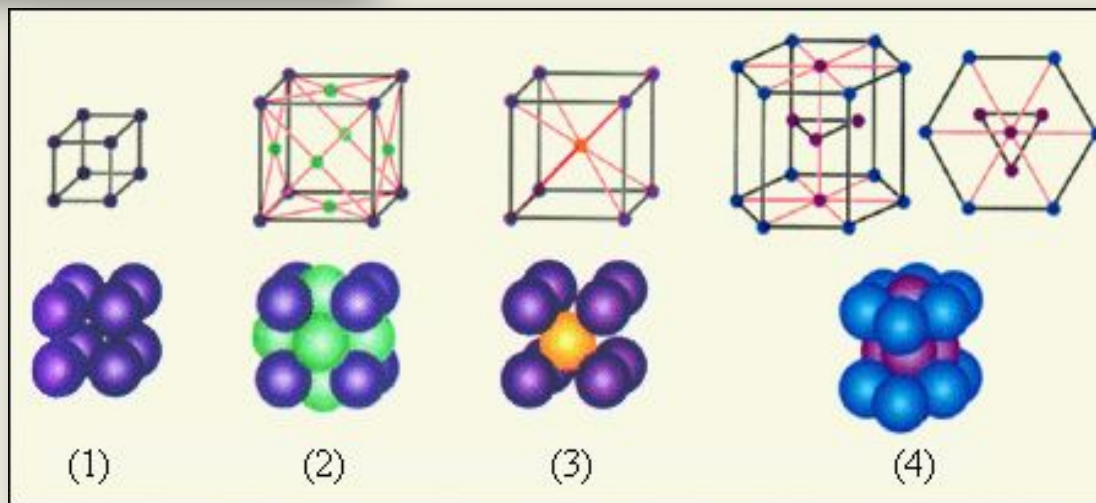
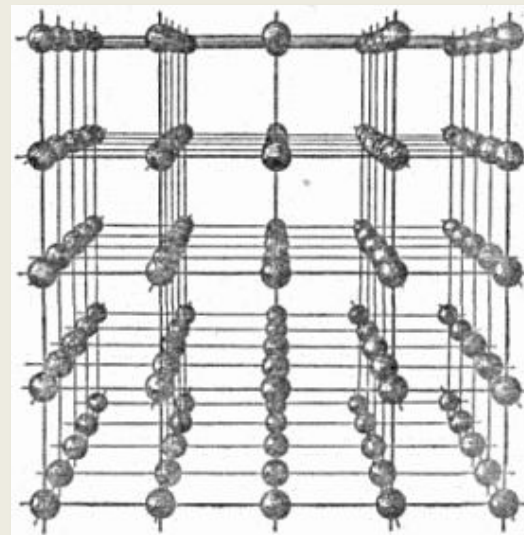
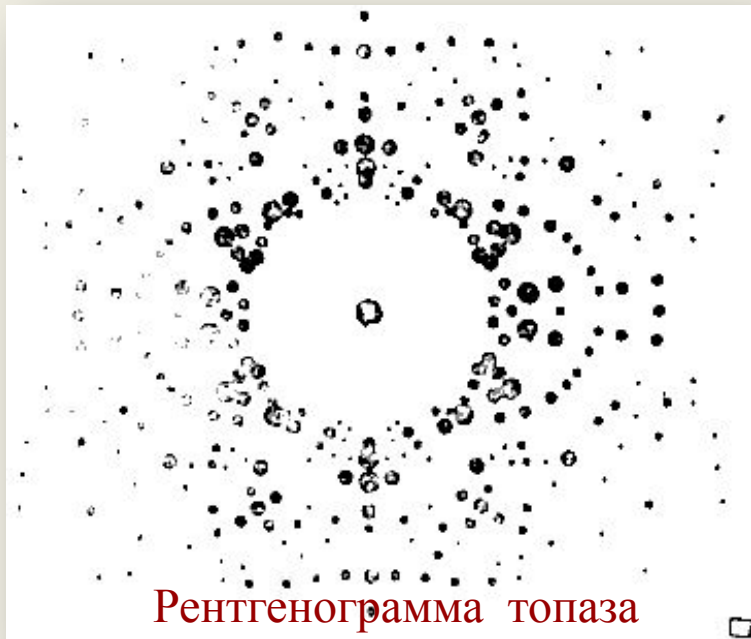
Здесь Θ — угол наблюдения максимума, λ — длина рентгеновской волны,

$k = 1, 2, 3, \dots$ номер дифракционного максимума.



Формула Вульфа – Брэгга

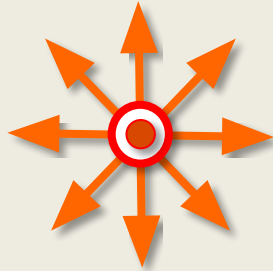
используется в рентгеноструктурном анализе
для определения межатомных расстояний и типа кристаллической решетки
кристаллов.



Поляризация света

Естественным называется свет,

в котором колебания вектора напряженности E осуществляются вдоль всевозможных направлений, перпендикулярных скорости распространения луча.

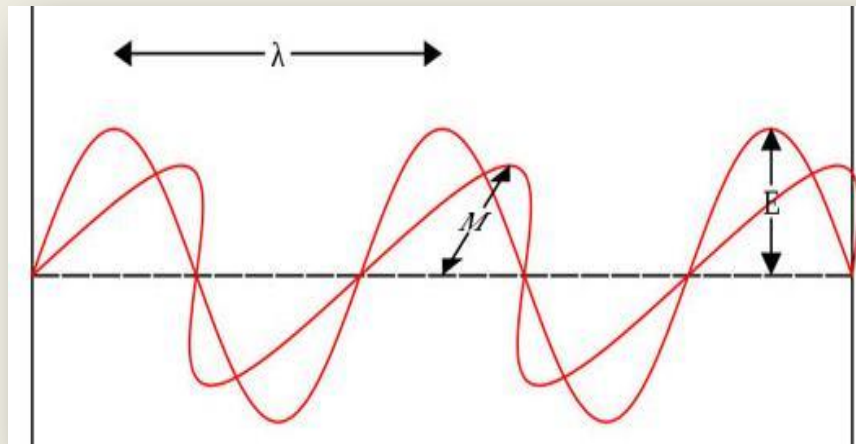


Плоскость поляризации.

Луч света *перпендикулярен* плоскости рисунка.

Плоско поляризованным называется свет,

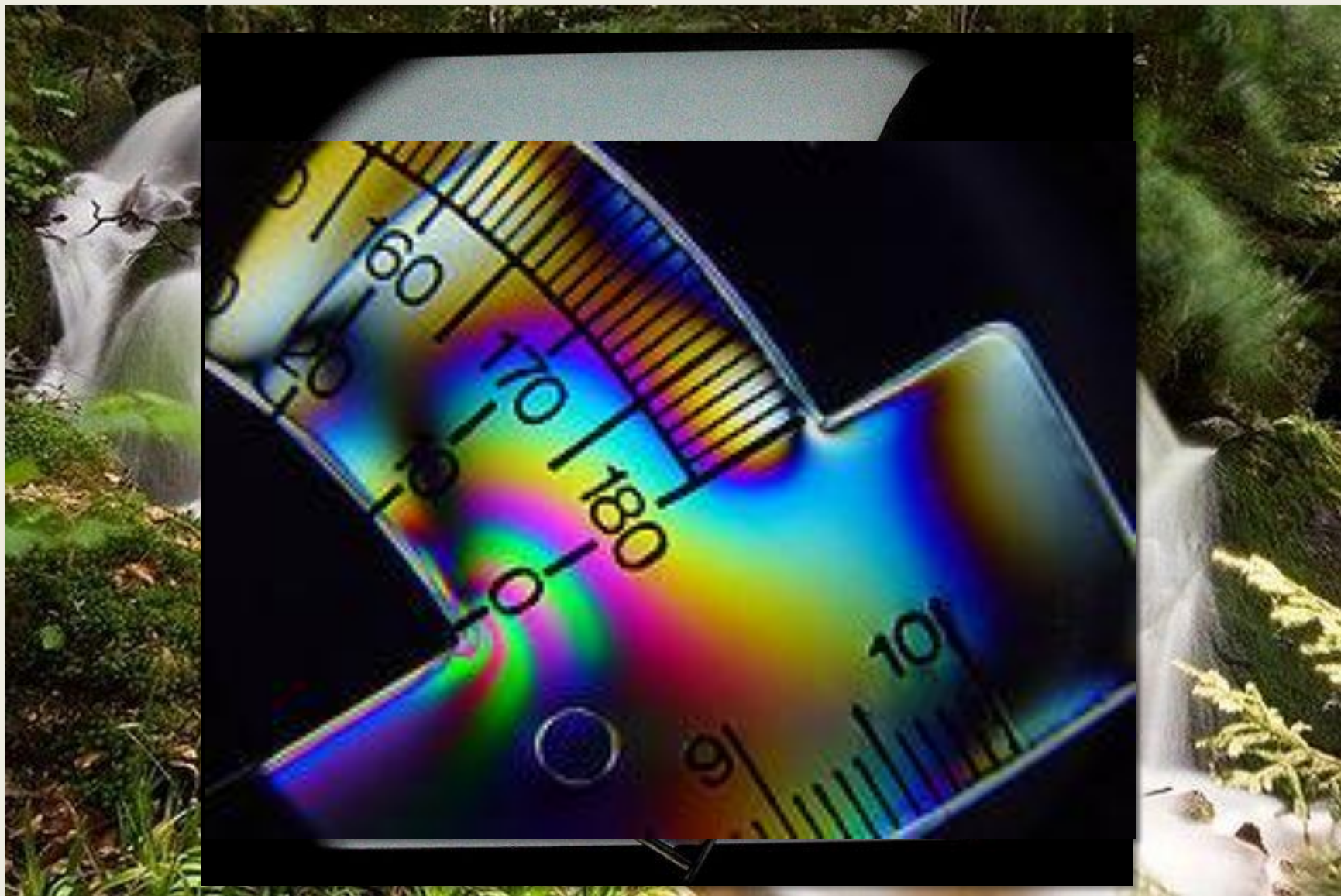
вектор напряженности которого совершает колебания в одной плоскости (*плоскость поляризации*).



Поляризаторы — устройства, преобразующие естественный свет в поляризованный.

Идеальный поляризатор пропускает половину интенсивности естественного света.

Поляризация



КОНЕЦ ВОЛНОВАЯ ОПТИКА