

# 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

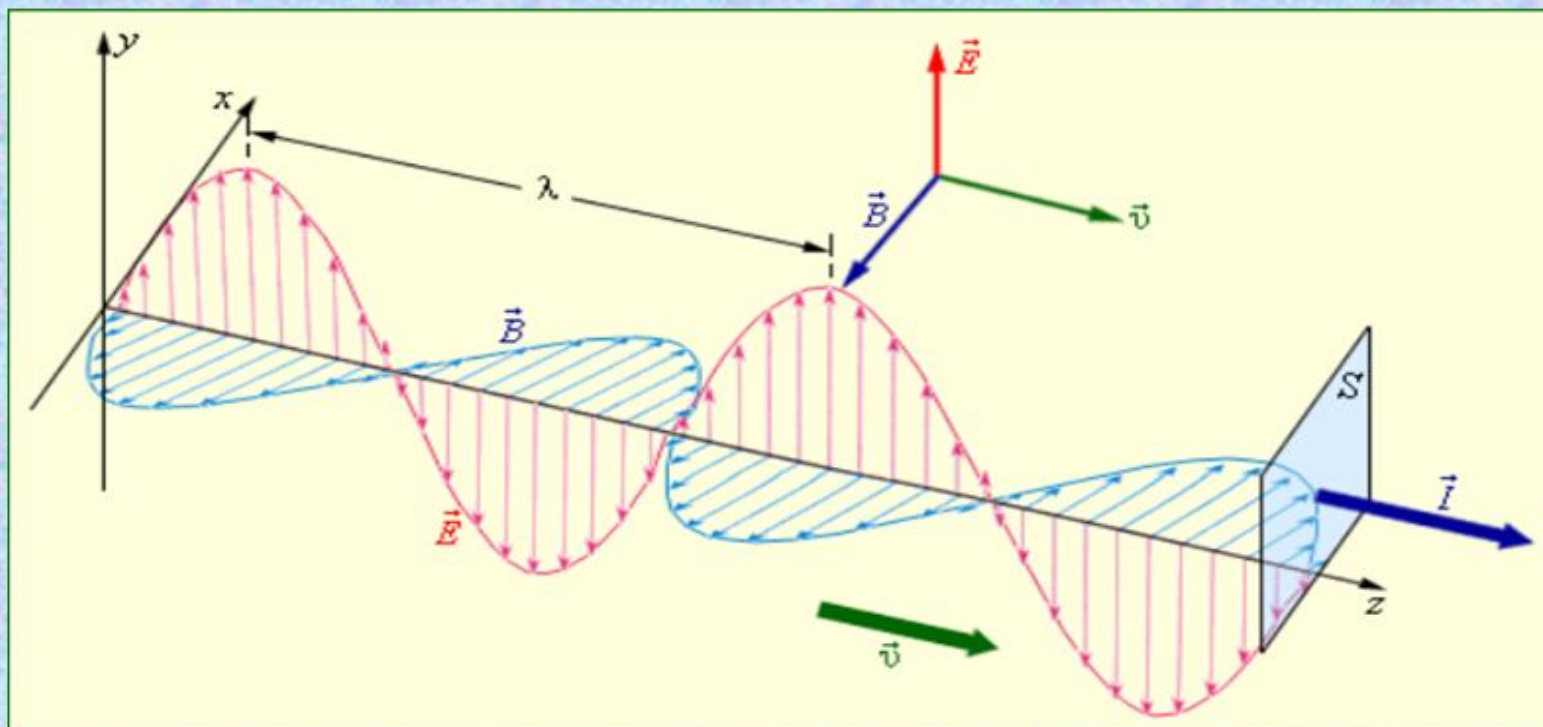
## Взгляды на природу света в XVII-XIX вв.



- **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



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

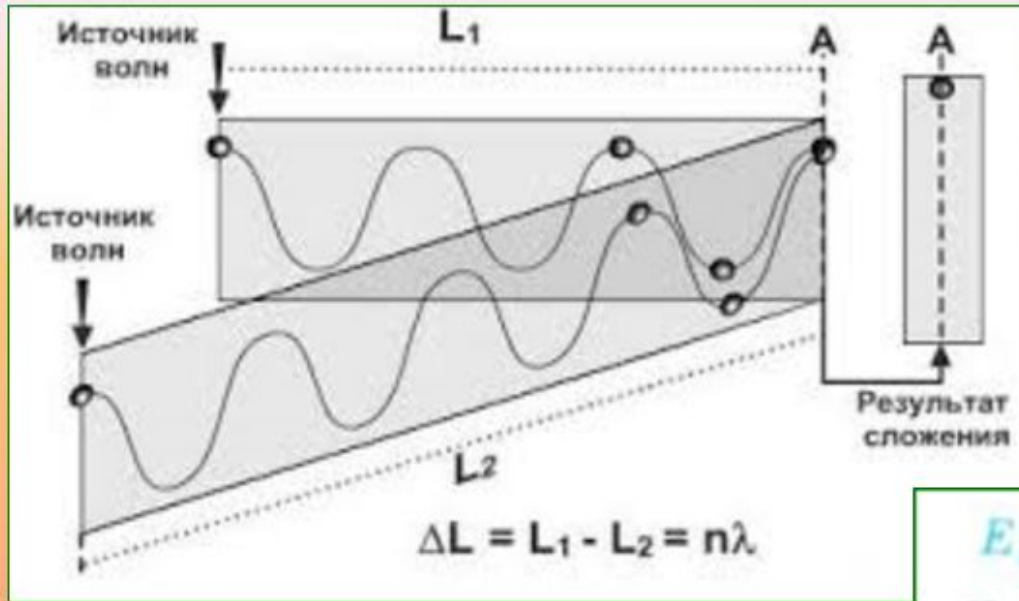
$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0}}.$$

| 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                    |



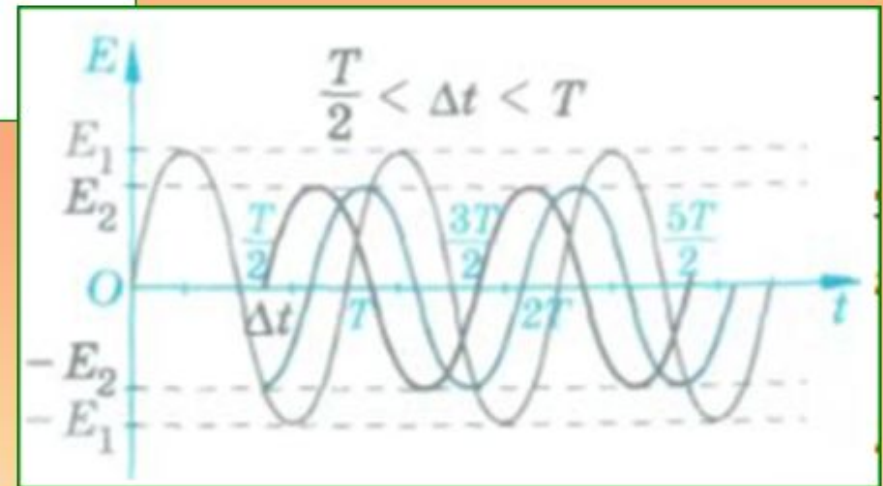


# Когерентность

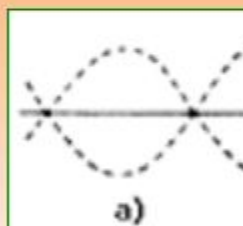
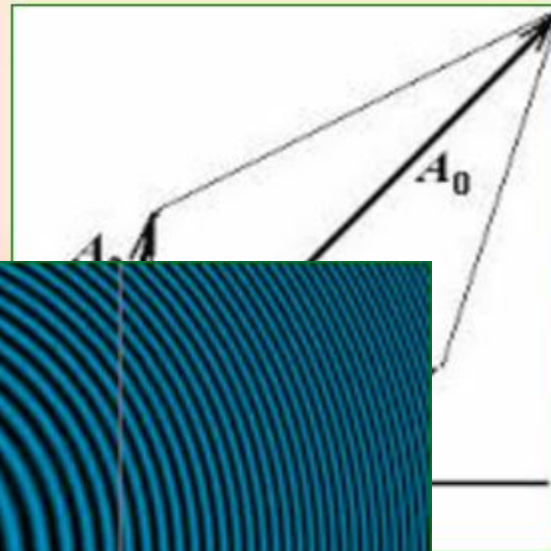
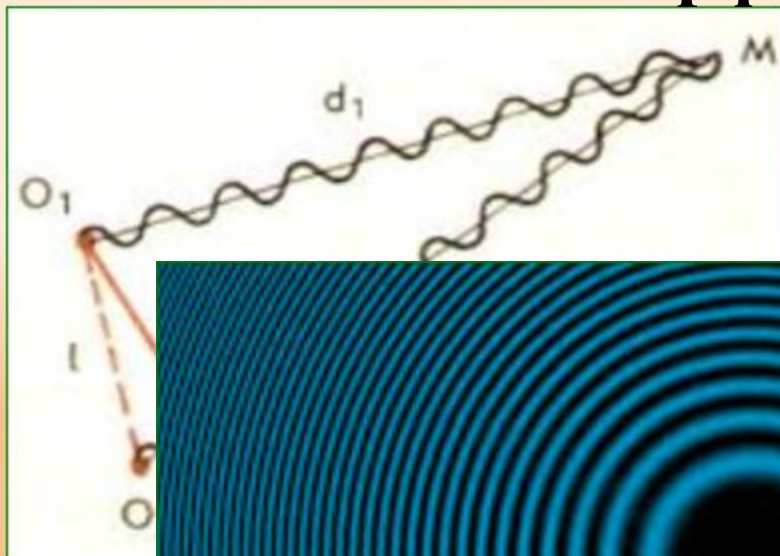


*Когерентность* – согласованное протекание во времени и пространстве колебательных или волновых процессов. Необходимое условие интерференции.

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



# Интерференция



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

## Условие максимумов и минимумов интерференции

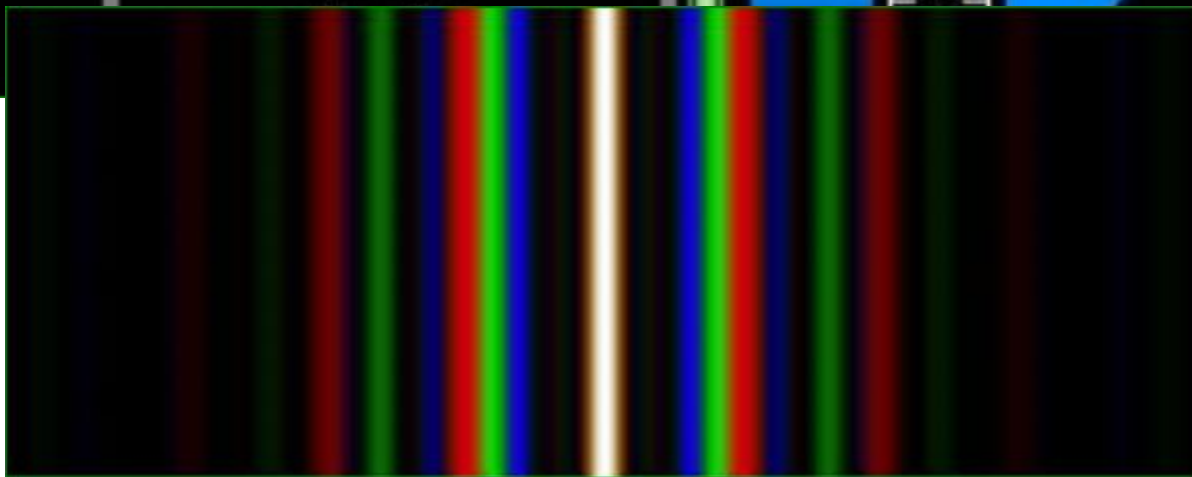
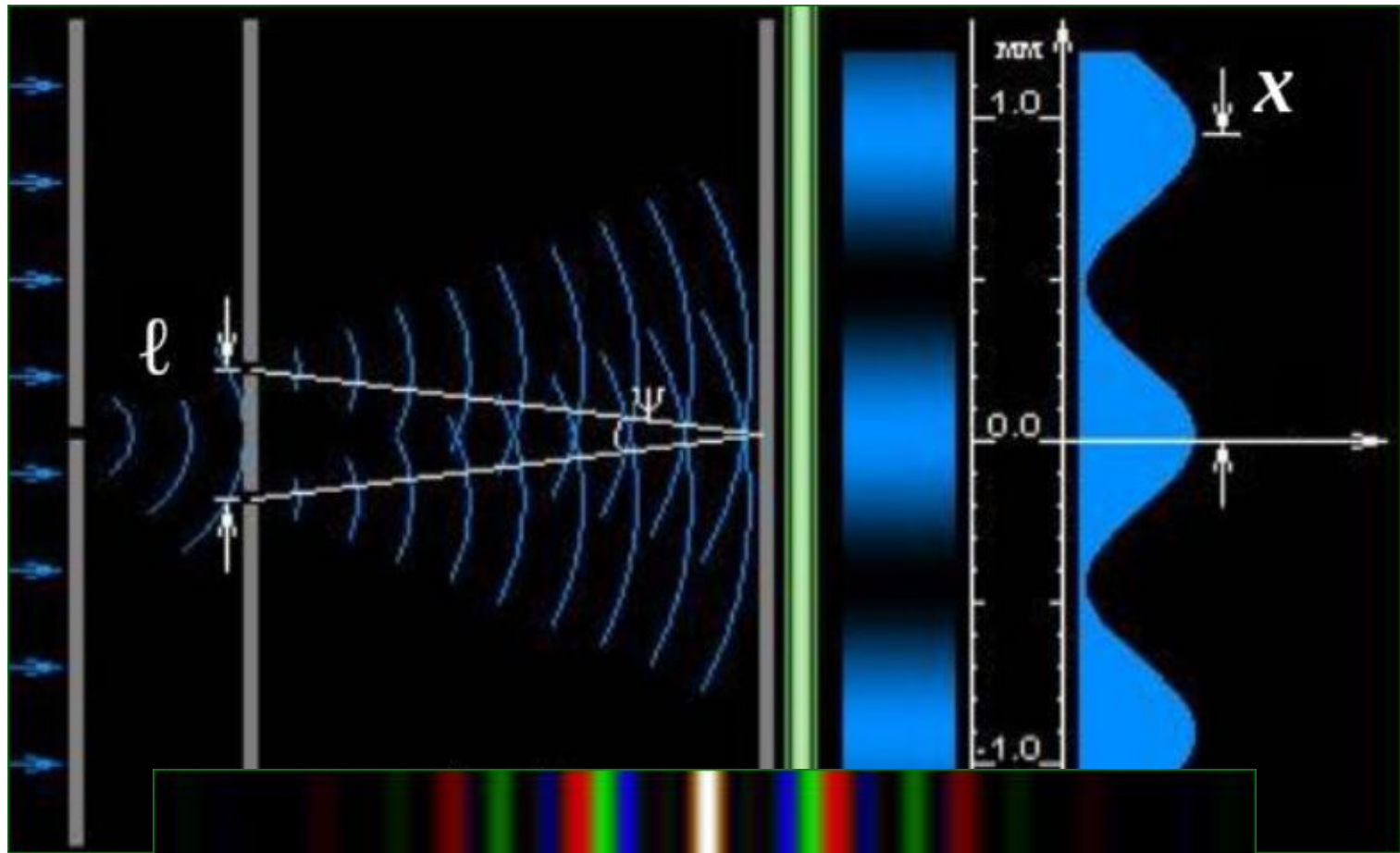
**Максимум интенсивности** наблюдается в тех точках пространства, в которых оптическая разность хода равна четному числу длин полуволн:

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

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

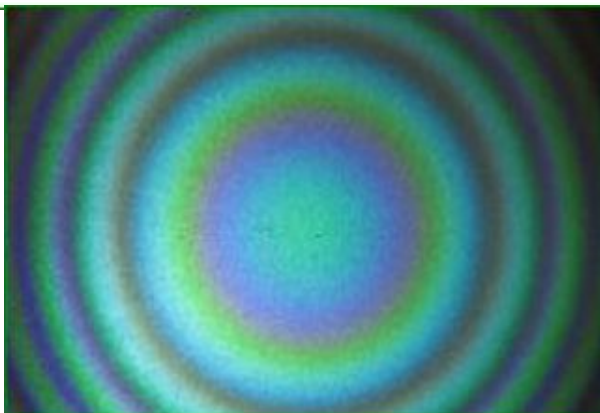
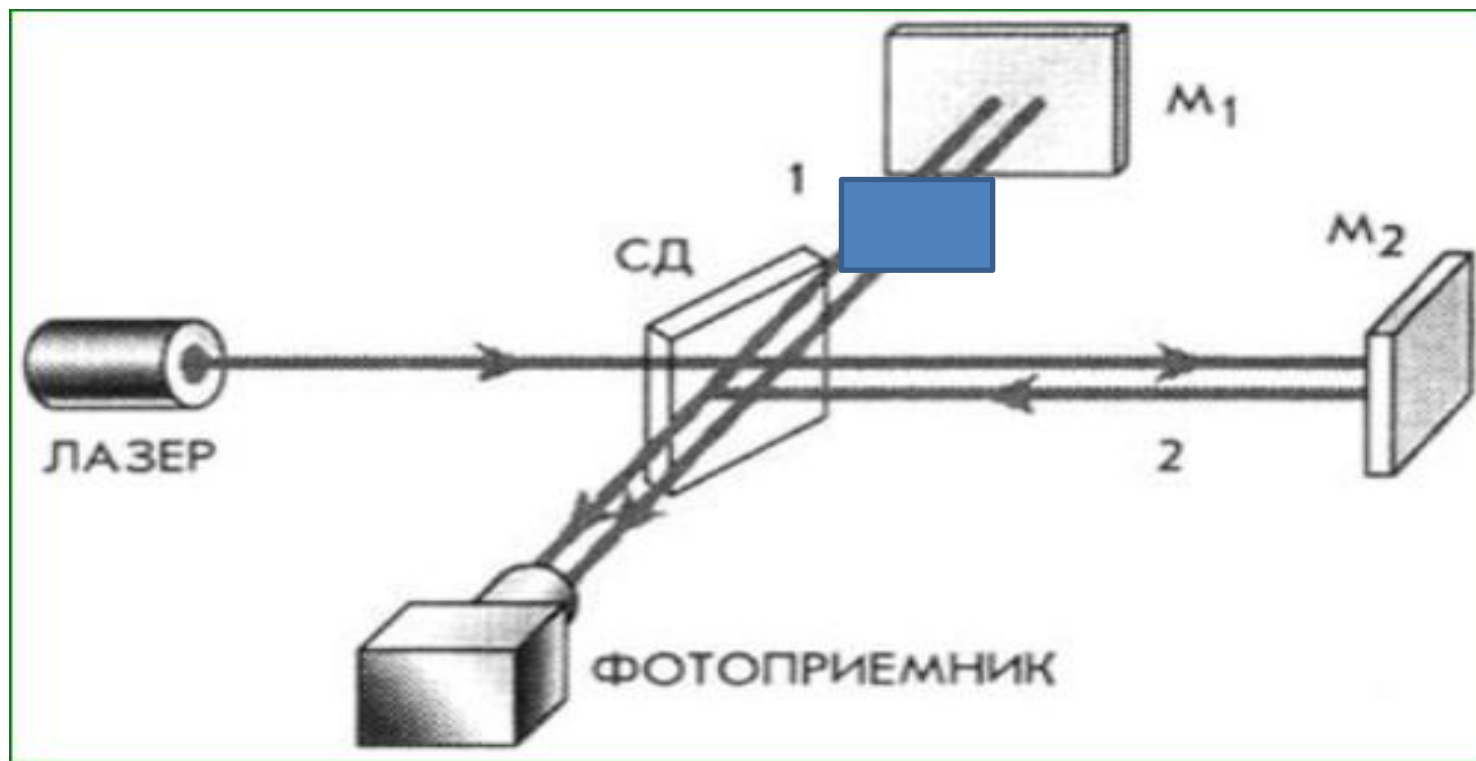
$$\Delta = \frac{\lambda}{2} (2k + 1), \quad k = 1, 2, 3 \dots$$



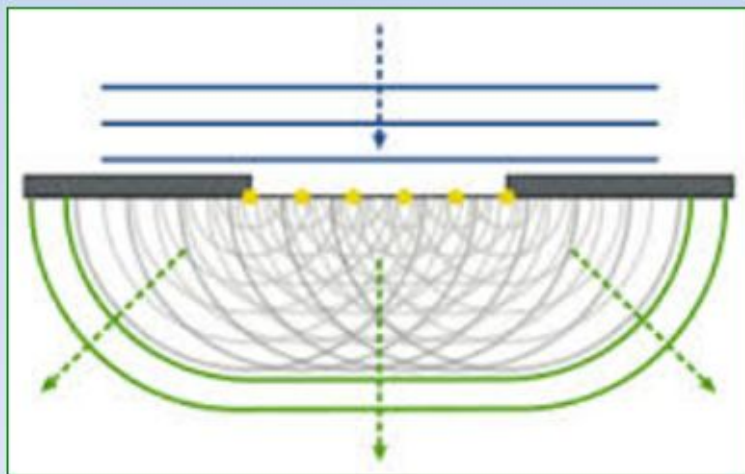




# Интерферометр Майкельсона



# 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.

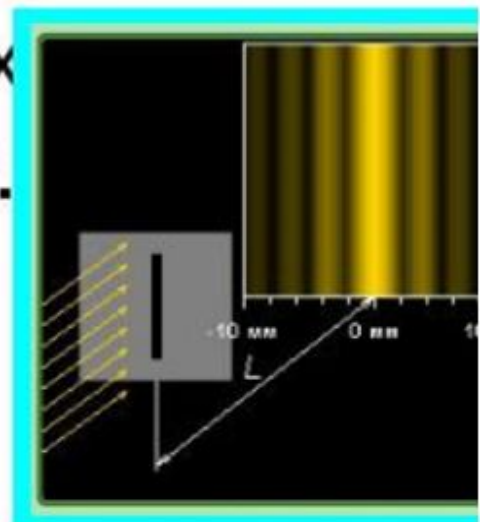
**Интерферируют волны, обогнувшие препятствие .**



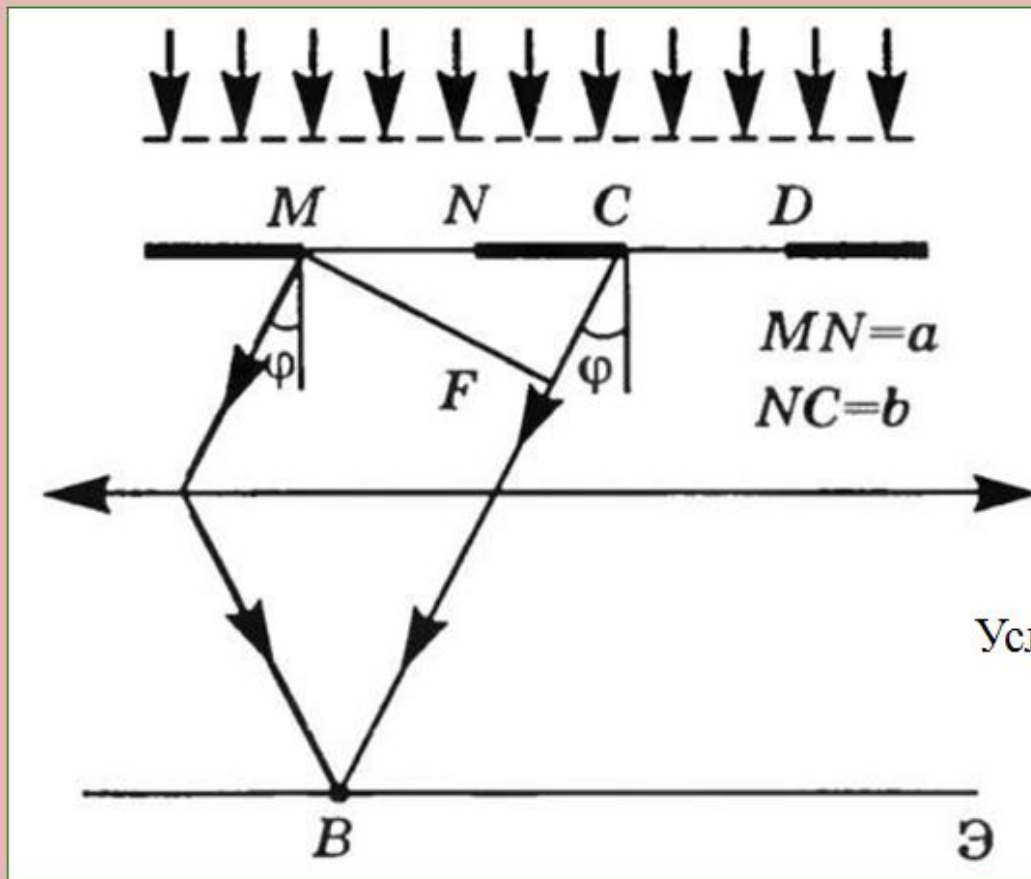


- **Дифракционная картина** – система чередующихся светлых и темных колец, если препятствие круг или отверстие.

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:

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

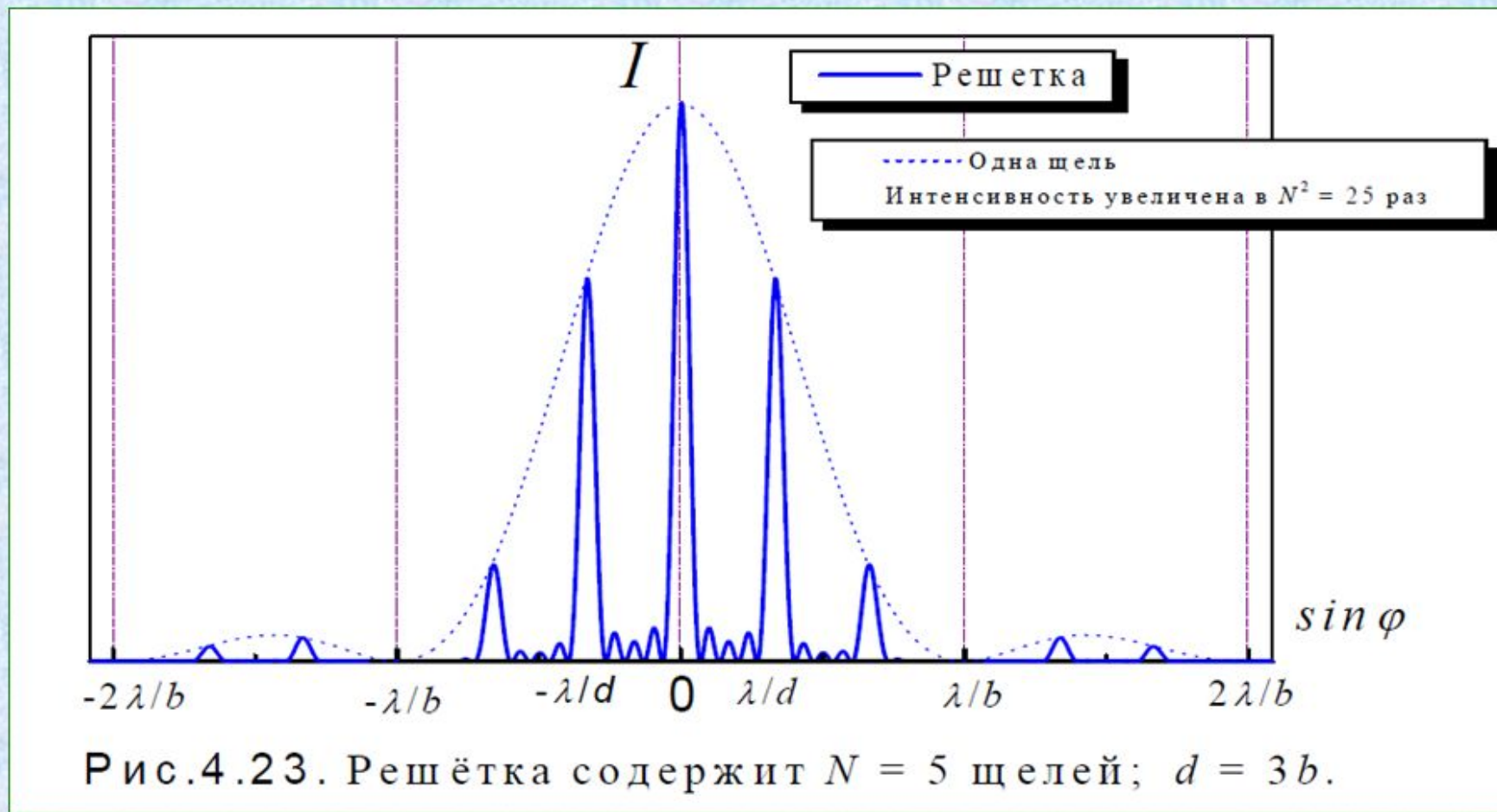
Условие главных минимумов:

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

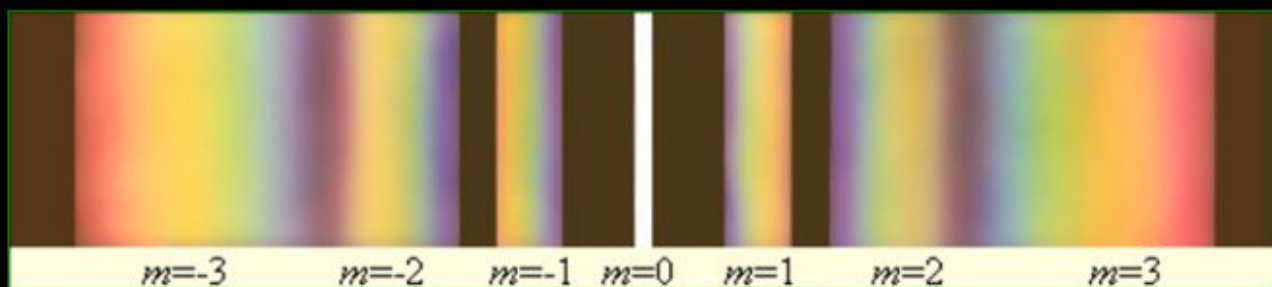
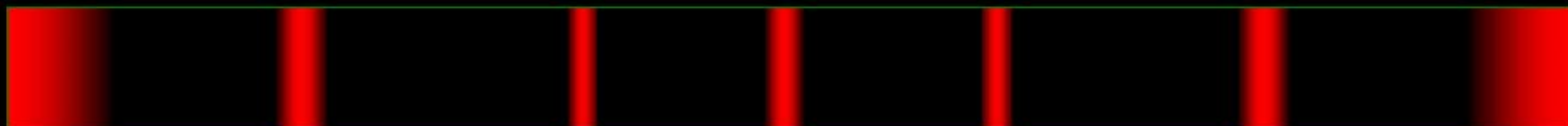
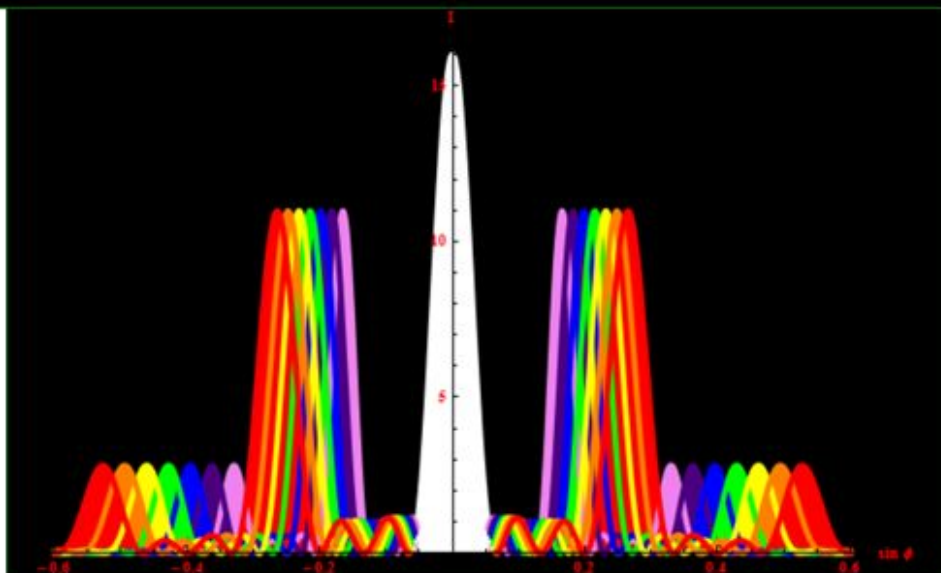
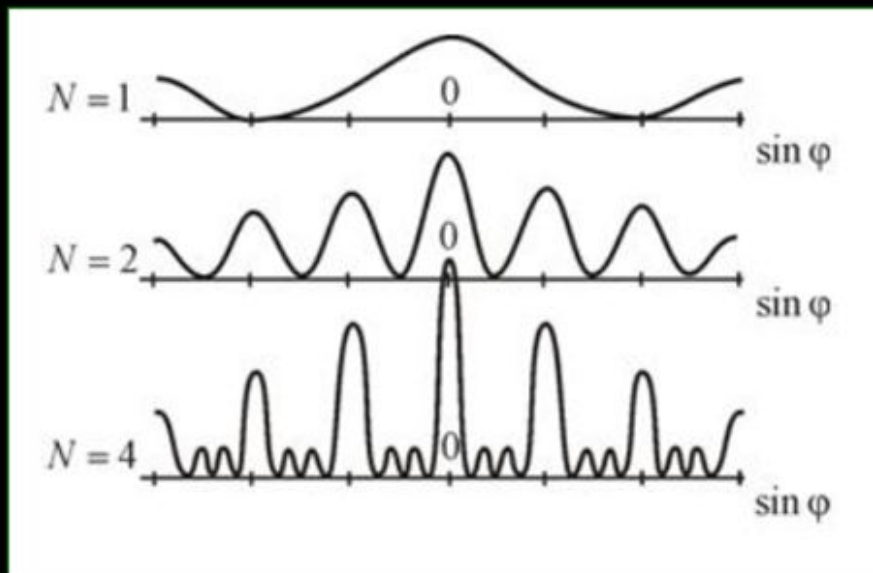
Условие дополнительных минимумов:

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

# Распределение интенсивности при дифракции на дифракционной решетке

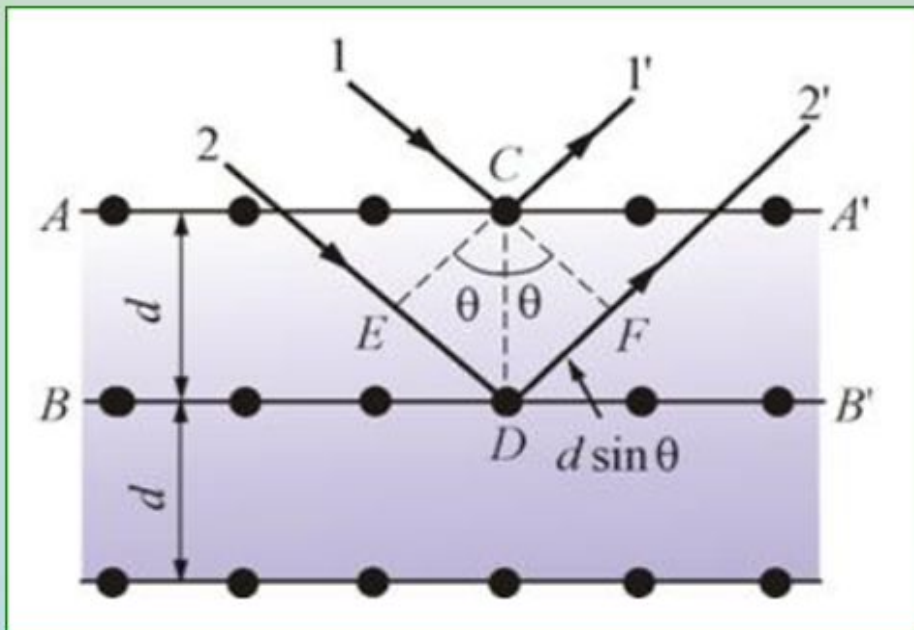






# Пространственная дифракционная решетка

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

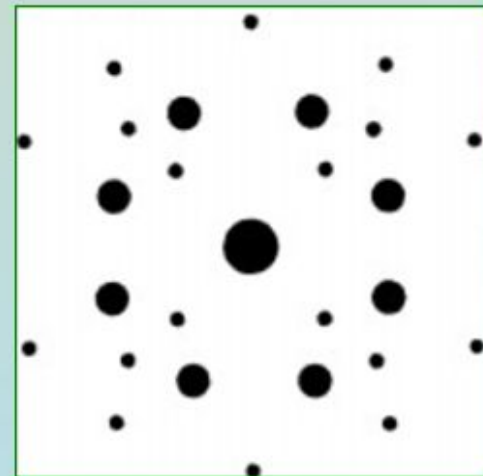


Условие Вульфа-Вреггов:

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

$$\lambda \geq 2d$$

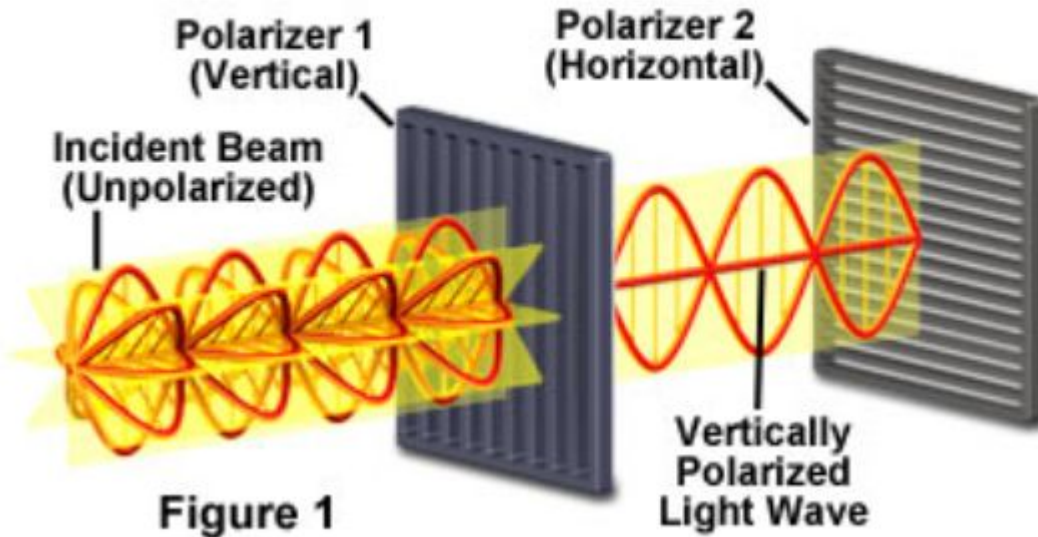
-условие оптической однородности кристалла





# Поляризация

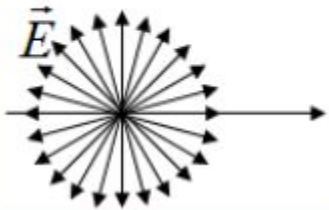
## Polarization of Light Waves



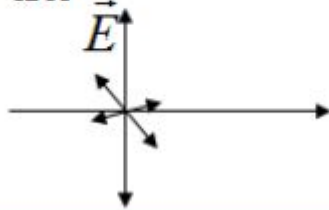
*Поляризованным* называется свет, в котором направления светового вектора упорядочены каким-либо образом.

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

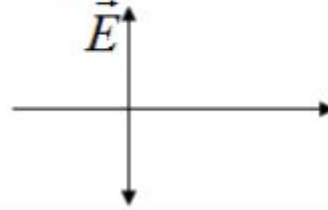
Естественный свет



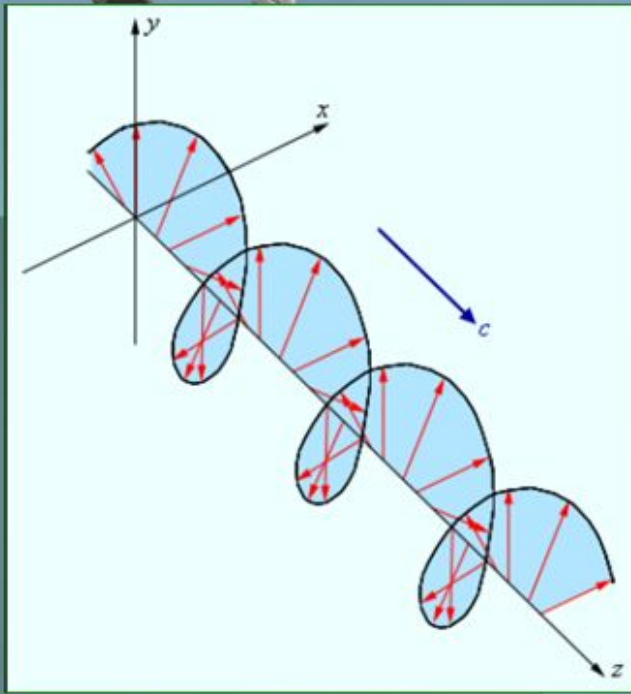
Частично поляризованный свет



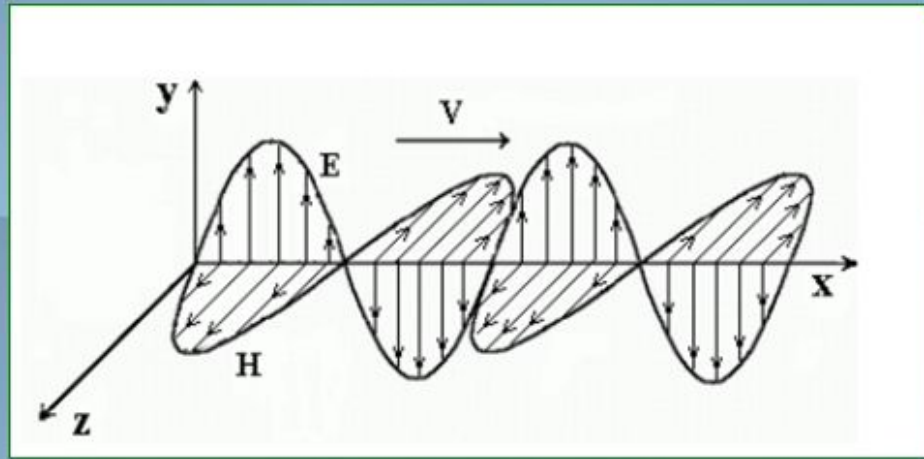
Плоско поляризованный свет







Круговая поляризация



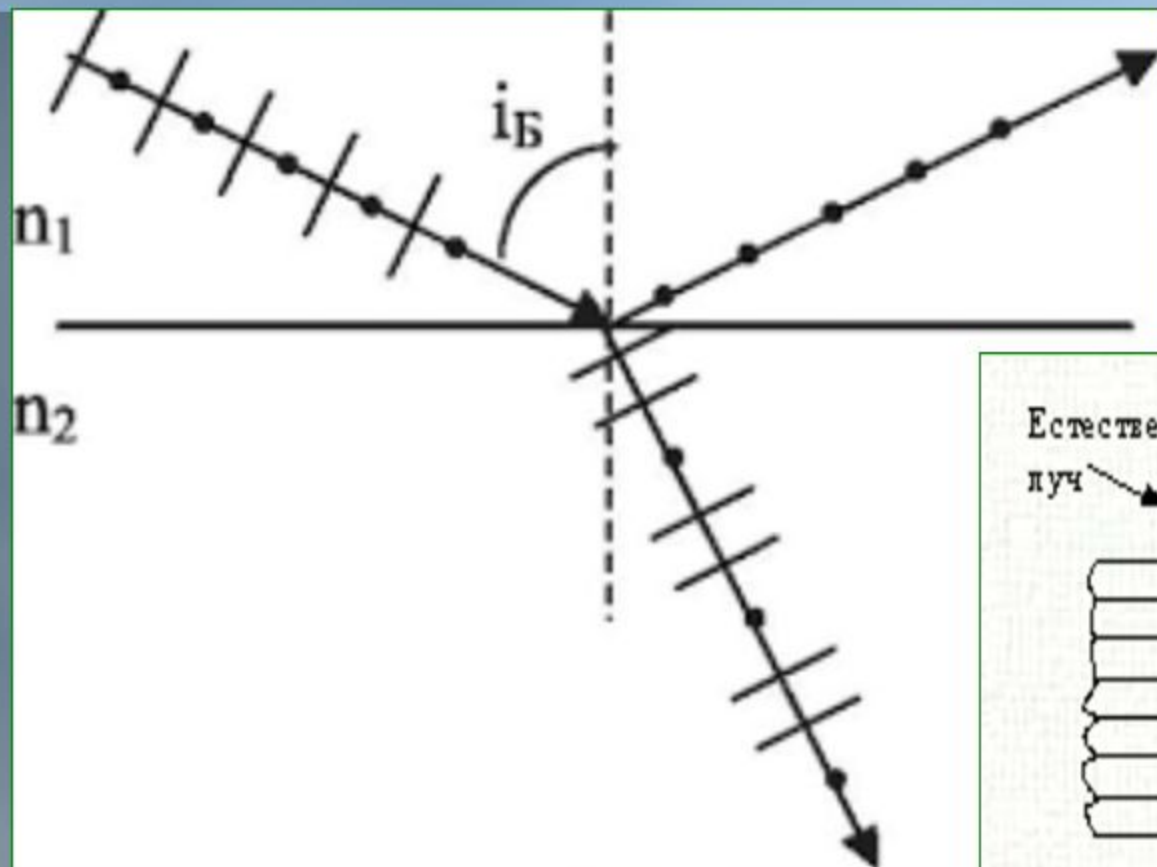
Линейно-поляризованный свет

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

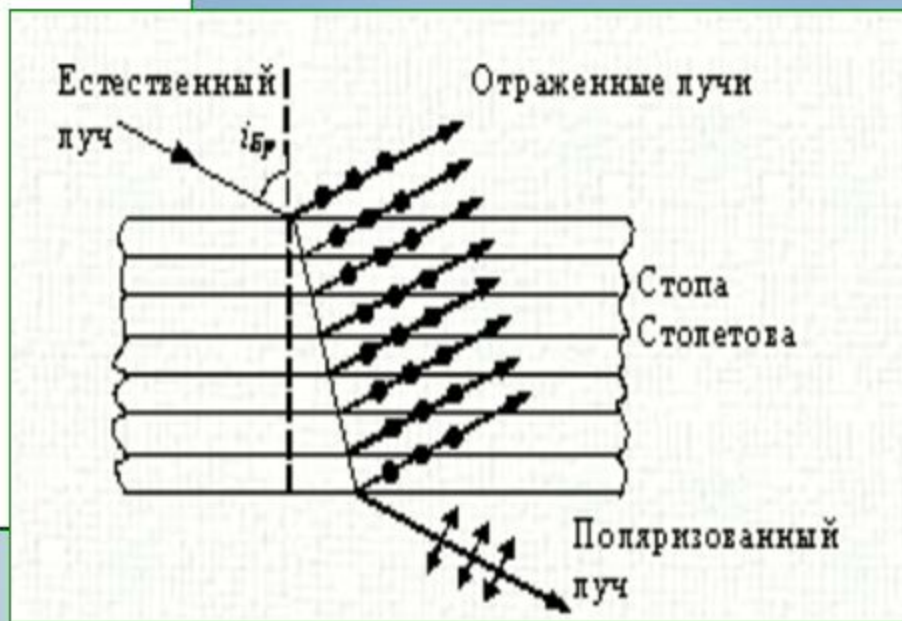
Степень поляризации света



# Закон Брюстера

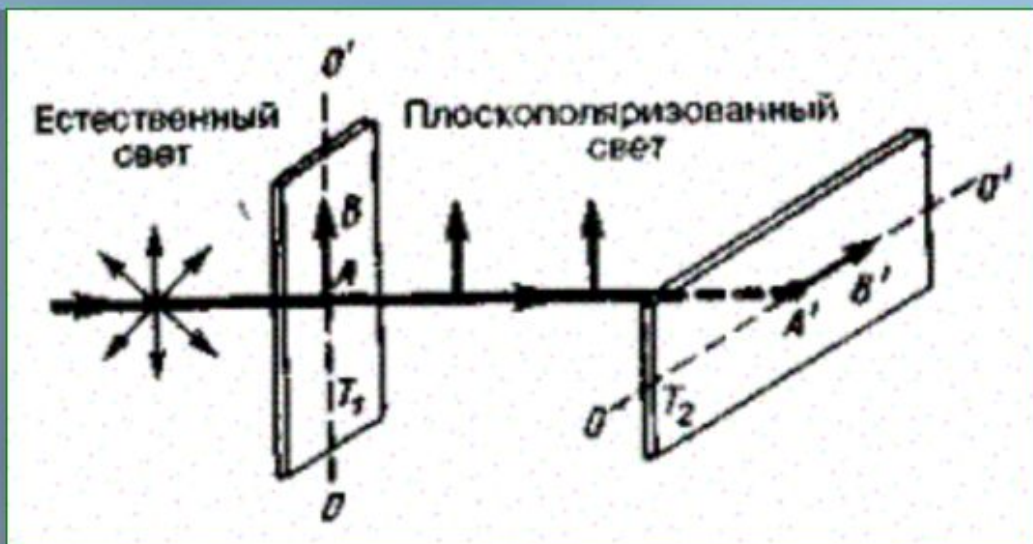


$$\operatorname{tg} i_{\text{Бр}} = \frac{n_2}{n_1}$$

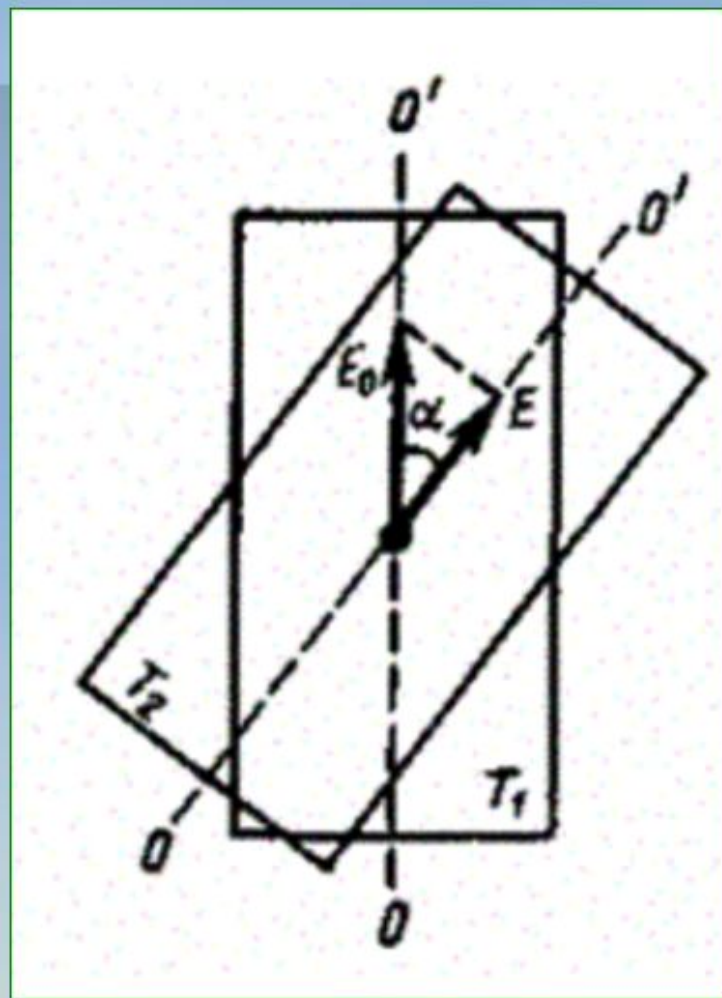




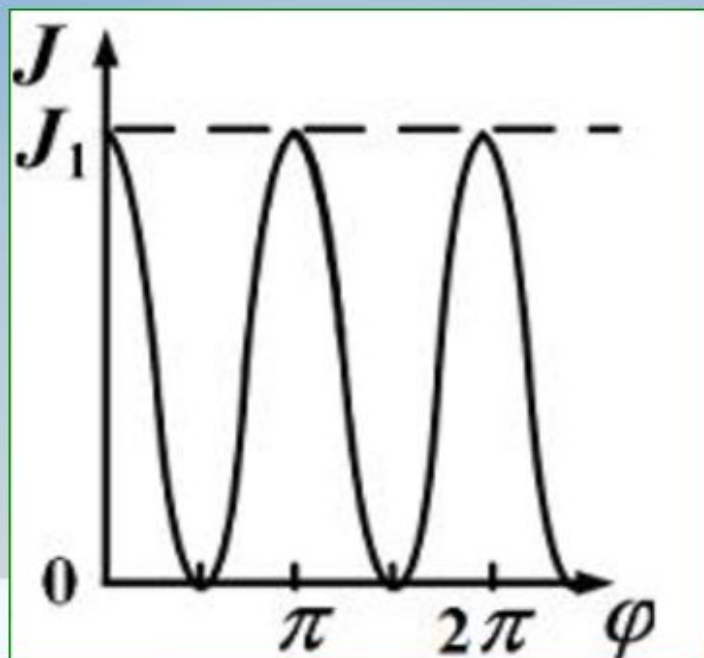
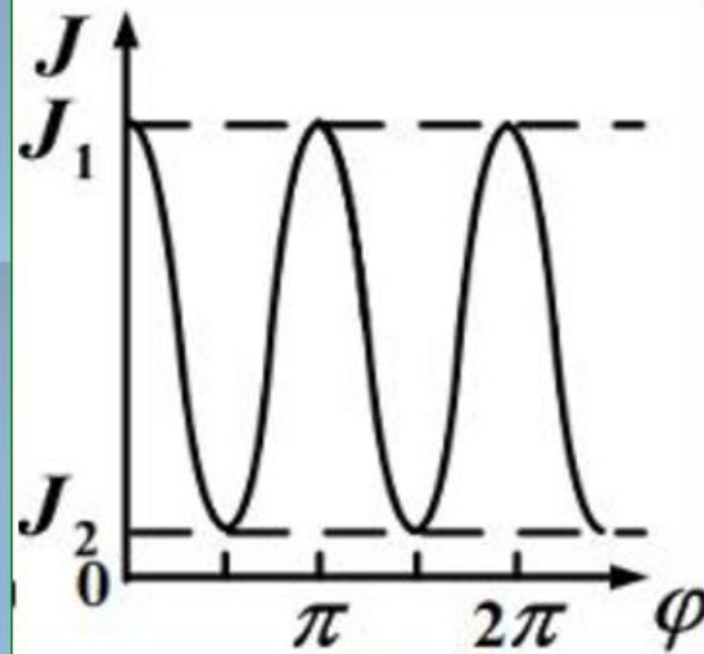
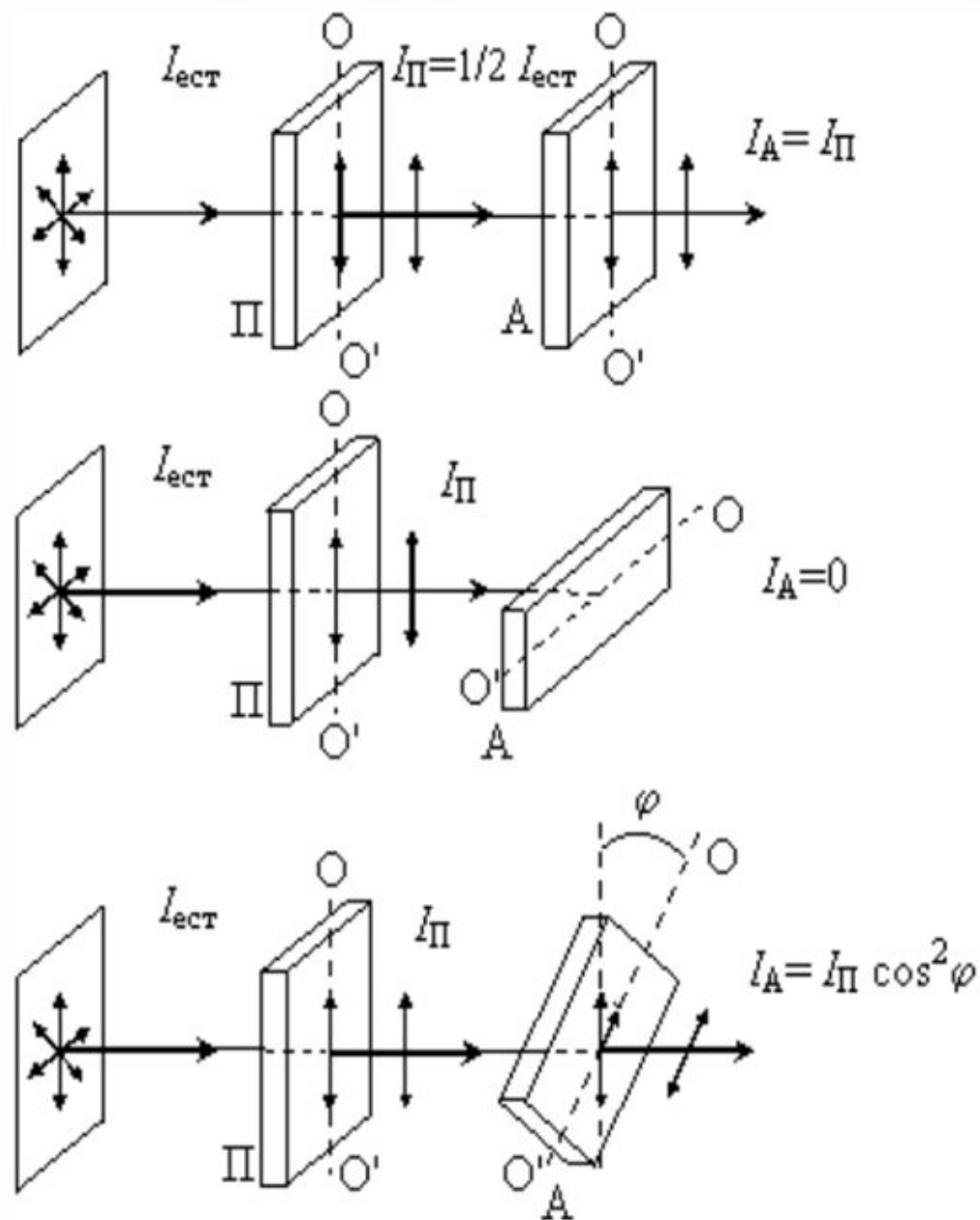
# Закон Малюса



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

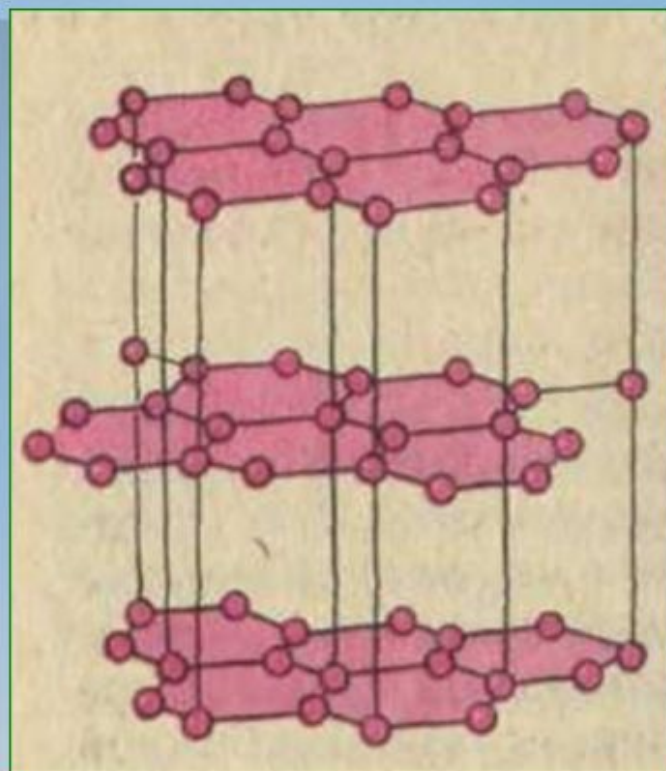








# Двойное лучепреломление



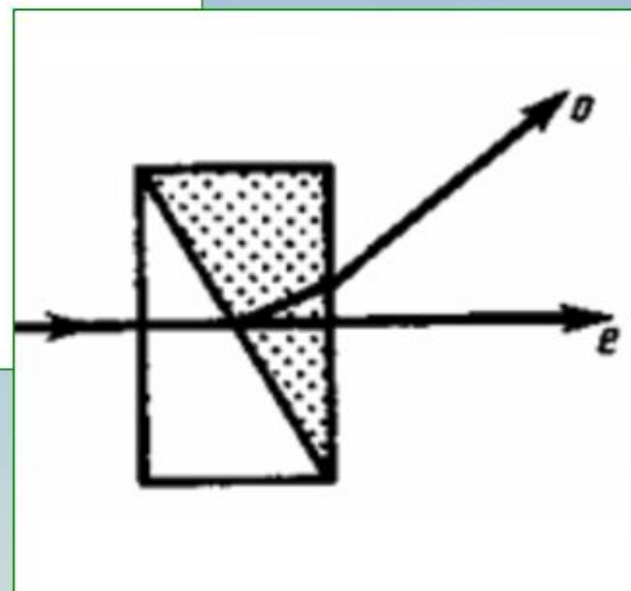
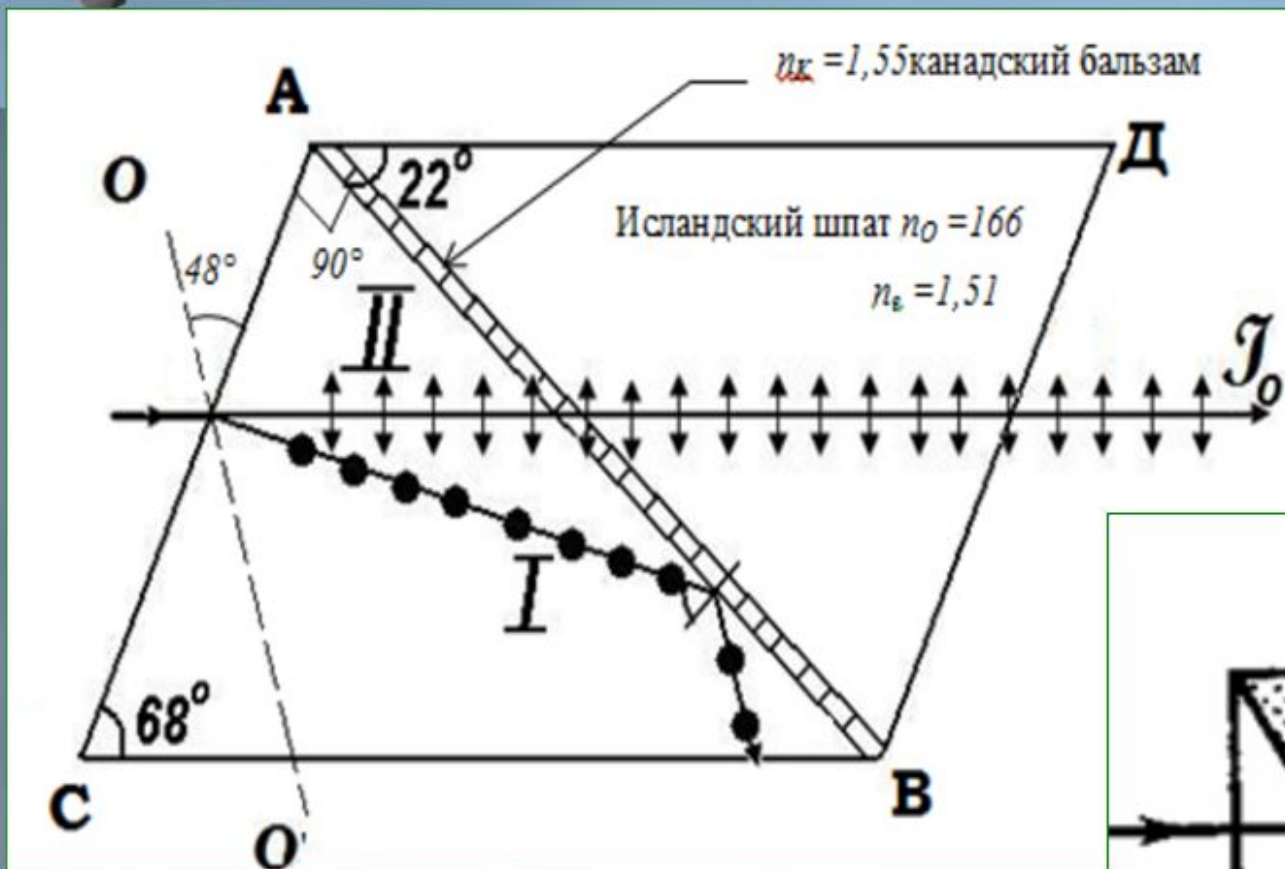
*Оптически анизотропные среды – вещества, обладающие различными оптическими свойствами в разных направлениях (кристаллы, кроме кристаллов кубической формы).*





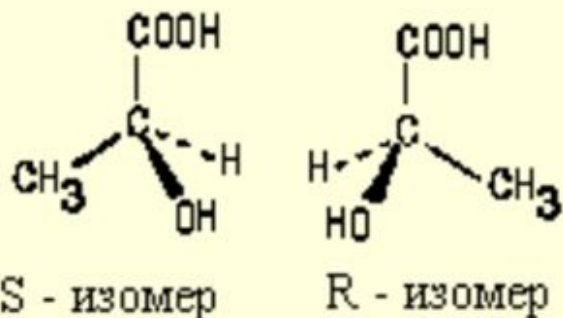


# Призма Николя





# 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 <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                 |

