

# Лекция 7

# ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

## Содержание:

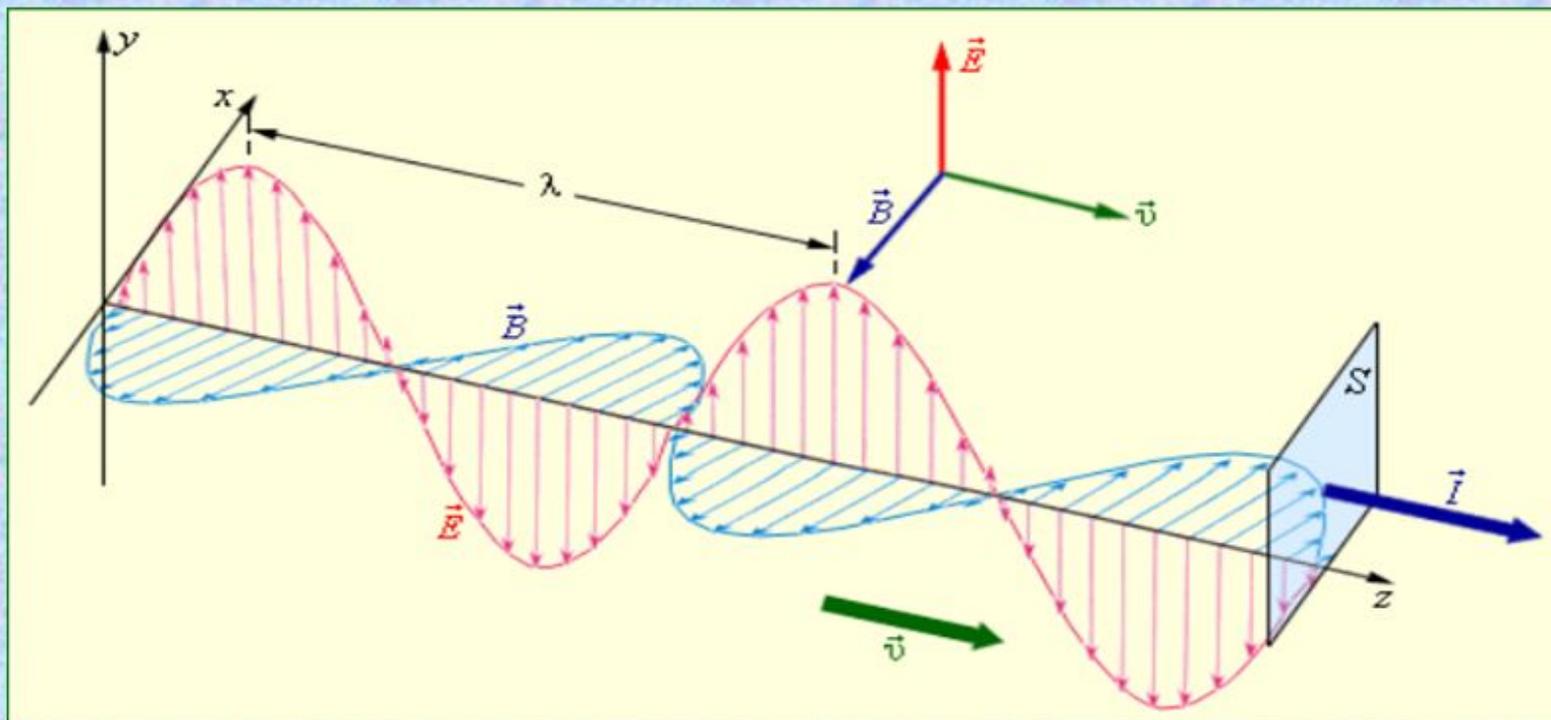
- 1) Свет как электромагнитная волна
- 2) Когерентность
- 3) Интерференция световых волн
- 4) Интерферометр Майкельсона
- 5) Принцип Гюйгенса-Френеля
- 6) Дифракция света
- 7) Рентгеноструктурный анализ
- 8) Поляризация света
- 9) Закон Брюстера
- 10) Закон Малюса
- 11) Двойное лучепреломление
- 12) Оптически активные вещества

## Взгляды на природу света в XVII-XIX вв.



- **Ньютон** придерживался корпускулярной теории, согласно которой свет – это поток частиц, идущих от источника во все стороны.
- **Гюйгенс** утверждал, что свет – это волны, распространяющиеся в особой, гипотетической среде - эфире, заполняющим пространство и проникающим во внутрь всех тел.

# Электромагнитные волны



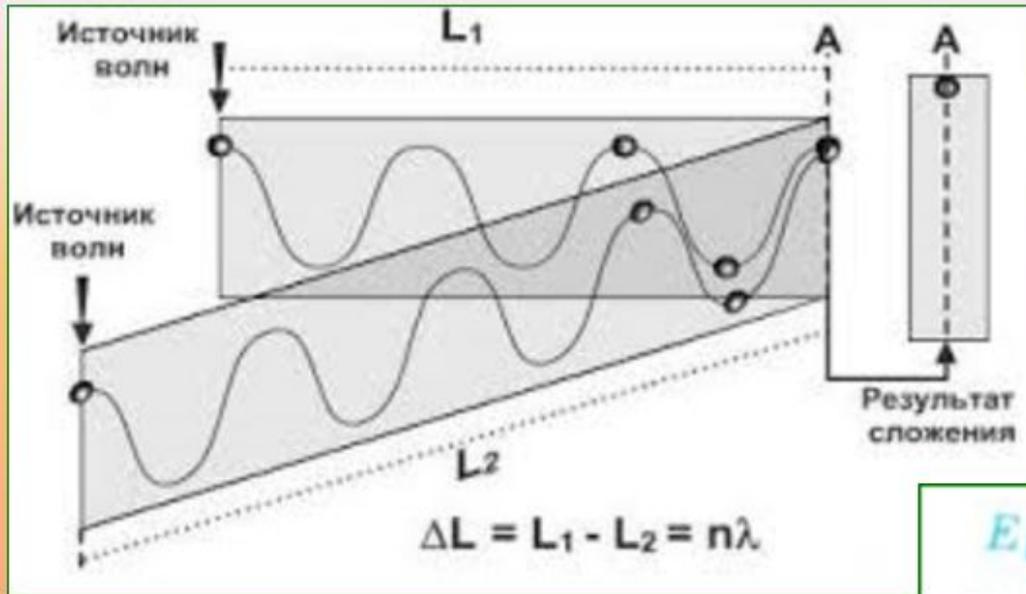
$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0}}$$

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц	Диапазон энергии фотонов, эВ
Фиолетовый	380—440	790—680	3,26-2,82
Синий	440—485	680—620	2,82-2,56
Голубой	485—500	620—600	2,56-2,48
Зеленый	500—565	600—530	2,48-2,19
Желтый	565—590	530—510	2,19-2,10
Оранжевый	590—625	510—480	2,10-1,98
Красный	625—740	480—405	1,98-1,68

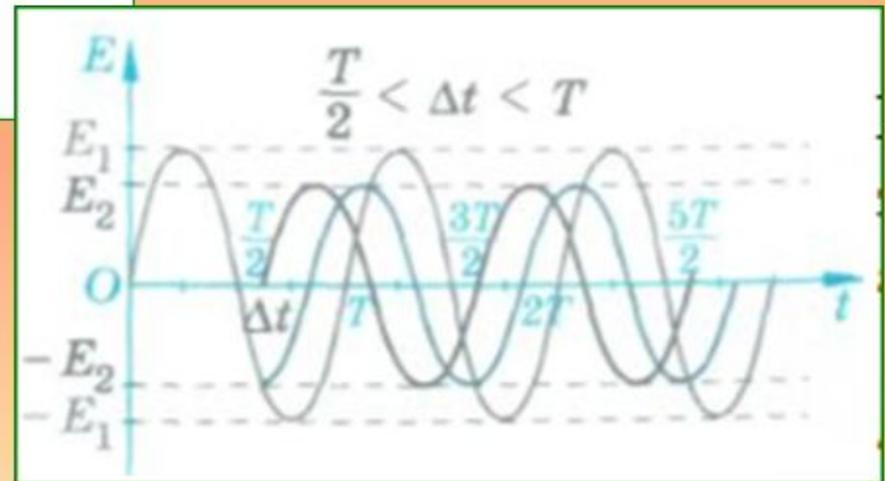


# Когерентность

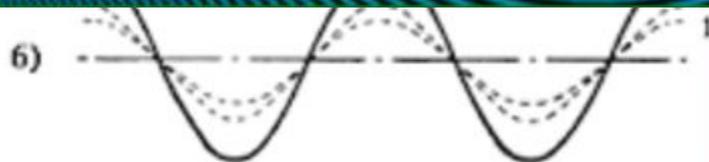
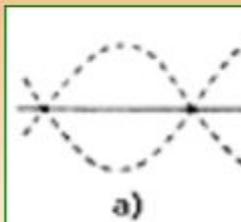
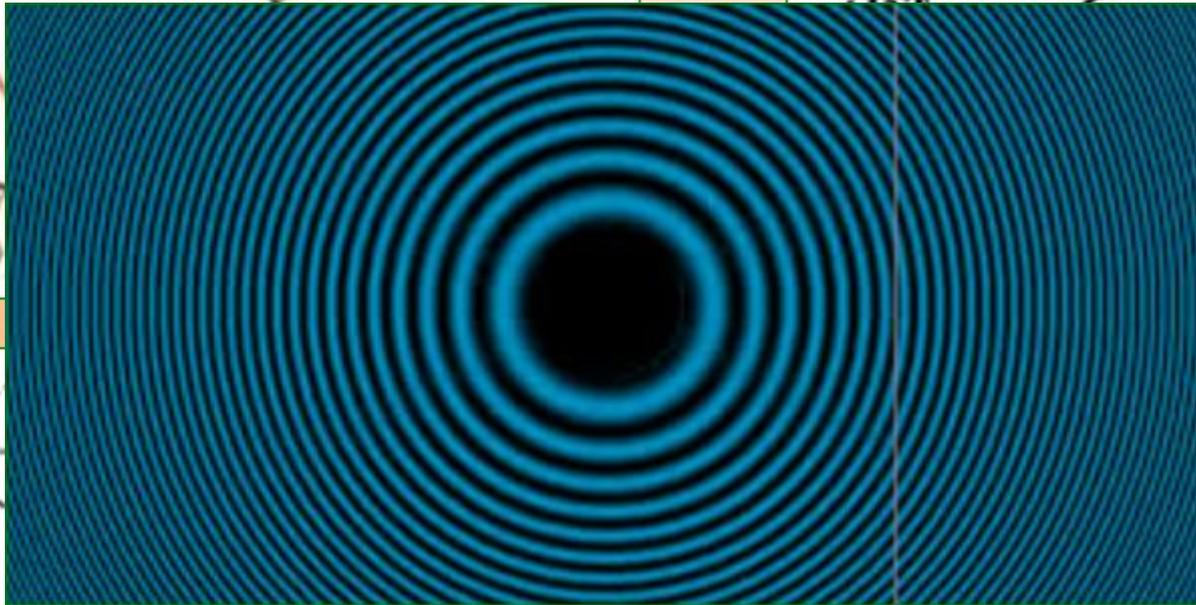
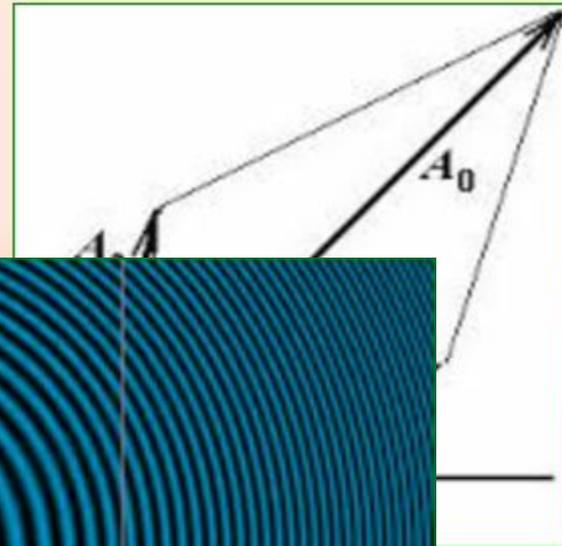
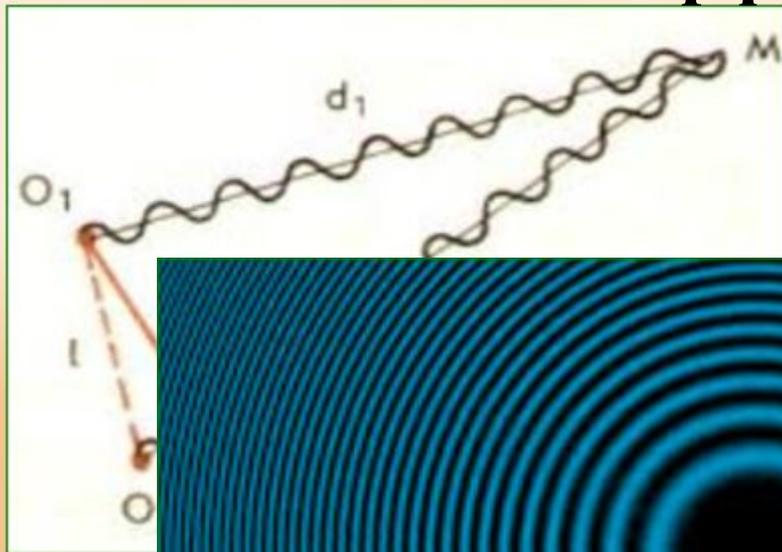


**Когерентность** – согласованное протекание во времени и пространстве колебательных или волновых процессов. Необходимое условие интерференции.

**Монохроматические волны** – неограниченные в пространстве одной строго определенной частоты



# Интерференция



...или нескольких  
...ых волн происходит  
...светового потока, в  
...них местах возникают  
максимумы, а в других минимумы  
интенсивности. Это явление называется  
*интерференцией света.*

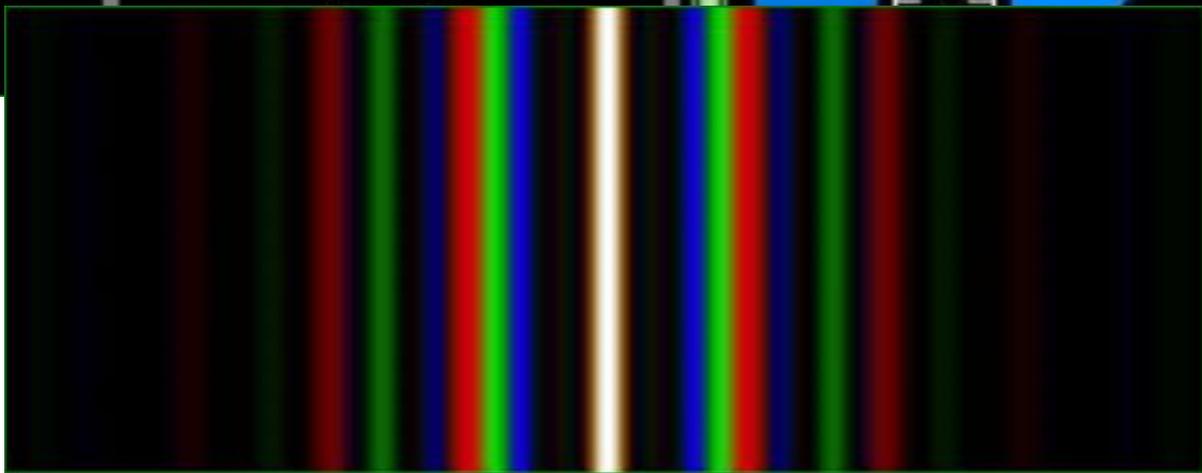
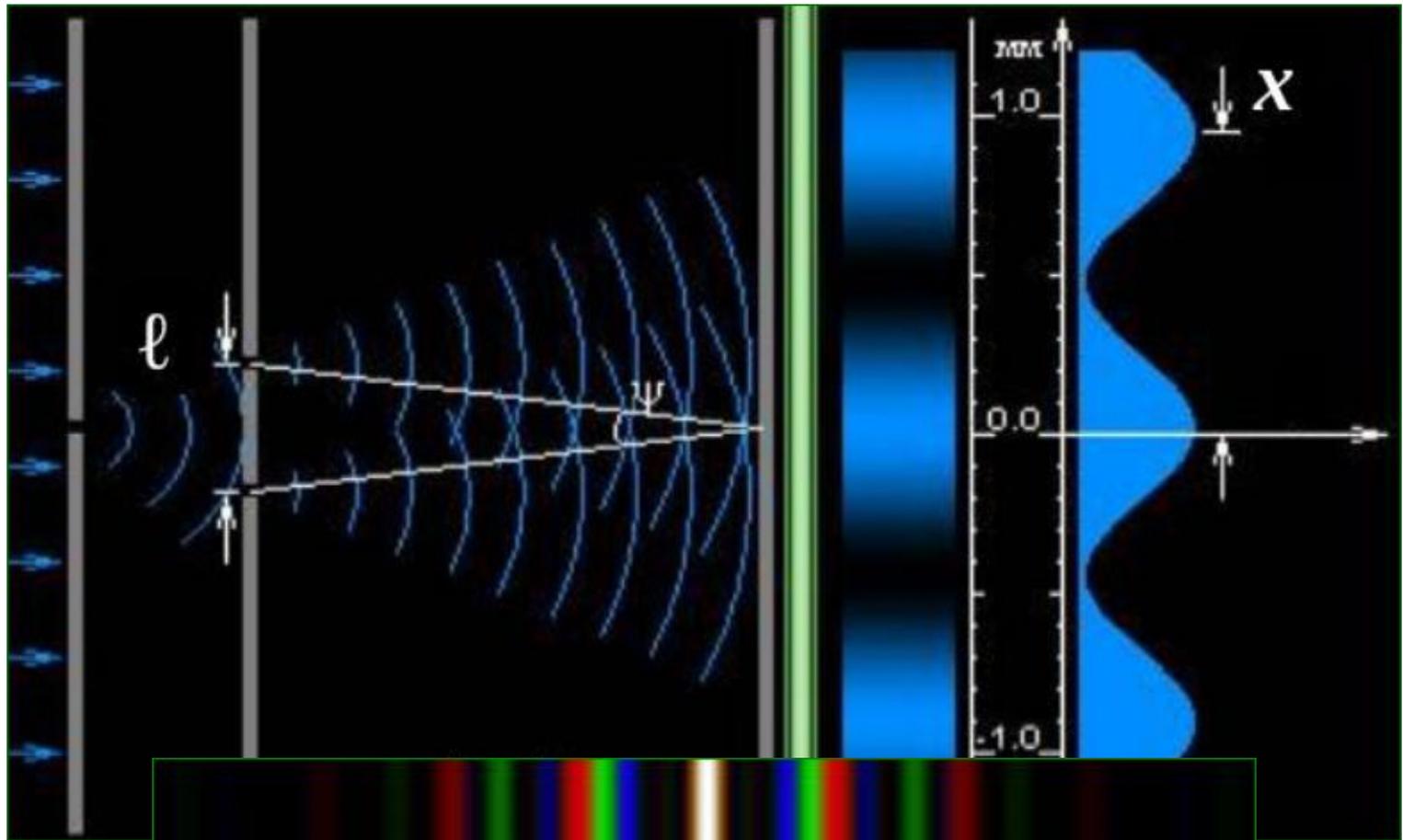
## Условие максимумов и минимумов интерференции

**Максимум интенсивности** наблюдается в тех точках пространства, в которых оптическая разность хода равна четному числу длин полуволн:

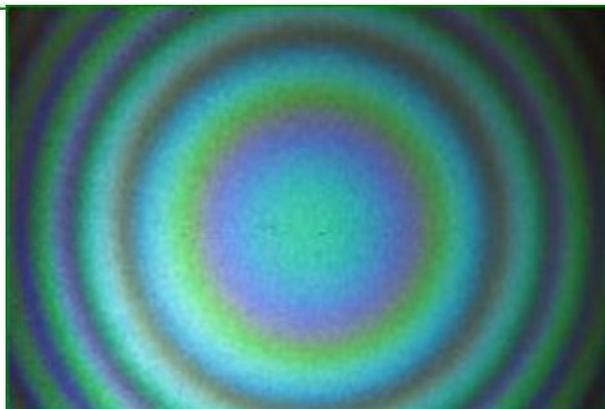
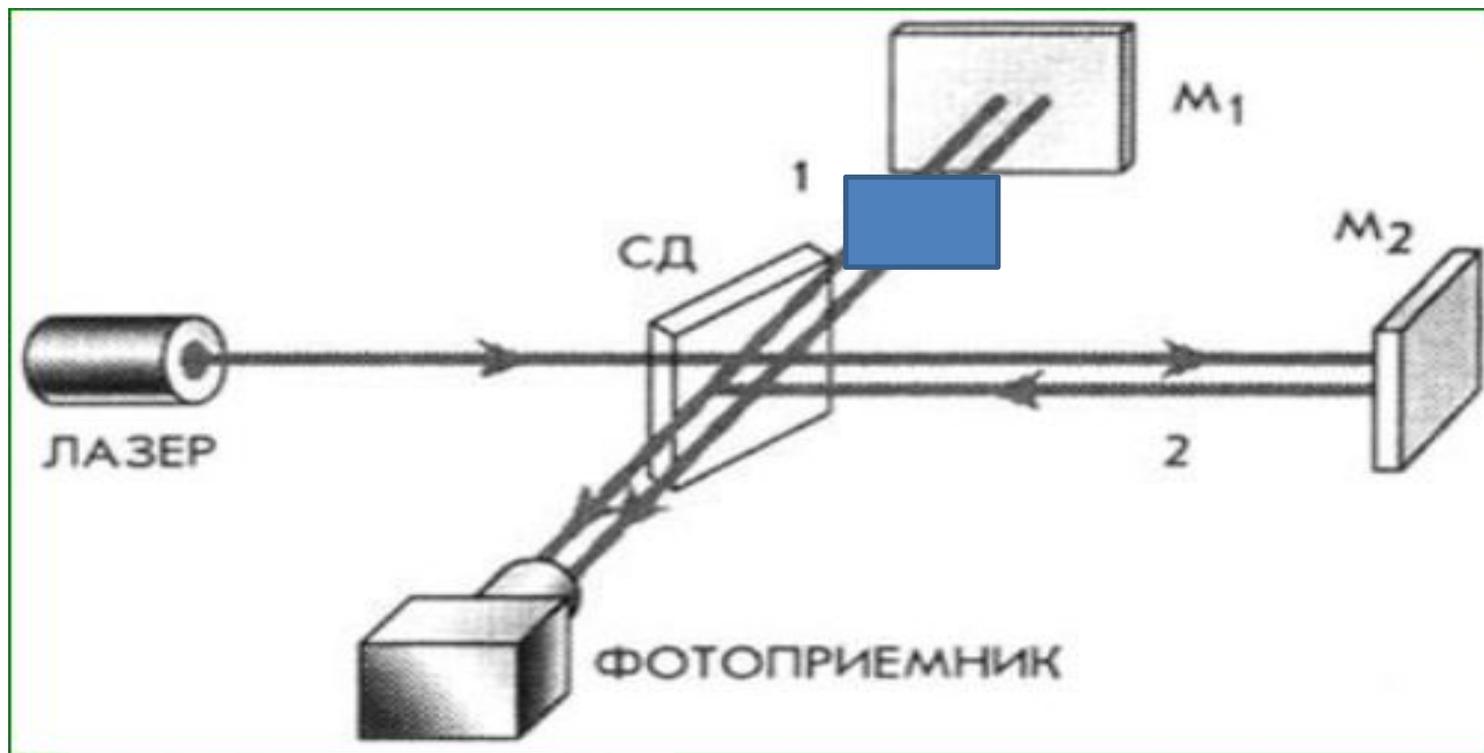
$$\Delta = \frac{\lambda}{2} 2k, \quad k = 1, 2, 3 \dots$$

**Минимум интенсивности** наблюдается в тех точках пространства, в которых оптическая разность хода равна нечетному числу длин полуволн:

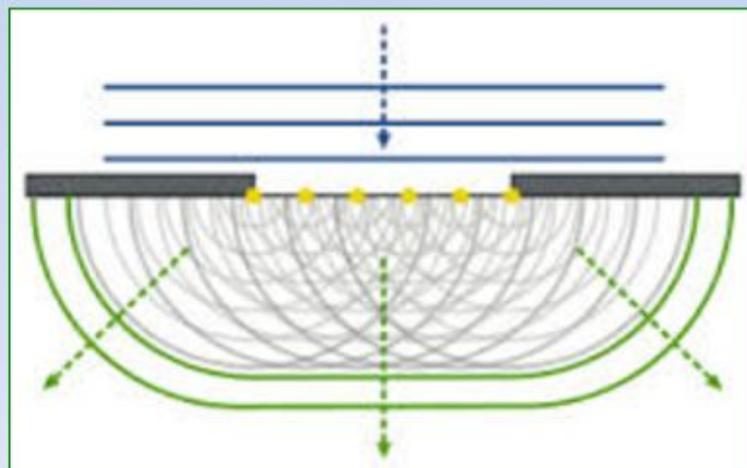
$$\Delta = \frac{\lambda}{2} (2k + 1), \quad k = 1, 2, 3 \dots$$



# Интерферометр Майкельсона



# Принцип Гюйгенса-Френеля



**Волновой фронт** - это поверхность, до которой дошли колебания к данному моменту времени.

**Принцип Гюйгенса** – каждая точка до которой дошла волна сама является источником вторичных волн. Огибающая этих волн задает положение волнового фронта в следующий момент времени.

**Принцип Гюйгенса-Френеля** – возмущение в любой точке пространства является результатом интерференции когерентных вторичных волн, излучаемых каждой точкой фронта волны.

# ***Дифракция света***

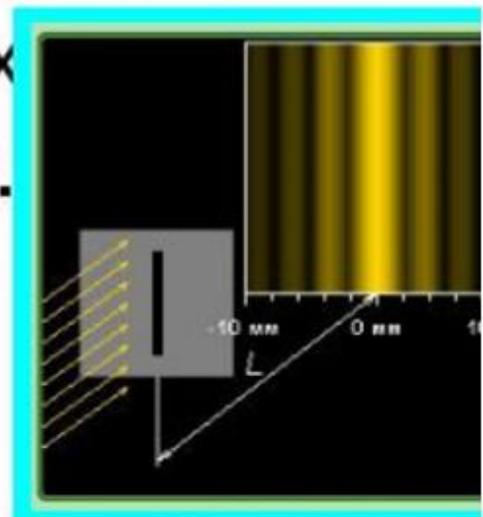
- приводит к огибанию световыми волнами препятствий и проникновению света в область геометрической тени. При этом образуется интерференционная картина. Т.е. дифракция света сопровождается интерференцией.

**Интерферируют волны, обогнувшие препятствие .**

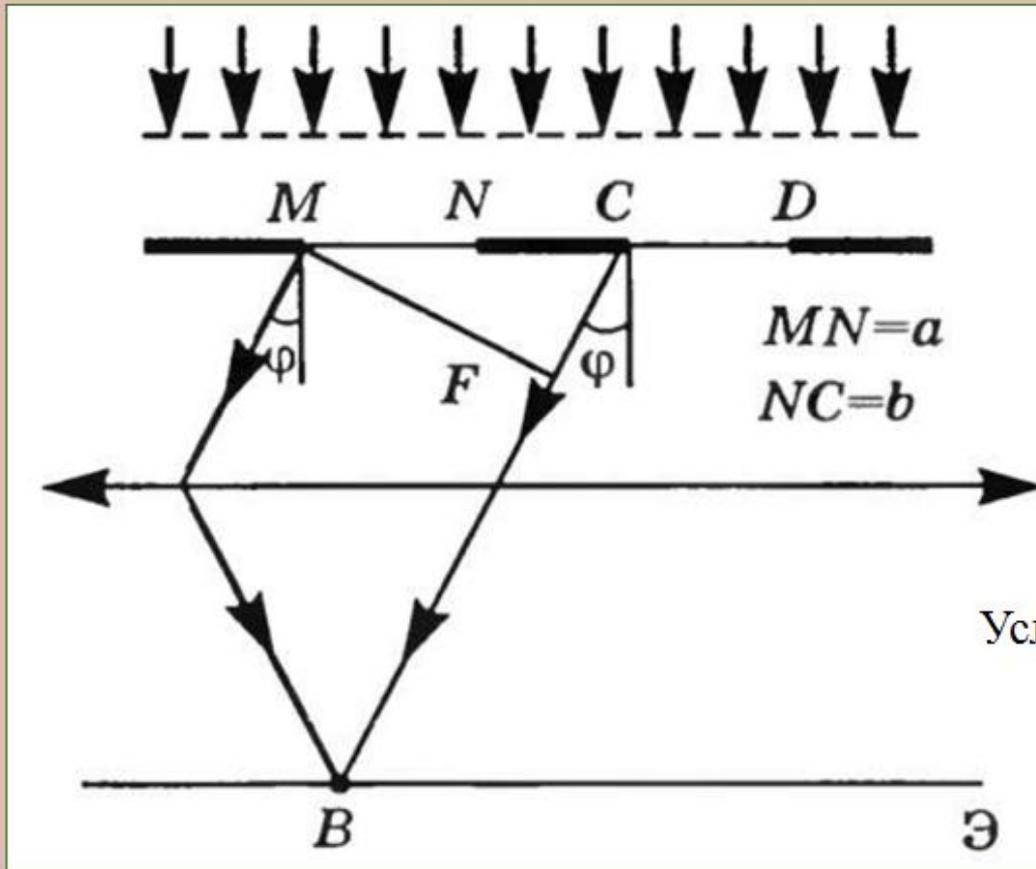


- **Дифракционная картина** – система чередующихся светлых и темных колец, если препятствие круг или отверстие.

Если препятствие имеет линейный характер (щель, нить, край экрана), то на экране возникает система параллельных дифракционных полос.



# Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке



Условие главных максимумов:

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda, m = 1, 2, 3, \dots$$

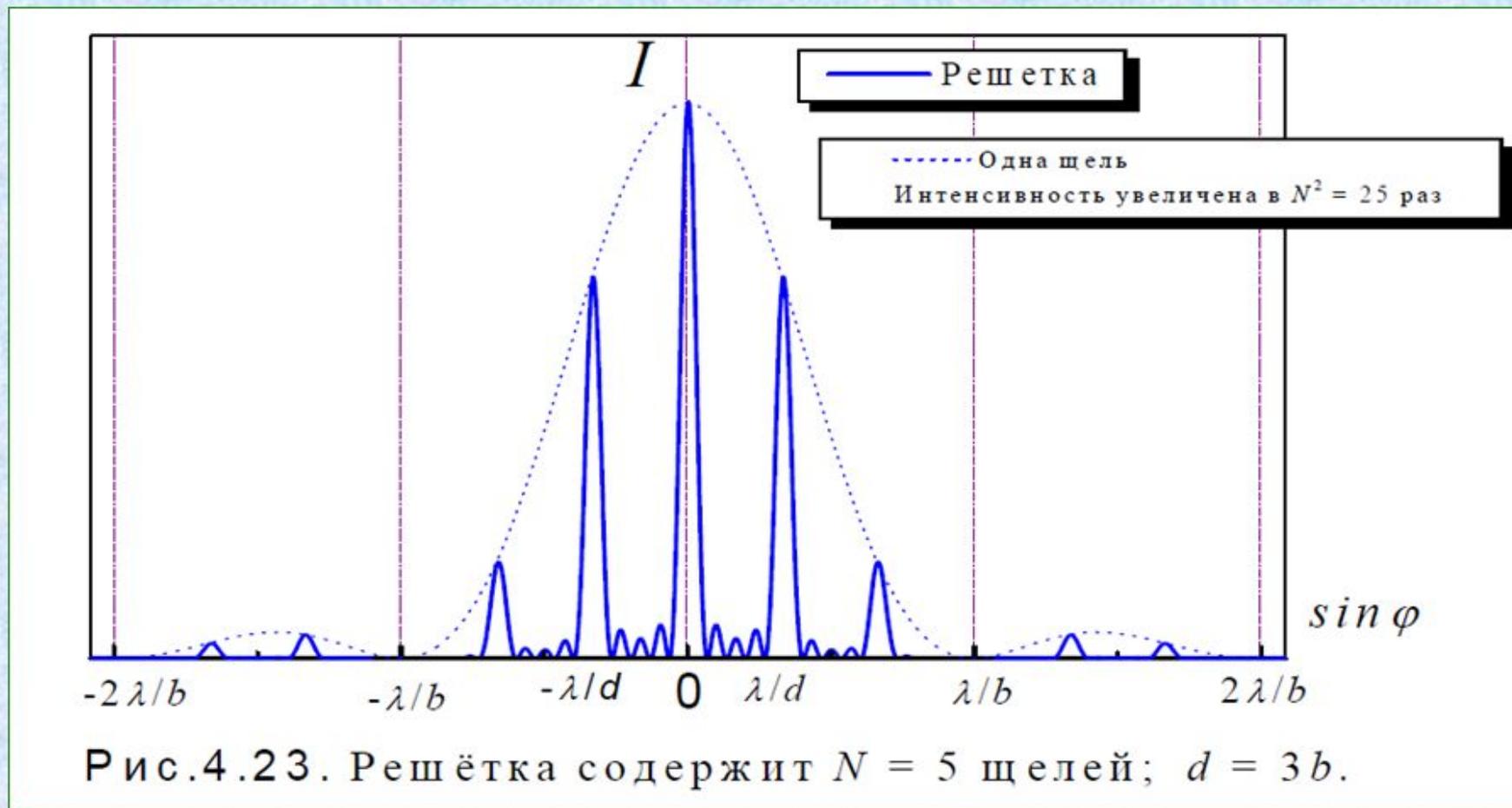
Условие главных минимумов:

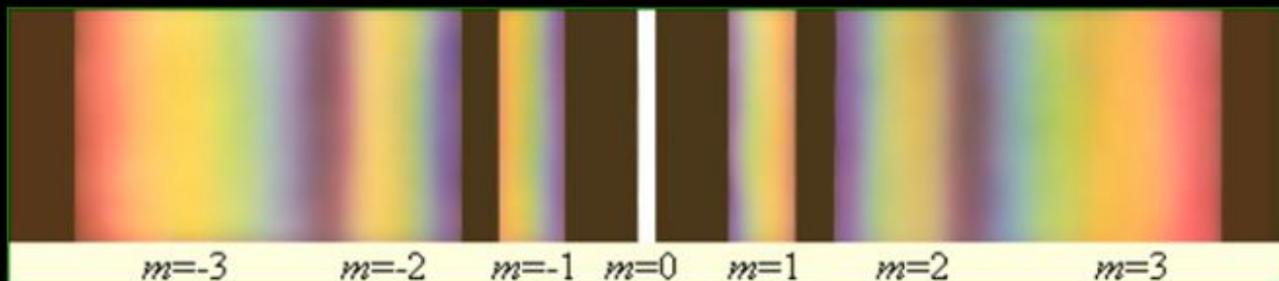
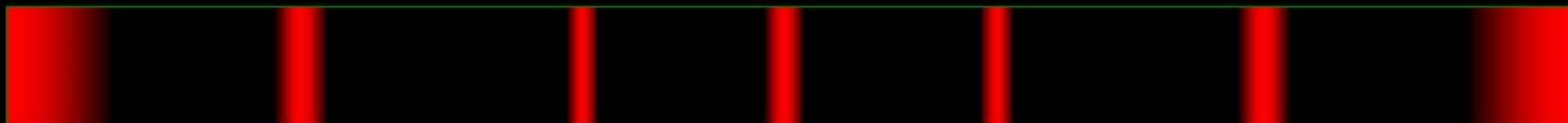
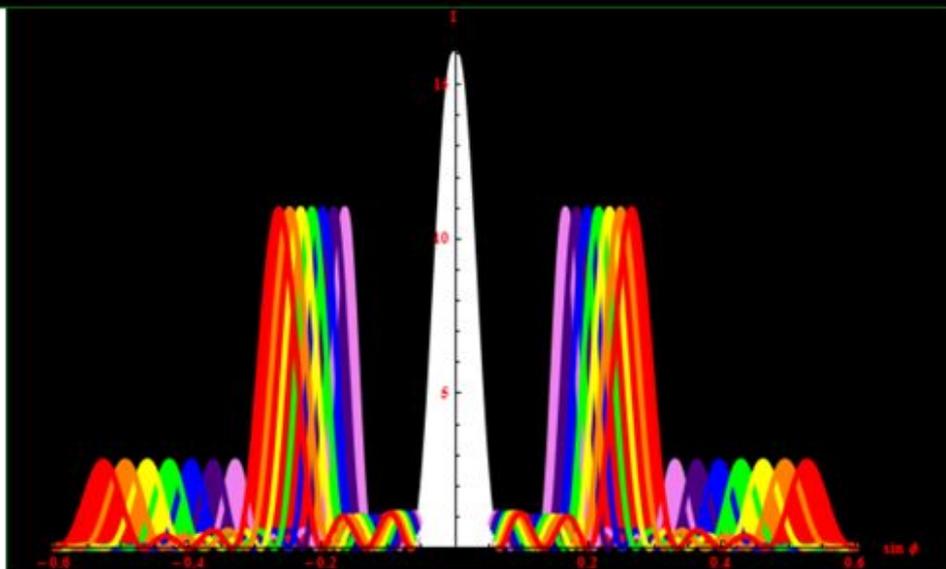
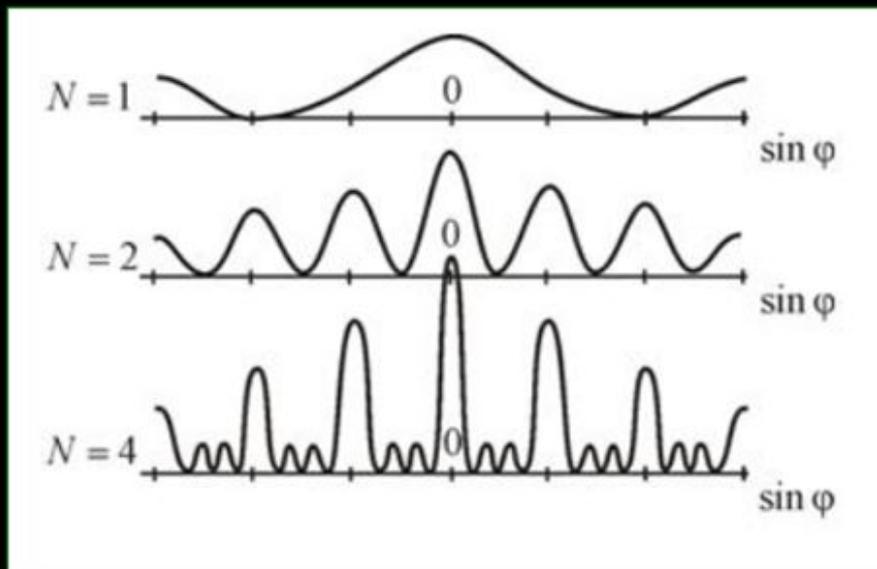
$$a \sin \varphi = \pm m \lambda$$

Условие дополнительных минимумов:

$$d \sin \varphi = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

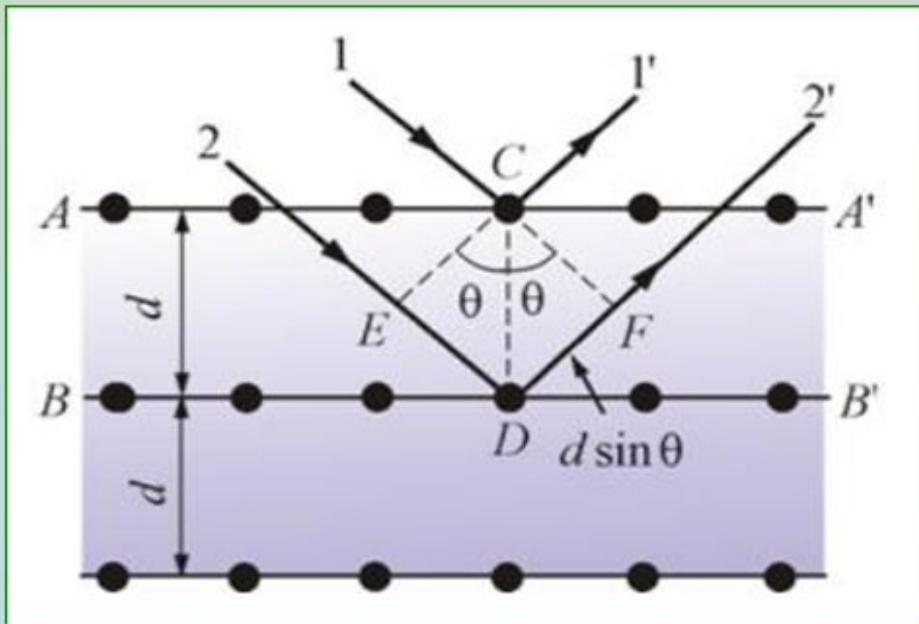
# Распределение интенсивности при дифракции на дифракционной решетке





# Пространственная дифракционная решетка

Пространственной, или трехмерной, дифракционной решеткой называется такая оптически неоднородная среда, в которой неоднородности периодически повторяются при изменении всех трех пространственных координат.

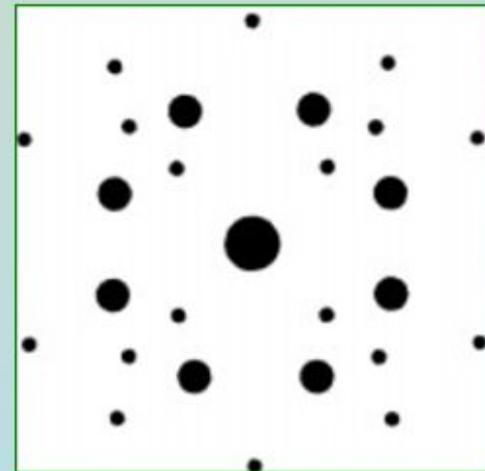


Условие Вульфа-Вреггов:

$$2d \sin \theta = m\lambda, \quad (m = 1, 2, 3, \dots).$$

$$\lambda \geq 2d$$

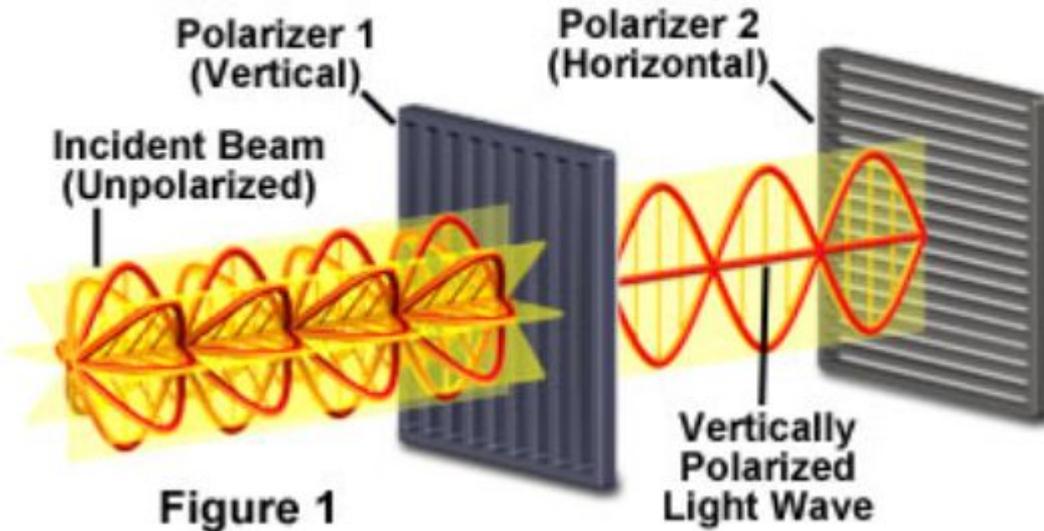
-условие оптической однородности кристалла





# Поляризация

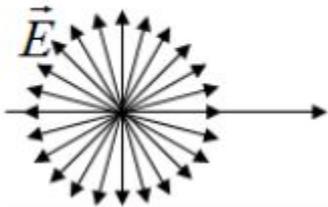
## Polarization of Light Waves



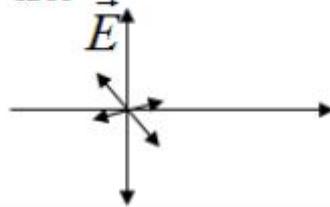
*Поляризованным* называется свет, в котором направления светового вектора упорядочены каким-либо образом.

*Частично-поляризованный* свет – в котором имеется преимущественное направление колебаний светового вектора и незначительная амплитуда в других направлениях.

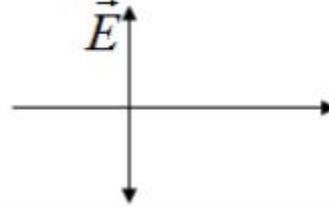
Естественный свет

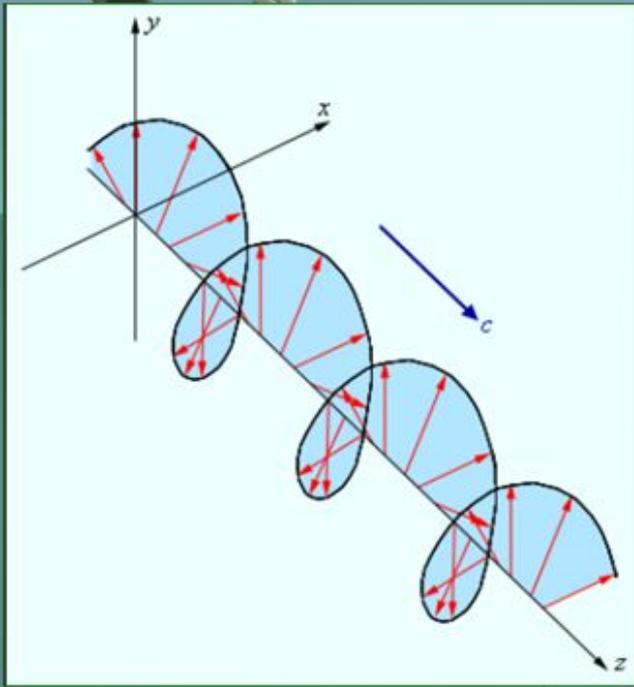


Частично поляризованный свет

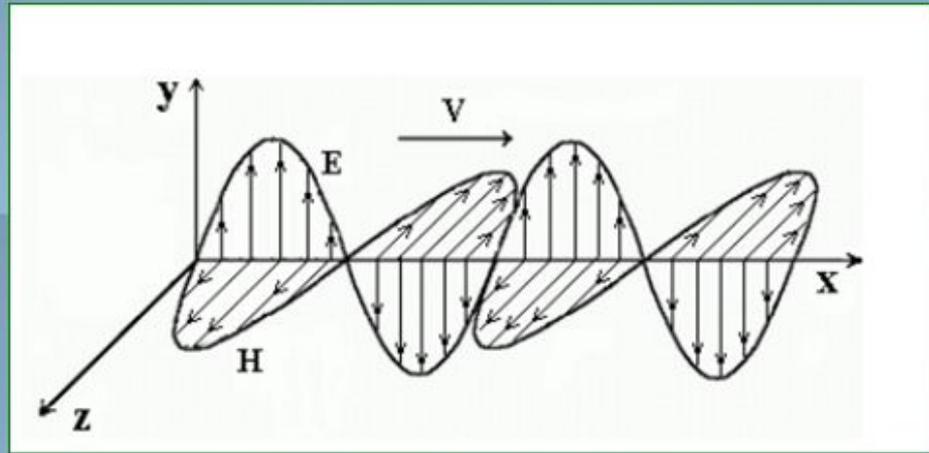


Плоско поляризованный свет





Круговая поляризация



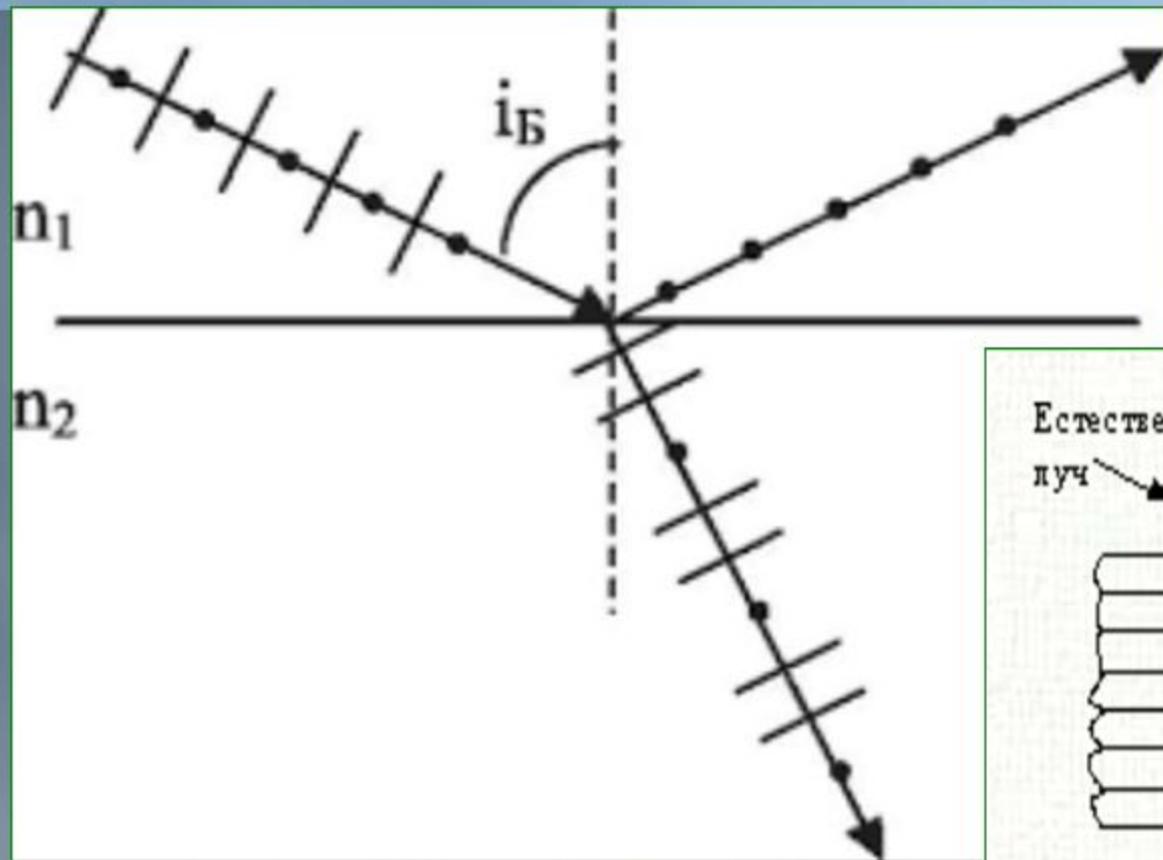
Линейно-поляризованный свет

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

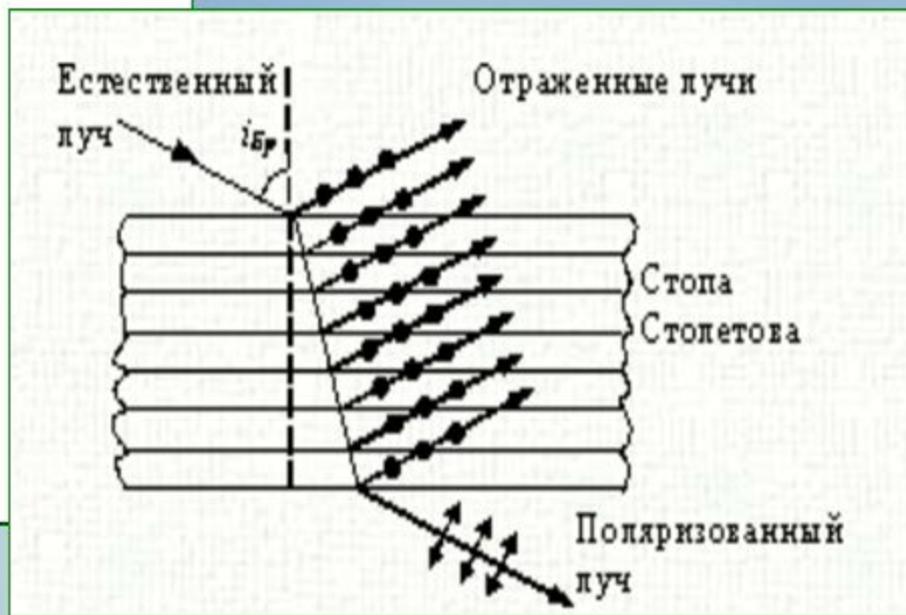
Степень поляризации света



# Закон Брюстера

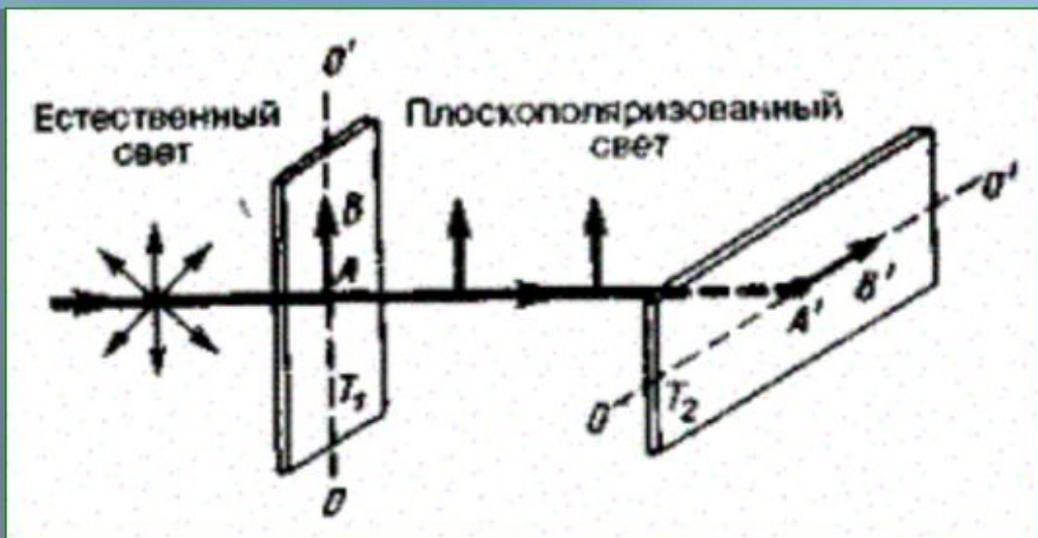


$$\operatorname{tg} i_{\text{Бр}} = \frac{n_2}{n_1}$$

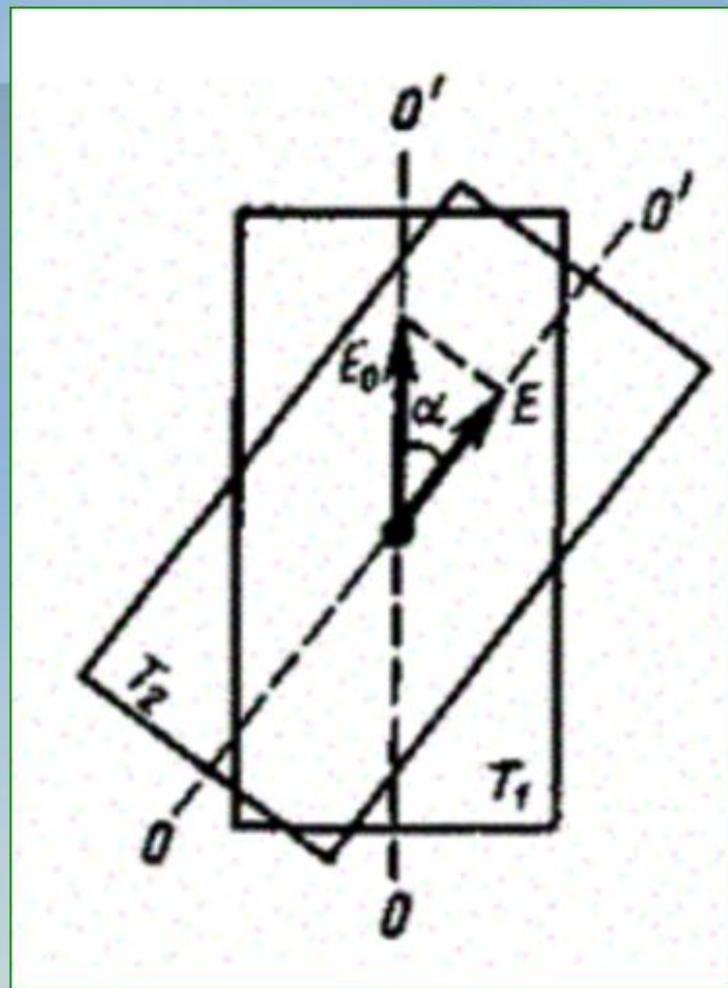


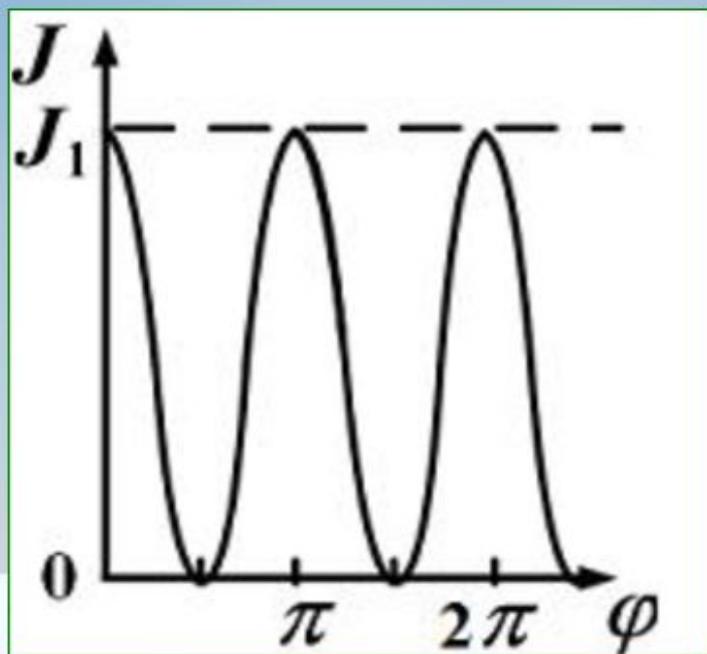
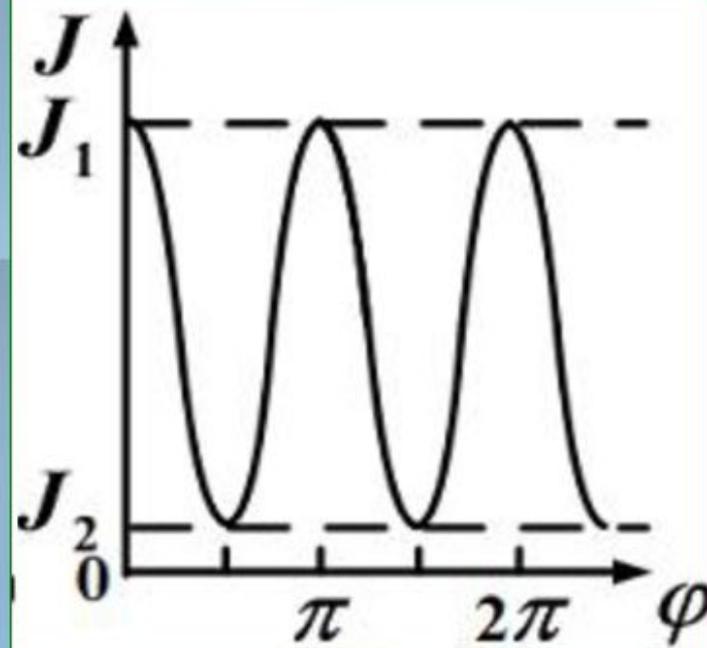
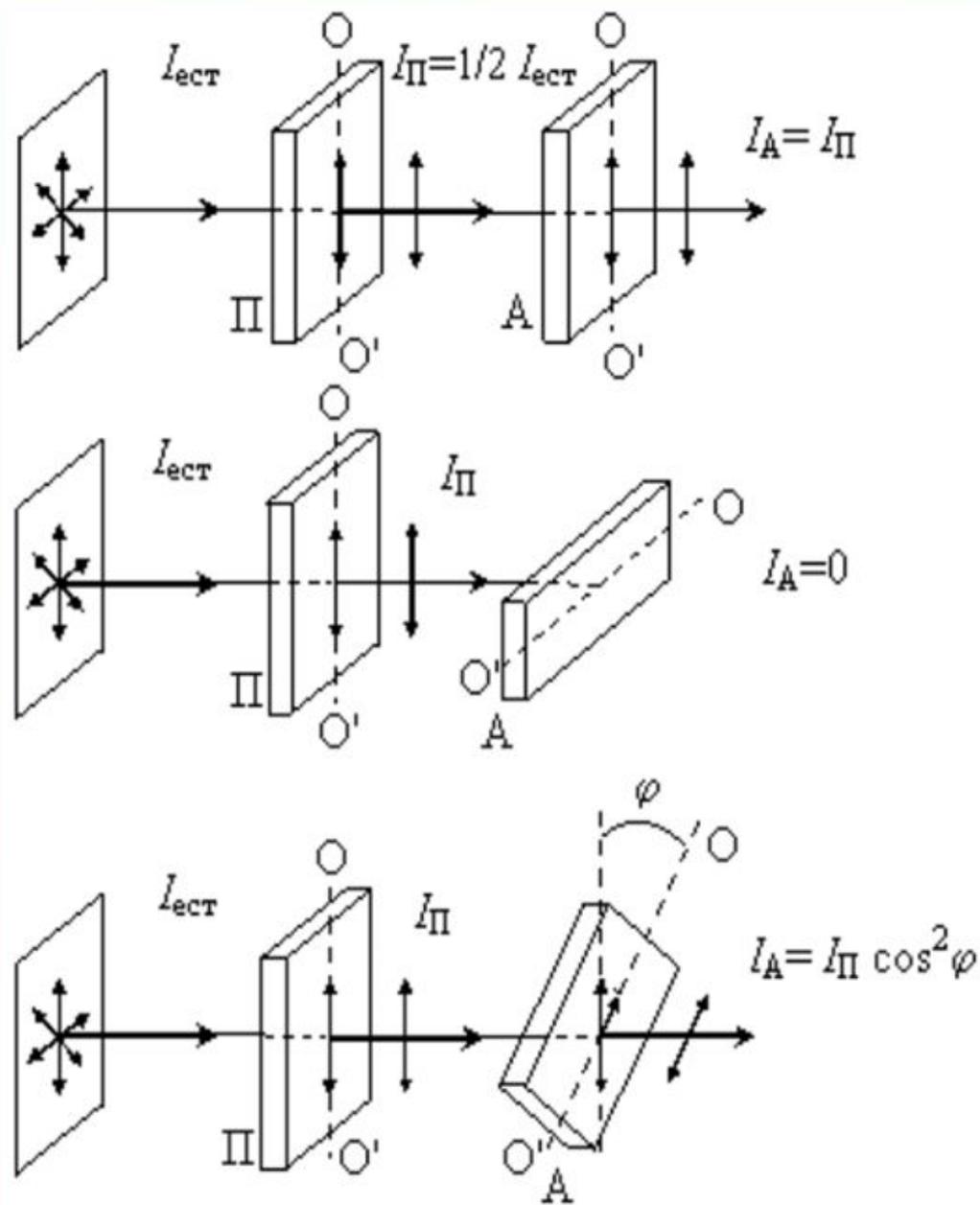


# Закон Малюса



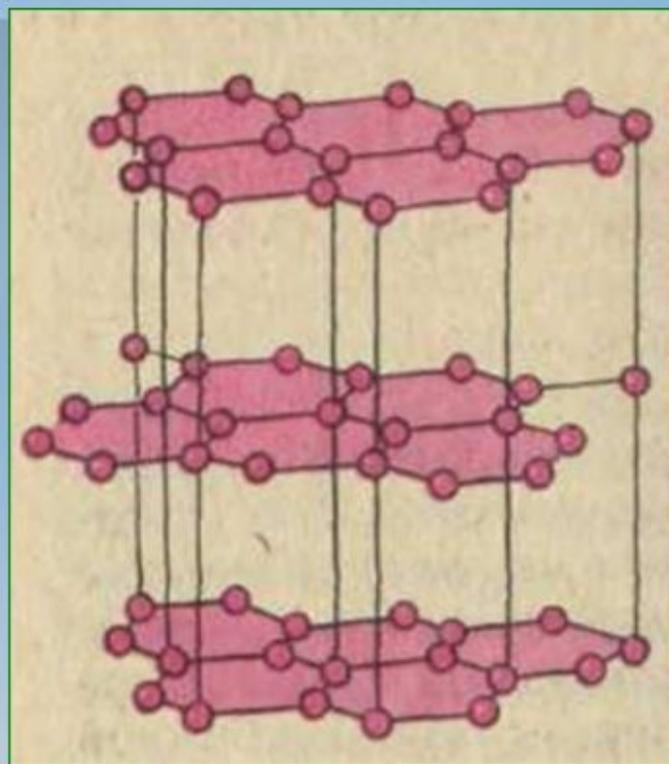
$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$







# Двойное лучепреломление



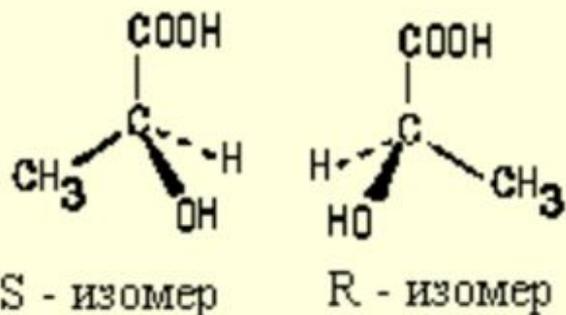
*Оптически анизотропные среды – вещества, обладающие различными оптическими свойствами в разных направлениях (кристаллы, кроме кристаллов кубической формы).*







# Оптически активные вещества



+ 2,6°

-2,6°

$$\varphi = [\alpha] C d$$

*Оптически активные вещества – вещества, способные вращать плоскость поляризации поляризованного света.*

Таблица 33.16. Удельное вращение кристаллов [2]

Кристалл	Формула	Класс	Длина волны, нм	$[\alpha]$ , град/мм
Лития-калия сульфат	KLiSO <sub>4</sub>	C <sub>6</sub>	589	±3,43
			Кварц	SiO <sub>2</sub>
			486,1	32,761
			589,3	21,724
			656,3	17,320
Киноварь	HgS	D <sub>3</sub>	687	325
Натрия хлорат	NaClO <sub>3</sub>	T	556	±1,42
Сахар	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	C <sub>2</sub>	589	1,6—5,4*1
Сегнетова соль	KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ·4H <sub>2</sub> O	D <sub>2</sub>	589	-1,4

