

Лекция 7

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Содержание:

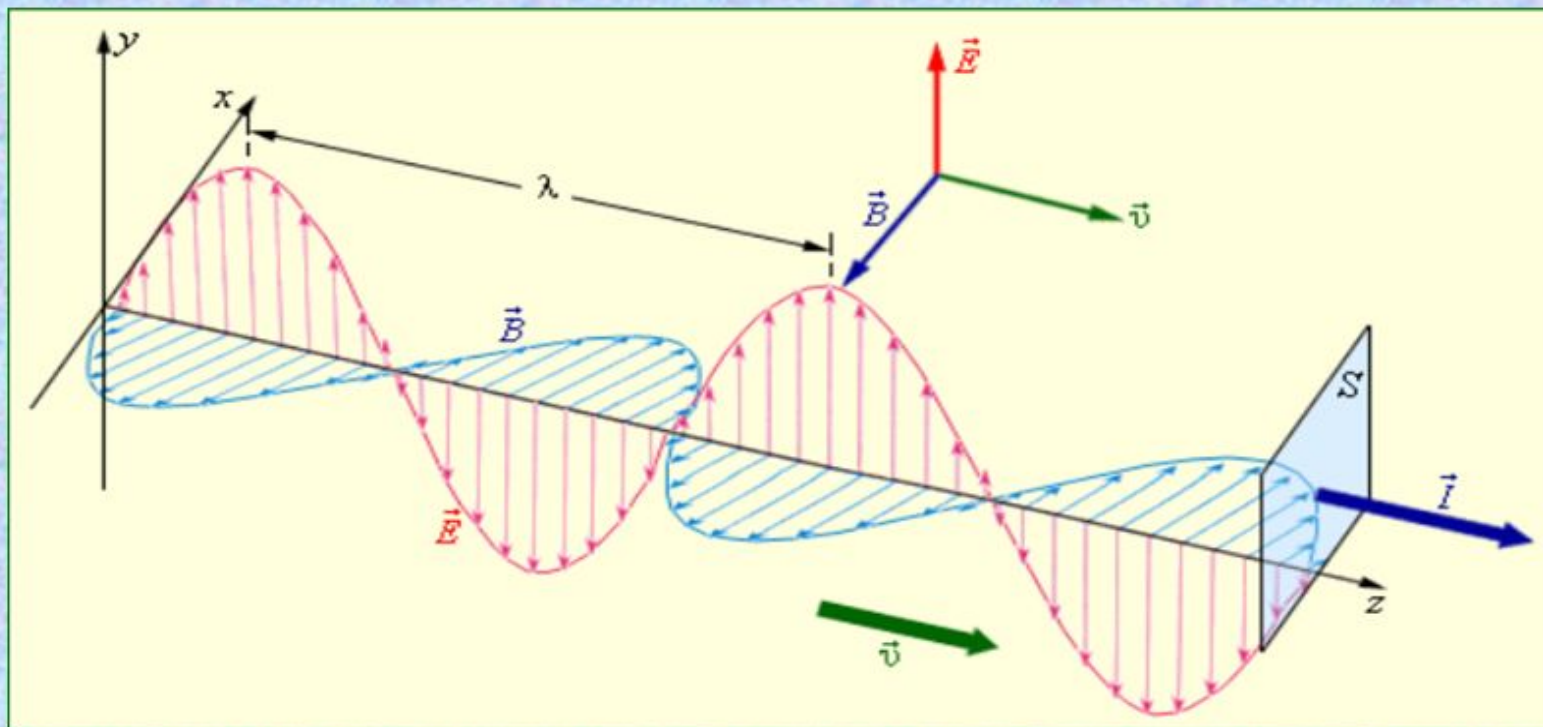
- 1) Свет как электромагнитная волна
- 2) Когерентность
- 3) Интерференция световых волн
- 4) Интерферометр Майкельсона
- 5) Принцип Гюйгенса-Френеля
- 6) Дифракция света
- 7) Рентгеноструктурный анализ
- 8) Поляризация света
- 9) Закон Брюстера
- 10) Закон Малюса
- 11) Двойное лучепреломление
- 12)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



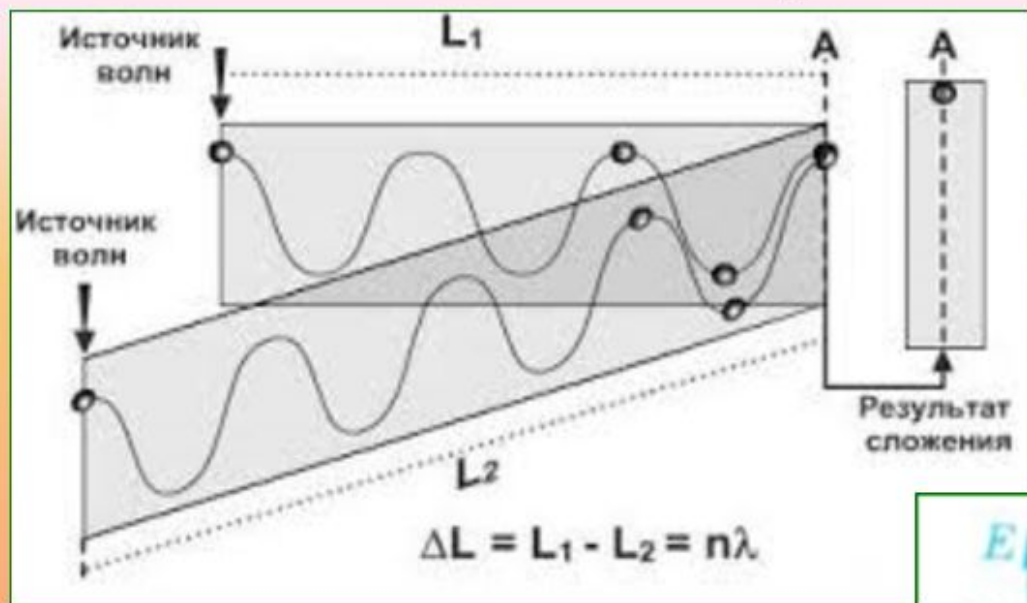
$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

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

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

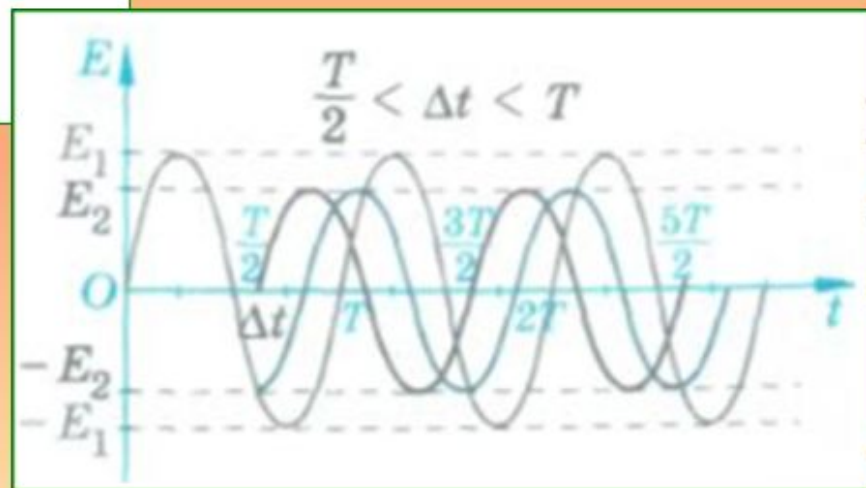


Когерентность

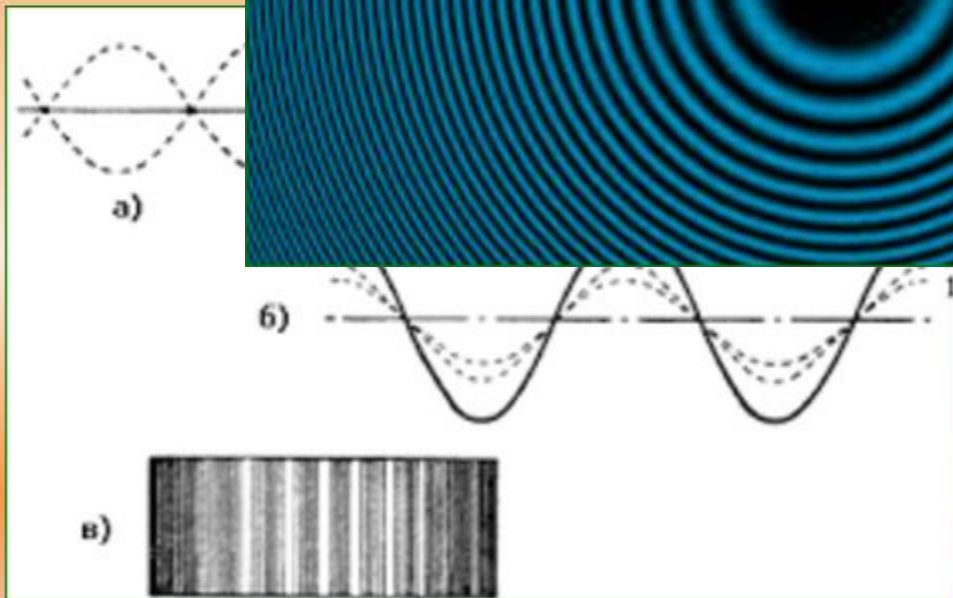
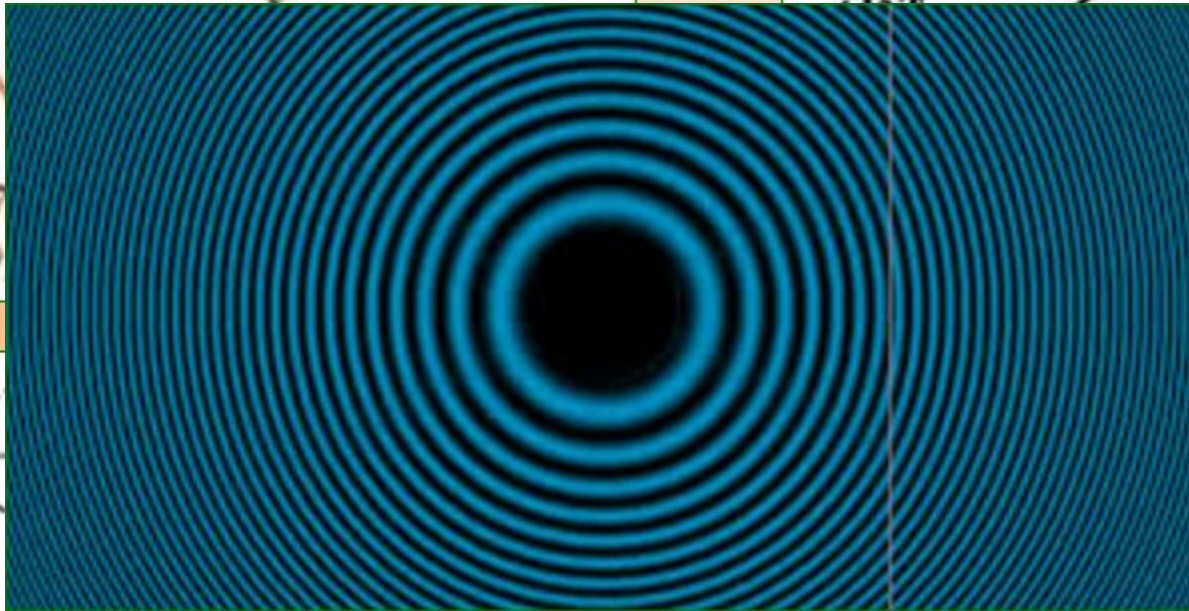
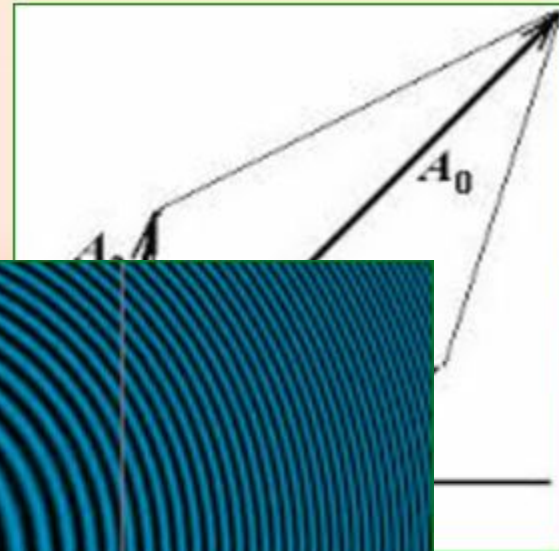
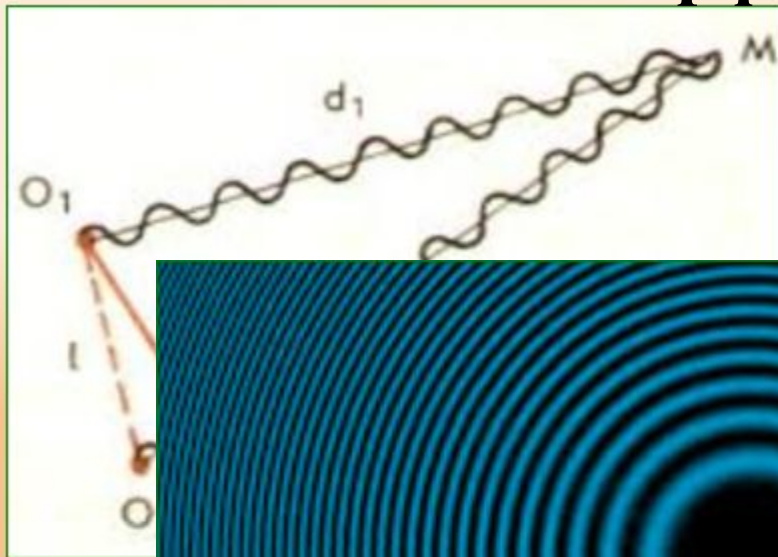


Когерентность – согласованное протекание во времени и пространстве колебательных или волновых процессов. Необходимое условие интерференции.

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.

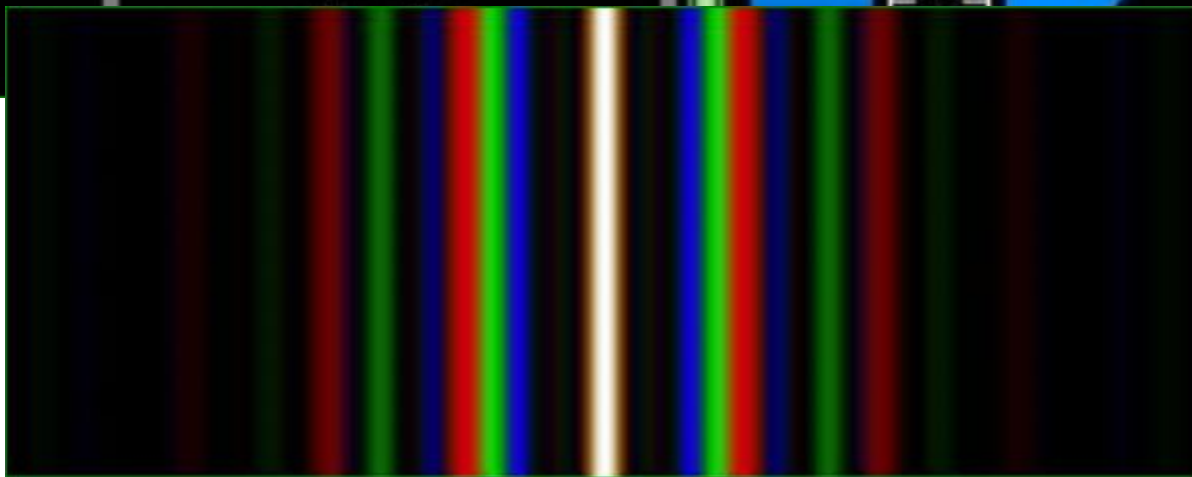
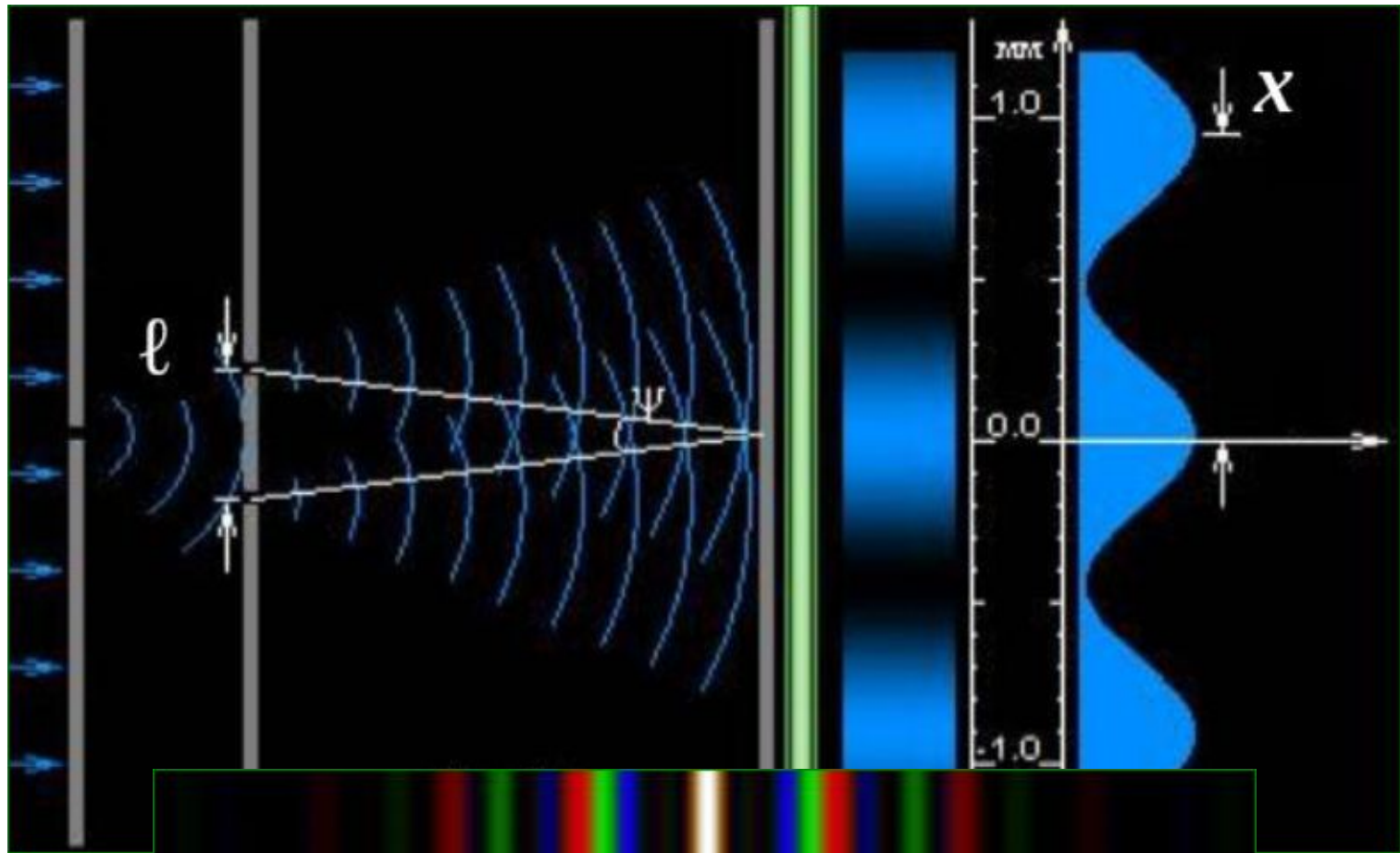
Условие максимумов и минимумов интерференции

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

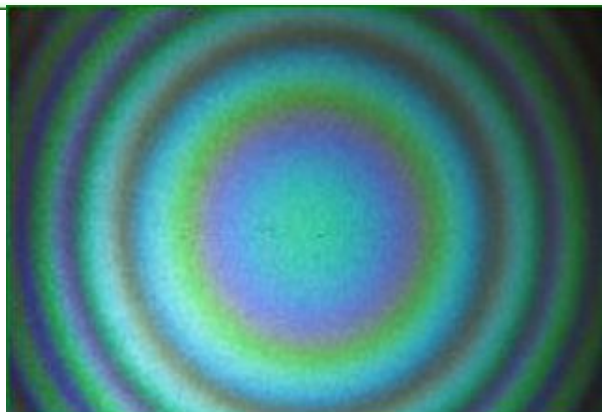
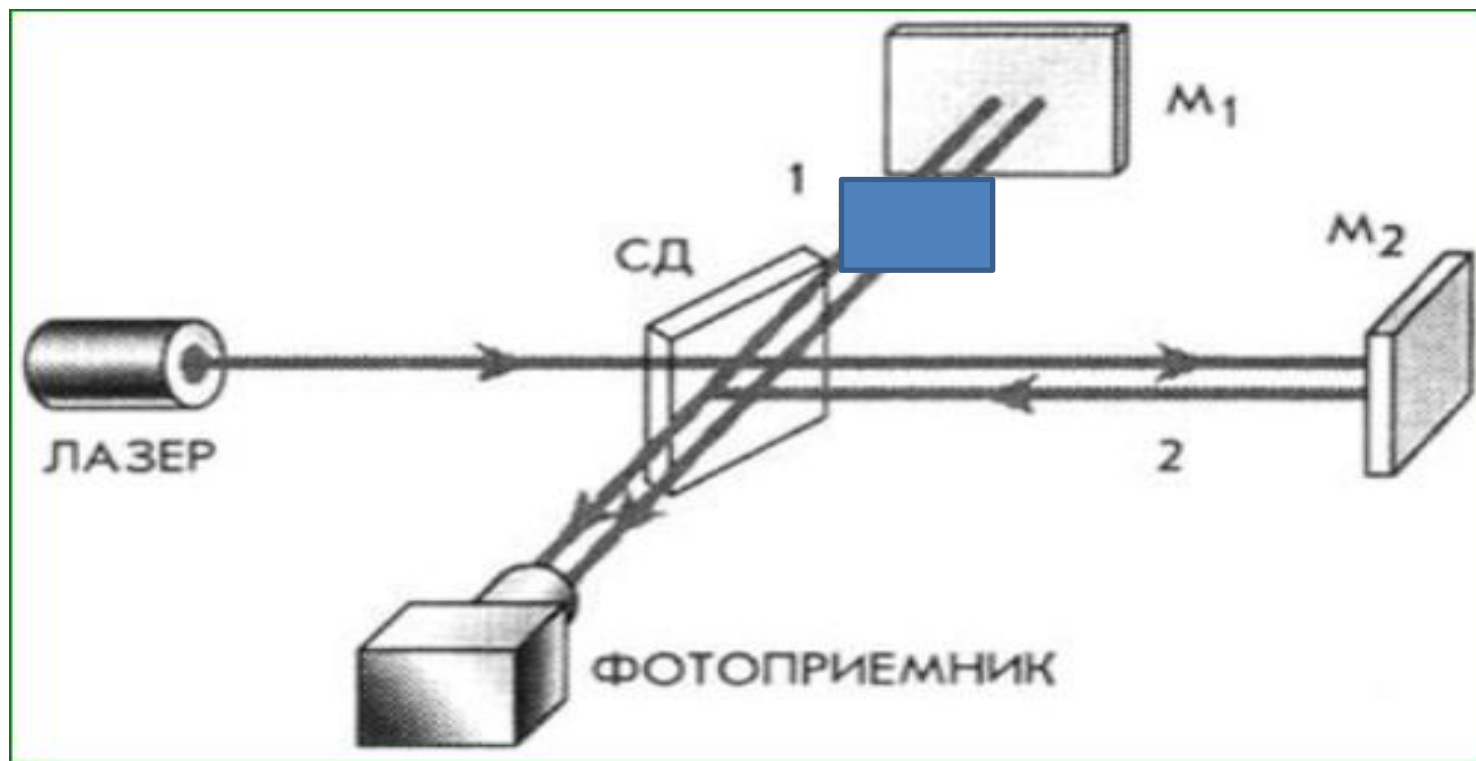
$$\Delta = \frac{\lambda}{2} 2k, \quad k = 1, 2, 3 \dots$$

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

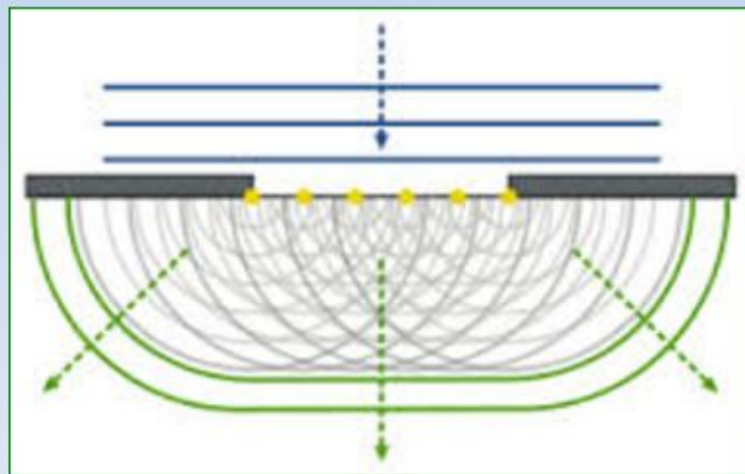
$$\Delta = \frac{\lambda}{2} (2k + 1), \quad k = 1, 2, 3 \dots$$



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

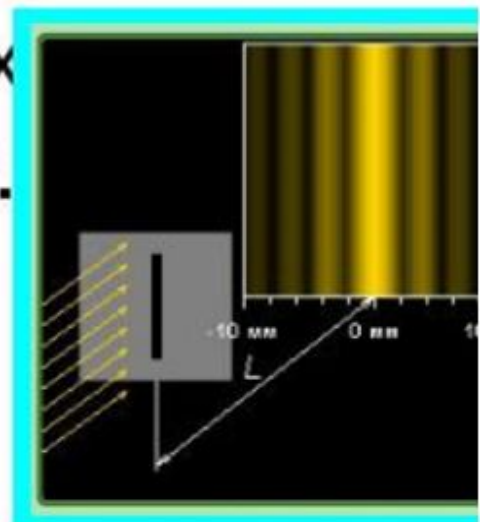
- приводит к огибанию световыми волнами препятствий и проникновению света в область геометрической тени. При этом образуется интерференционная картина. Т.е. дифракция света сопровождается интерференцией.

Интерферируют волны, обогнувшие препятствие .

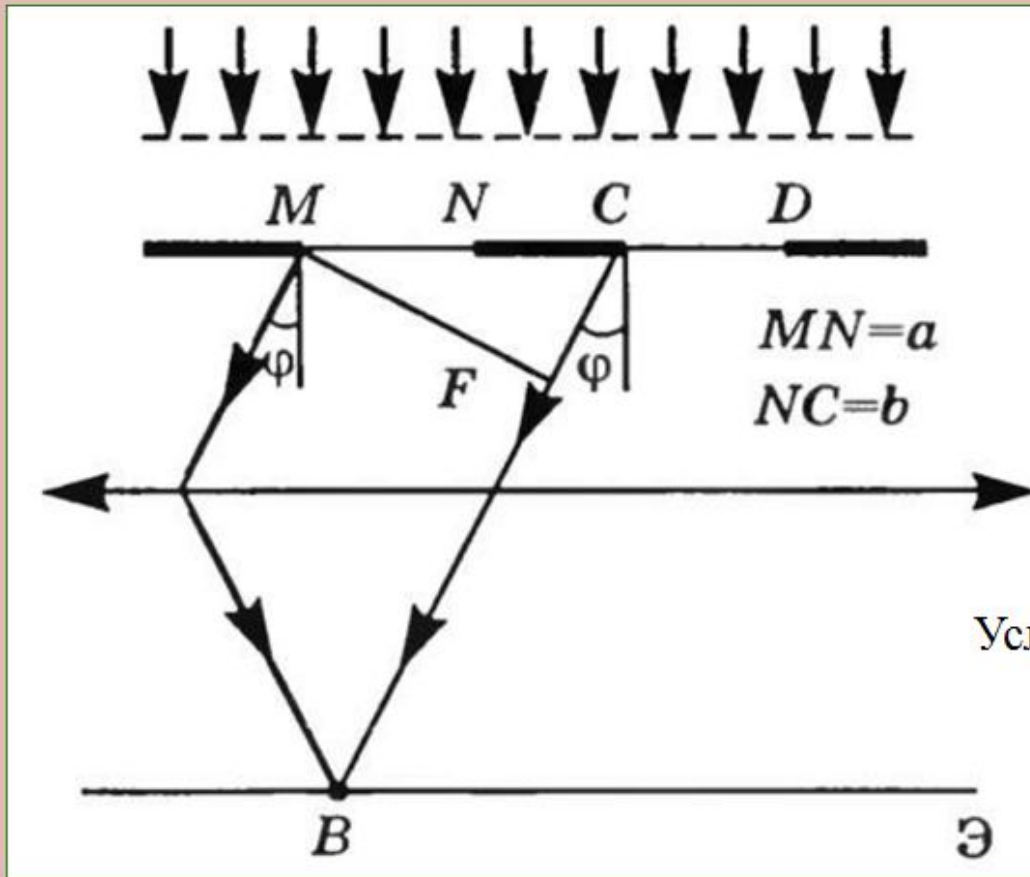


- **Дифракционная картина** – система чередующихся светлых и темных колец, если препятствие круг или отверстие.

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:

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

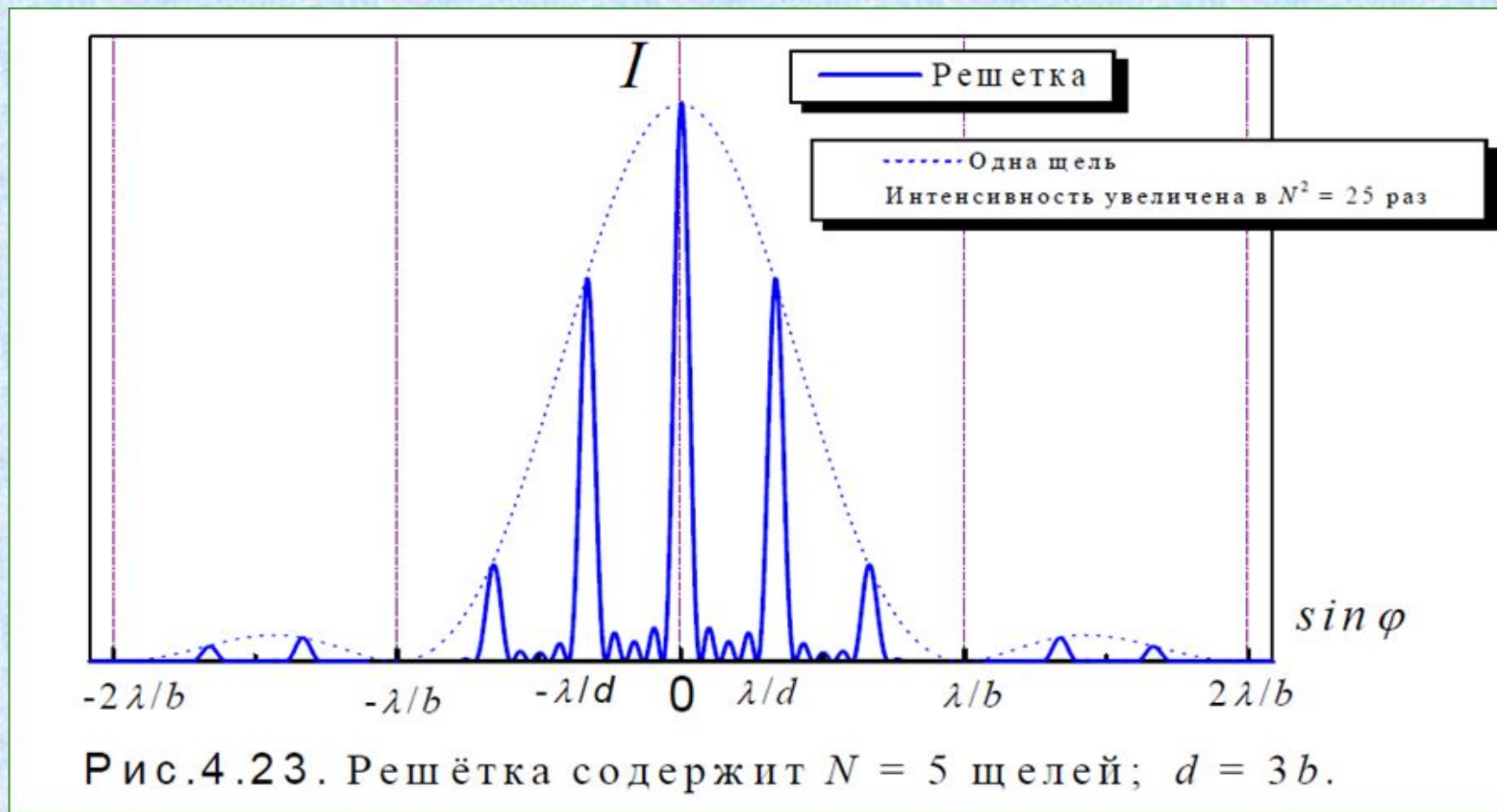
Условие главных минимумов:

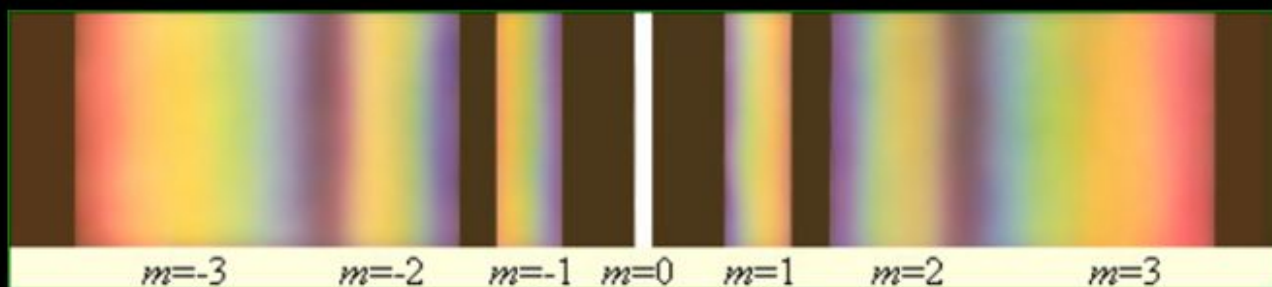
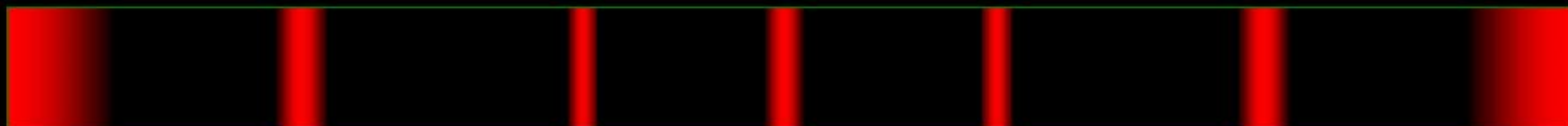
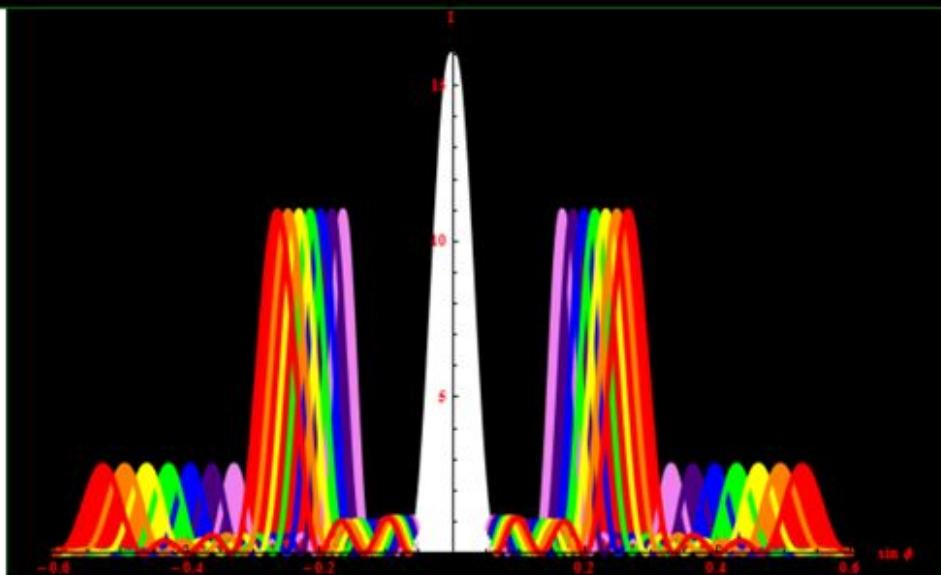
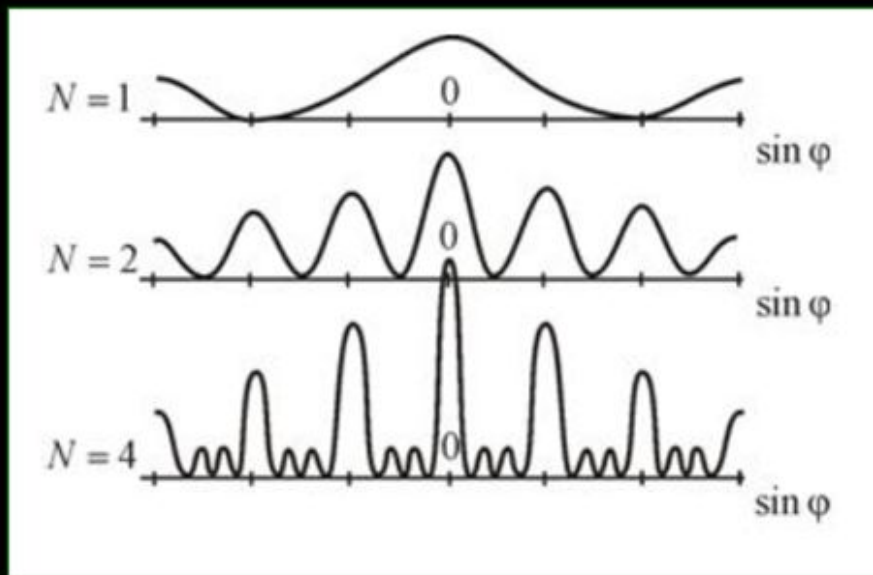
$$a \sin \varphi = \pm m \lambda$$

Условие дополнительных минимумов:

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

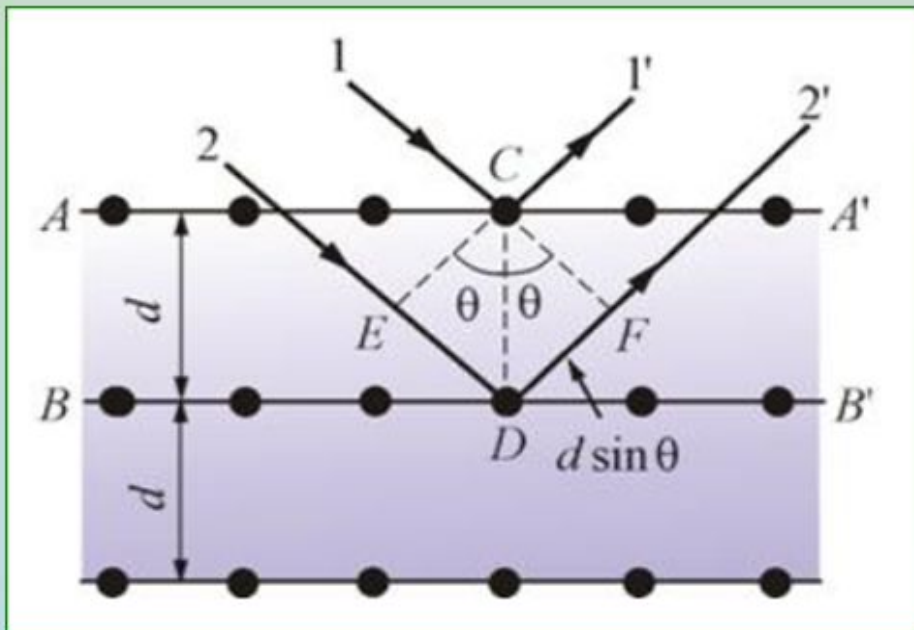
Распределение интенсивности при дифракции на дифракционной решетке





Пространственная дифракционная решетка

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

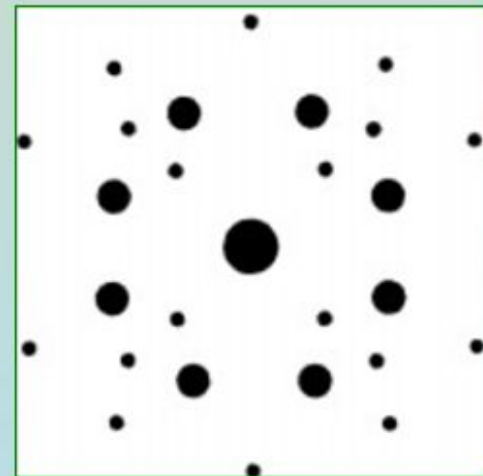


Условие Вульфа-Вреггов:

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

$$\lambda \geq 2d$$

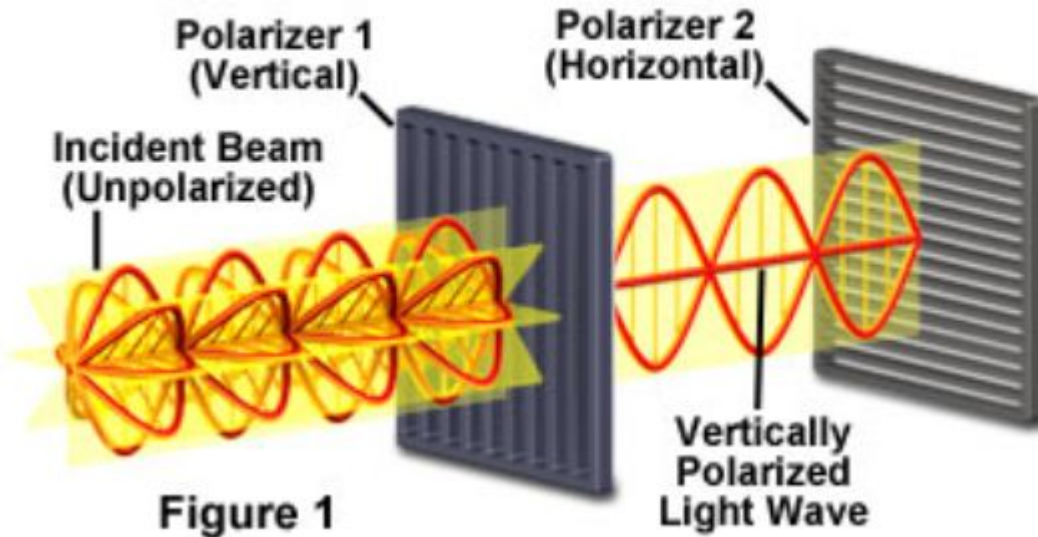
-условие оптической однородности кристалла





Поляризация

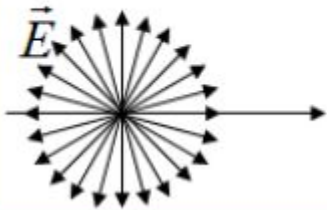
Polarization of Light Waves



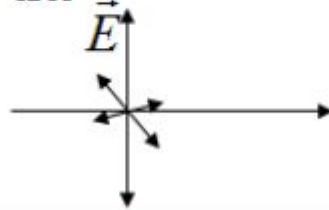
Поляризованным называется свет, в котором направления светового вектора упорядочены каким-либо образом.

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

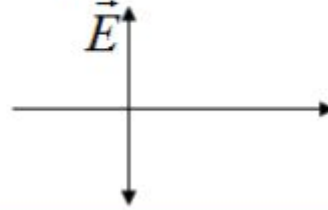
Естественный свет

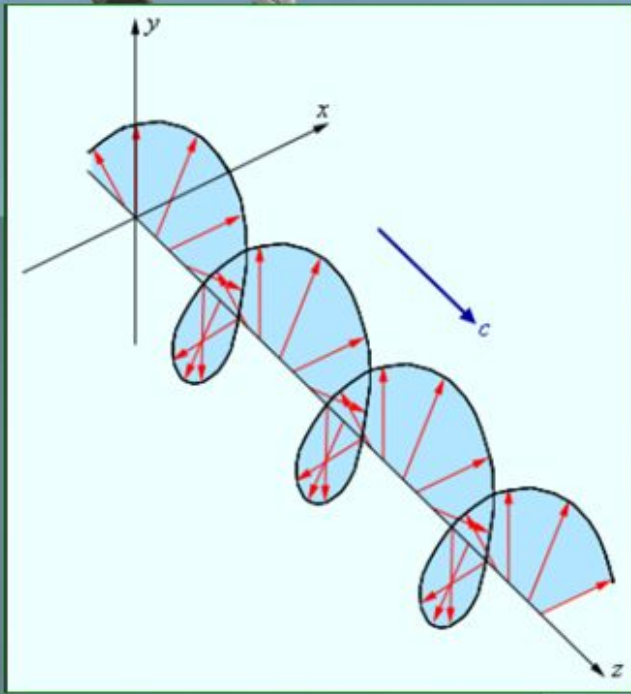


Частично поляризованный свет

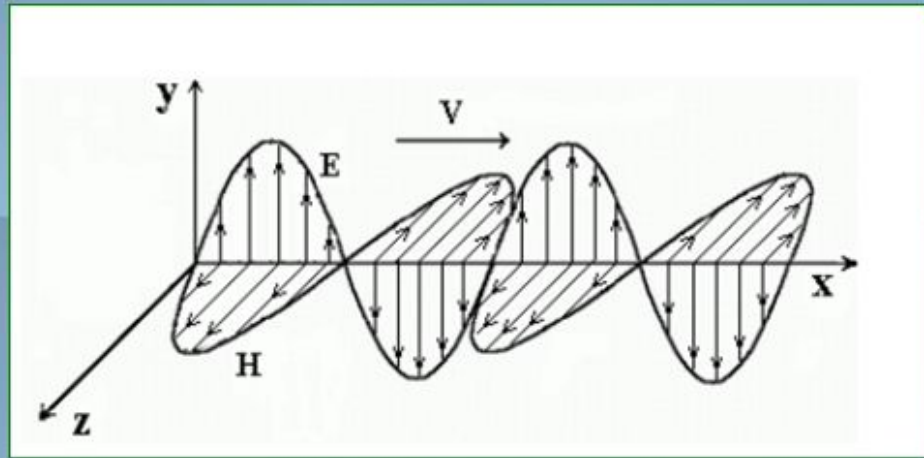


Плоско поляризованный свет





Круговая поляризация



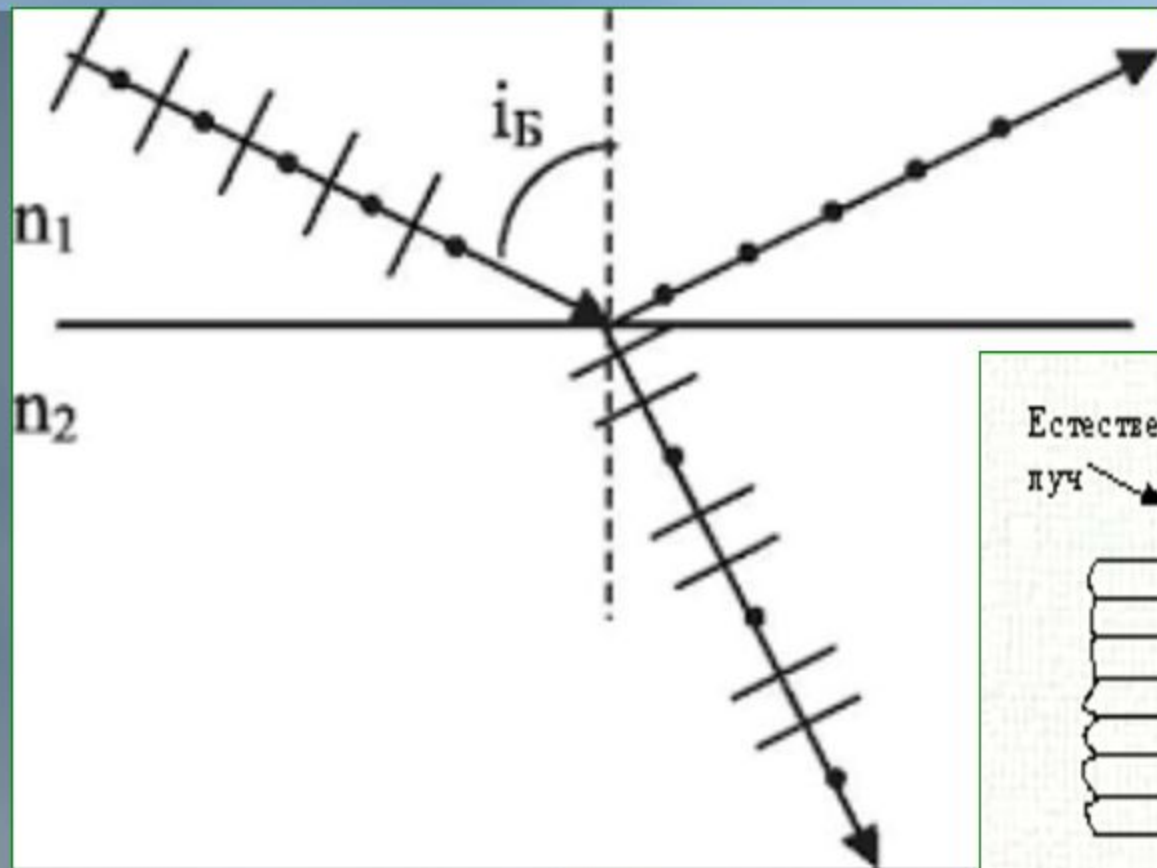
Линейно-поляризованный свет

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

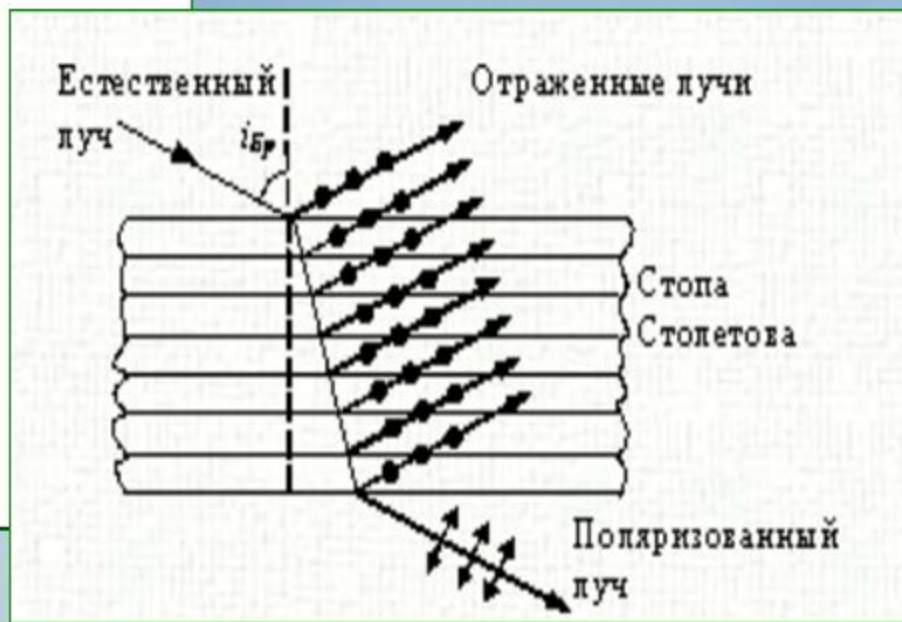
Степень поляризации света



Закон Брюстера

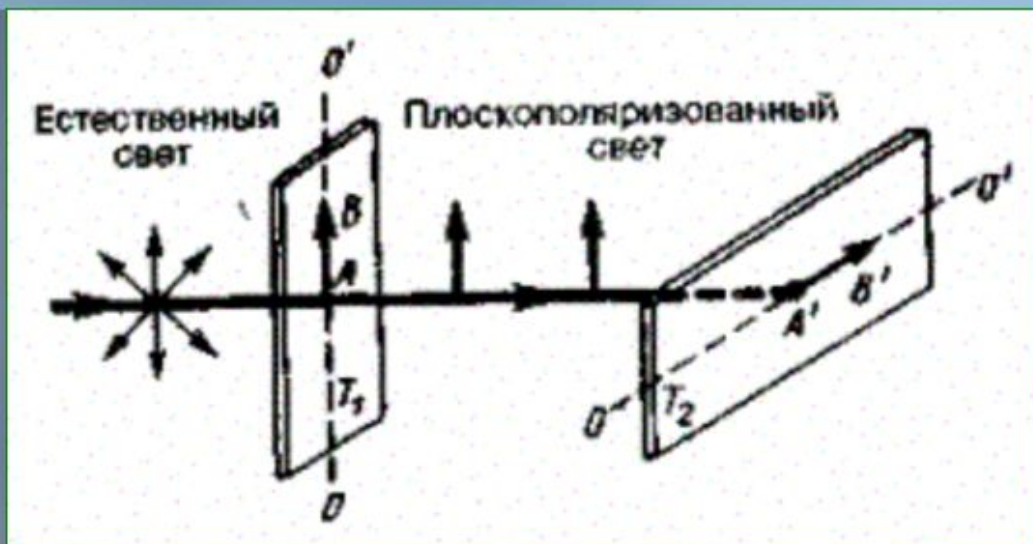


$$\operatorname{tg} i_{\text{Бр}} = \frac{n_2}{n_1}$$

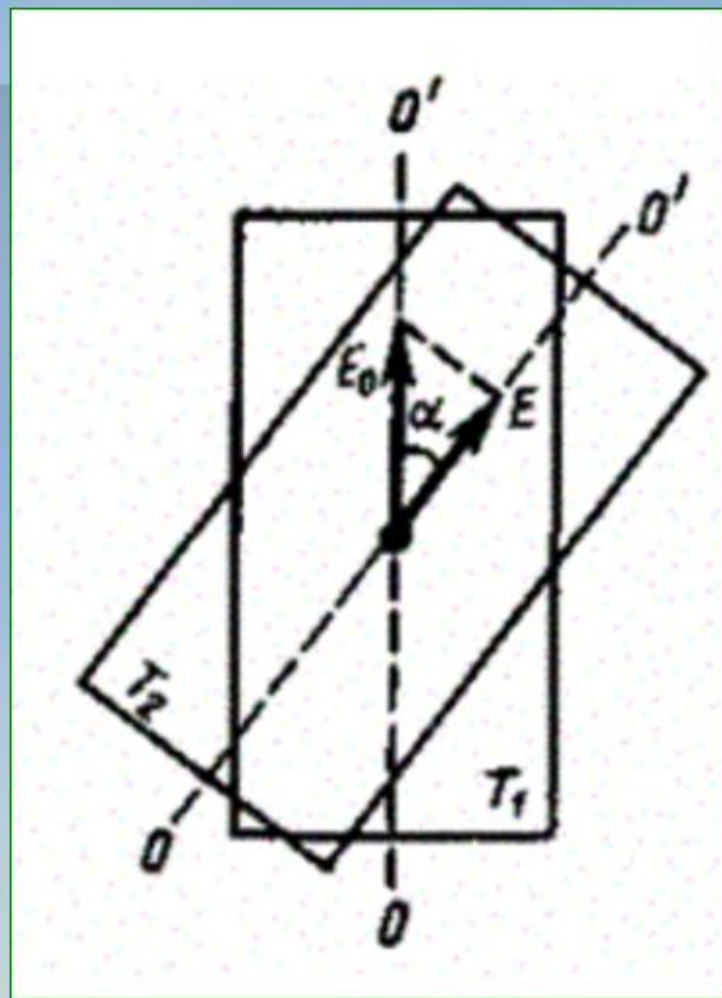


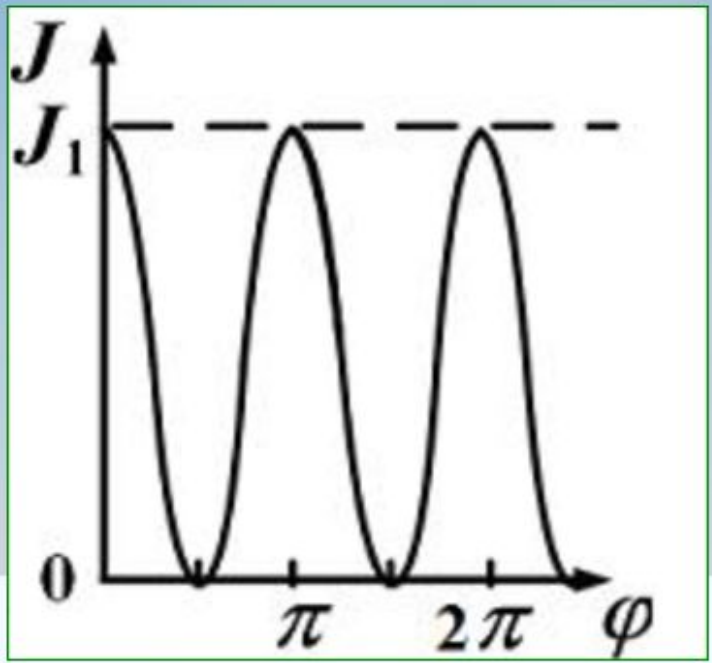
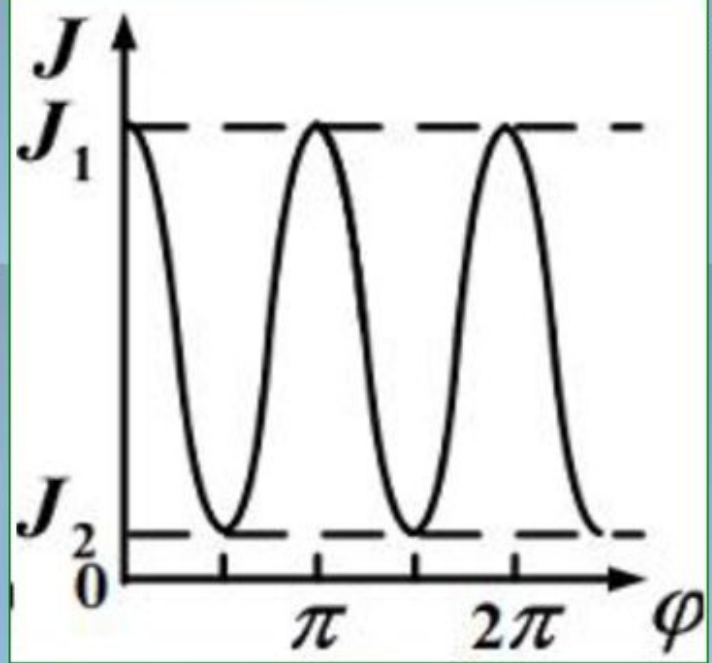
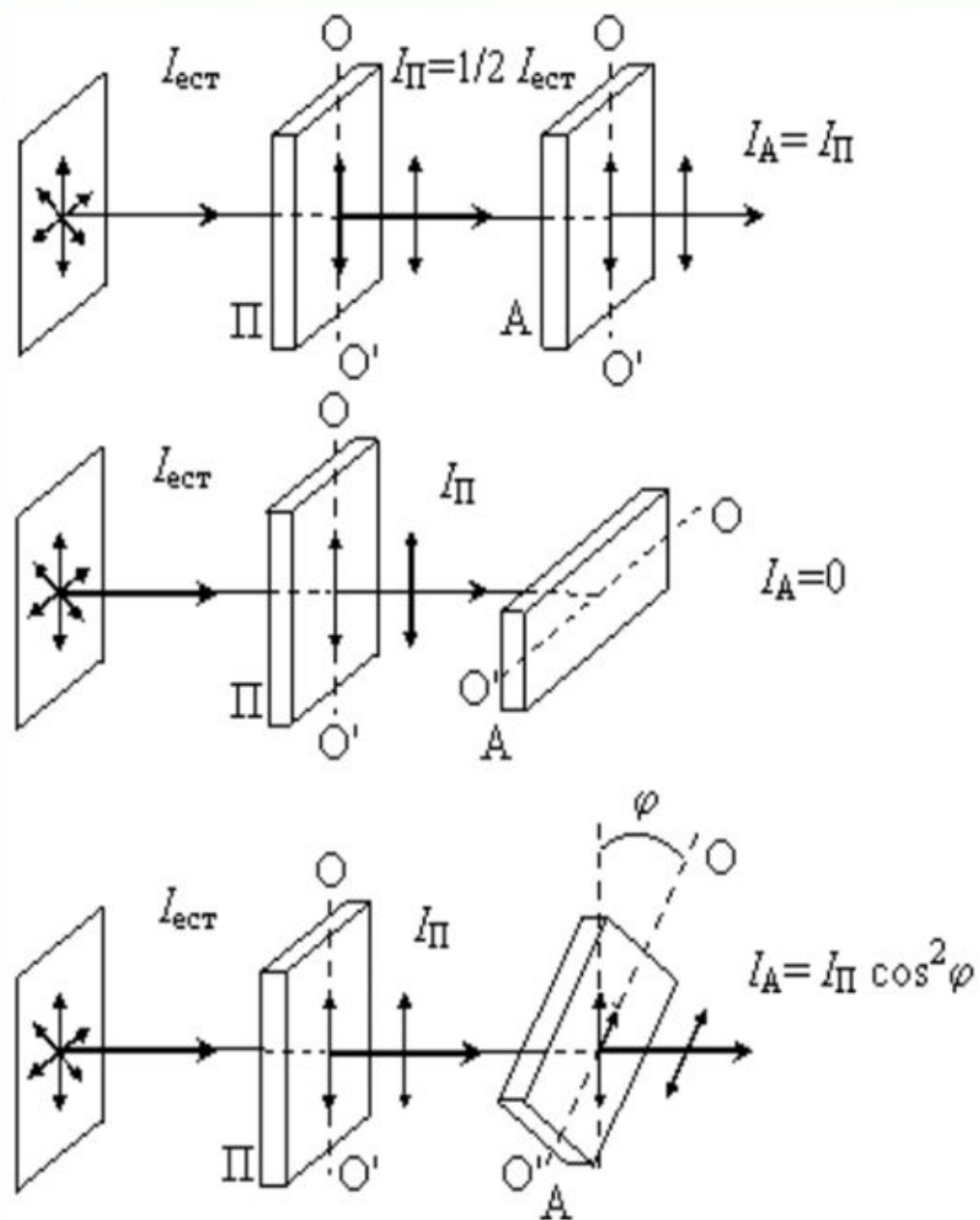


Закон Малюса



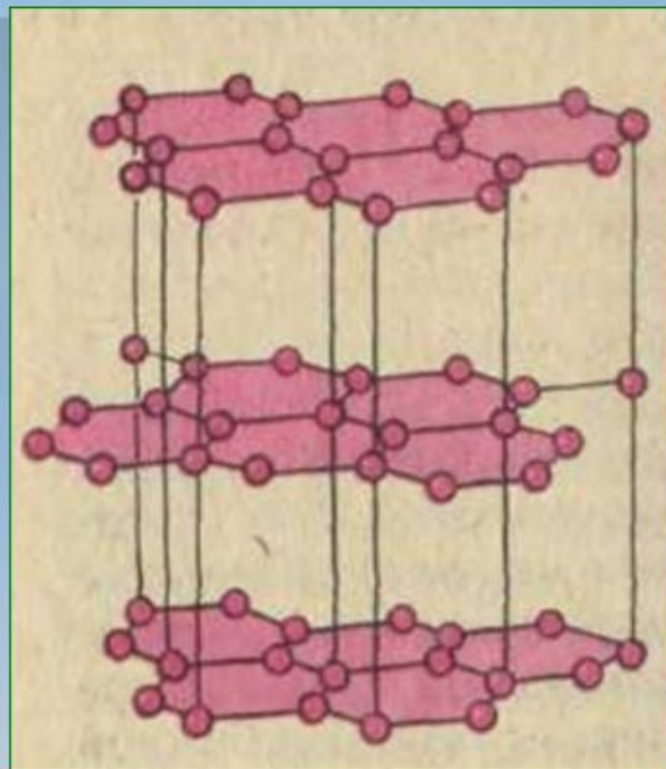
$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$



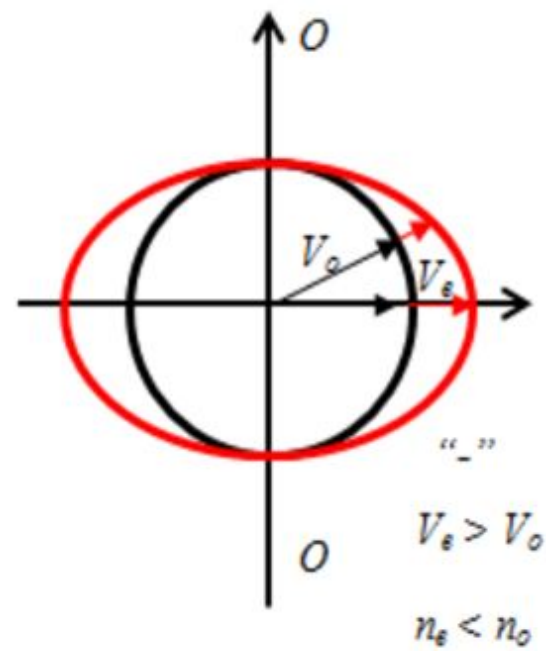
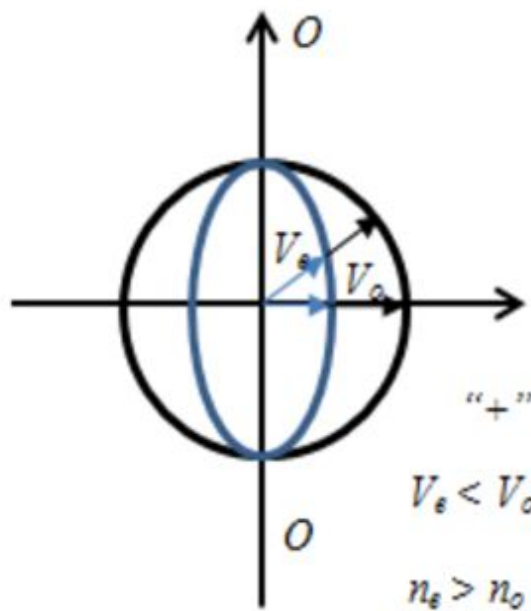
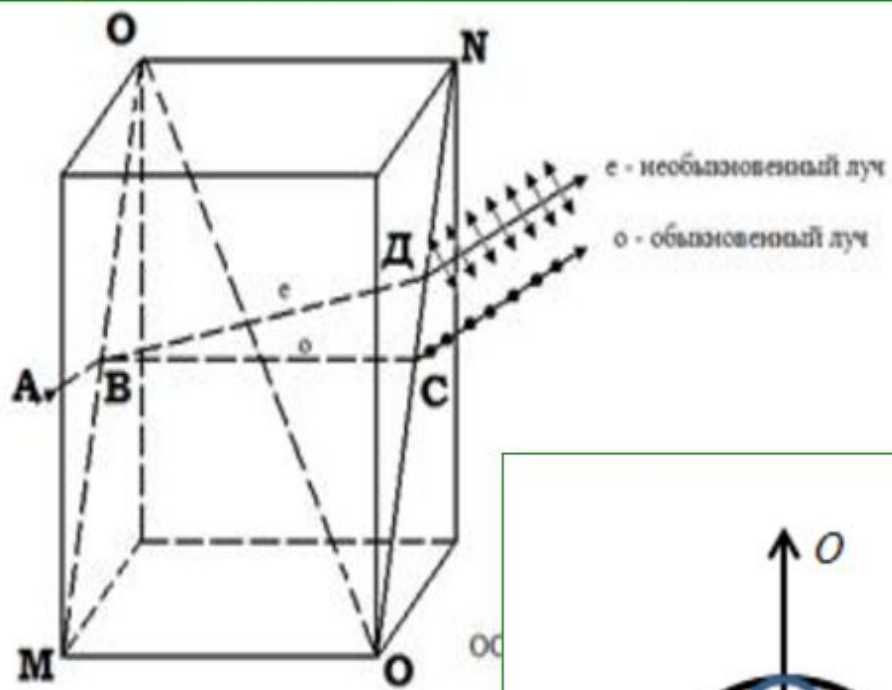




Двойное лучепреломление

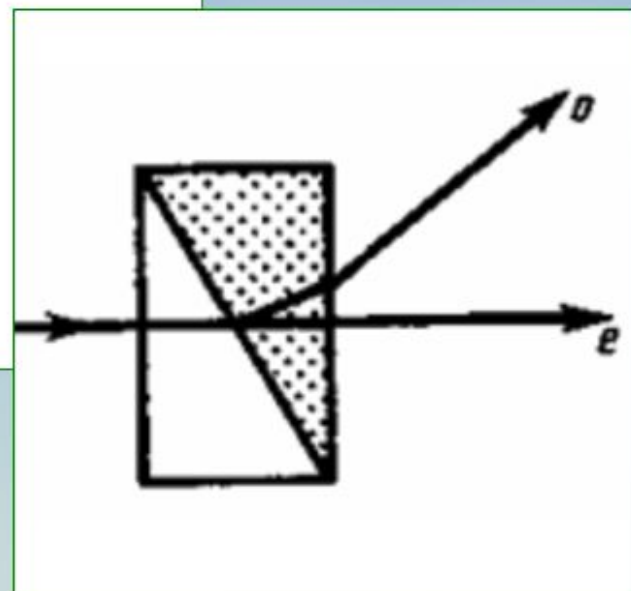
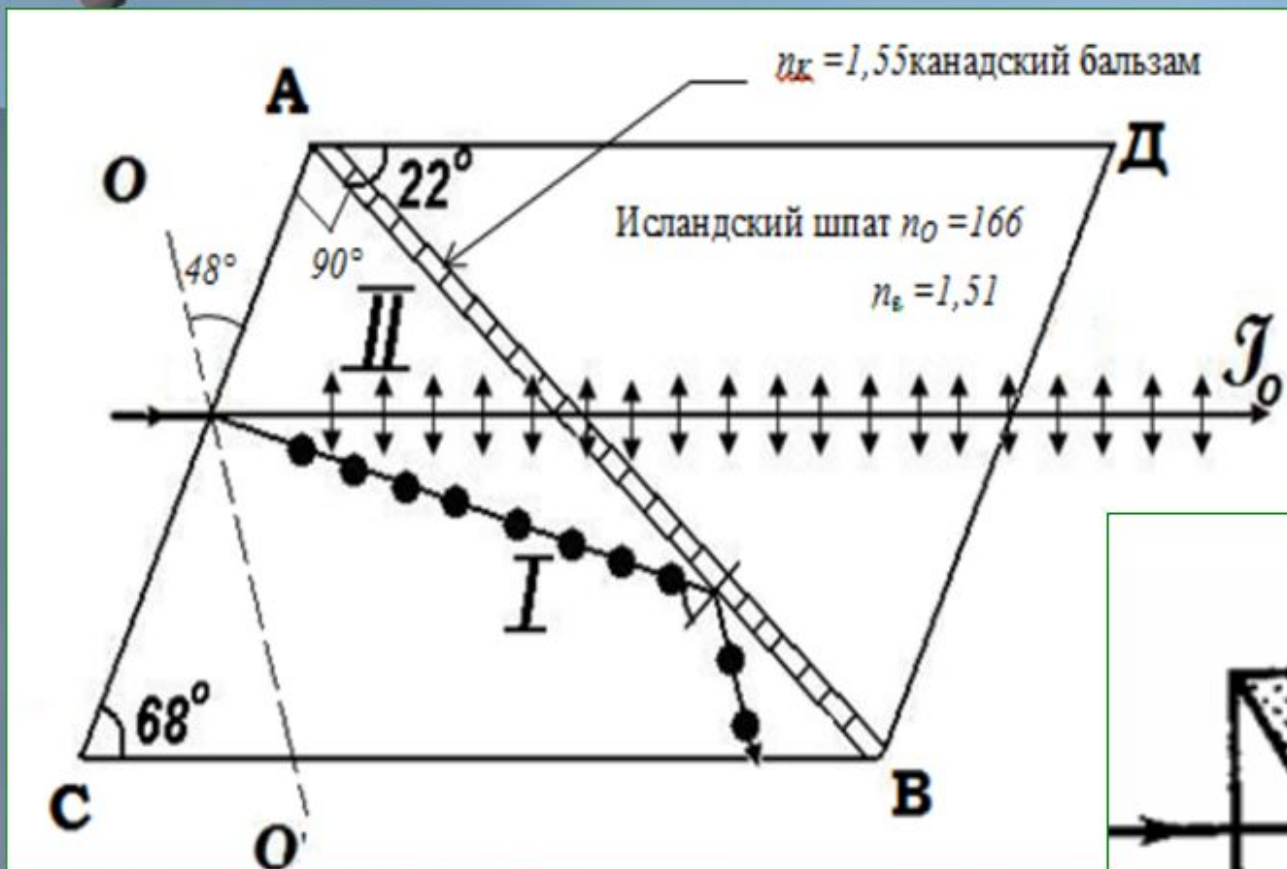


Оптически анизотропные среды – вещества, обладающие различными оптическими свойствами в разных направлениях (кристаллы, кроме кристаллов кубической формы).



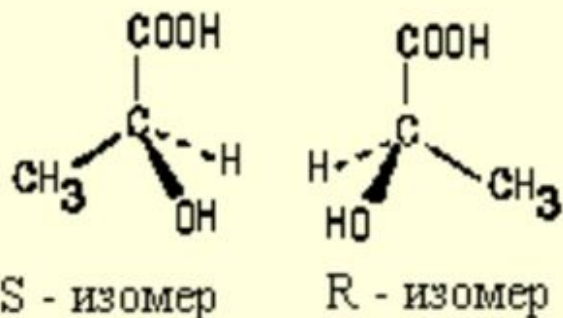


Призма Николя





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 ₄	C ₆	589	±3,43
			Кварц	SiO ₂
			486,1	32,761
			589,3	21,724
			656,3	17,320
Киноварь	HgS	D ₃	687	325
Натрия хлорат	NaClO ₃	T	556	±1,42
Сахар	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	C ₂	589	1,6—5,4*1
Сегнетова соль	KNaC ₄ H ₄ O ₆ ·4H ₂ O	D ₂	589	-1,4

