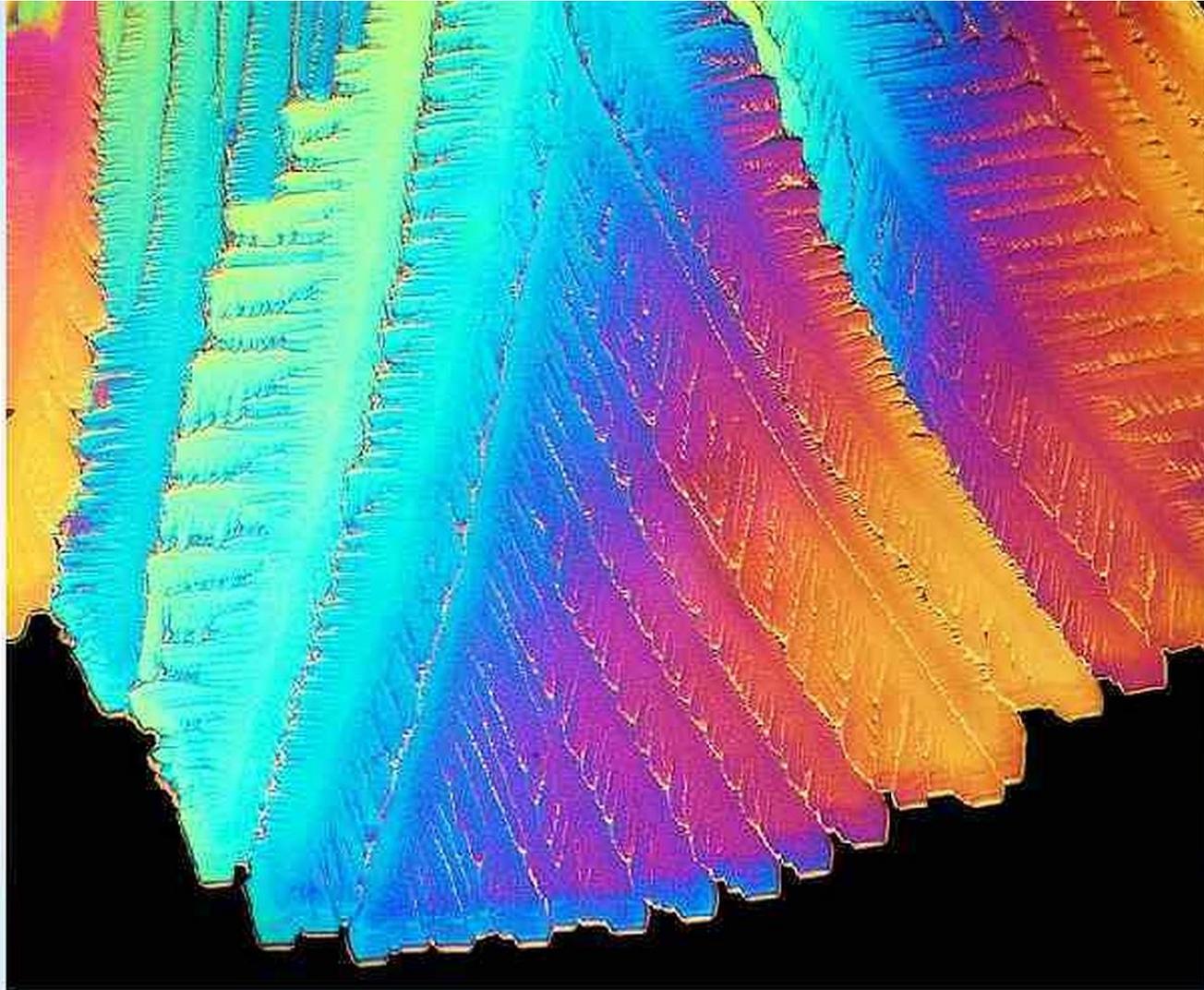


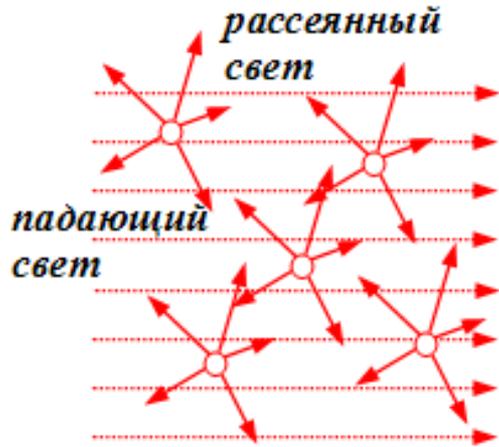
# Лекция 15. Поляризация при рассеянии и отражении света.

Искусственная анизотропия и оптическая активность

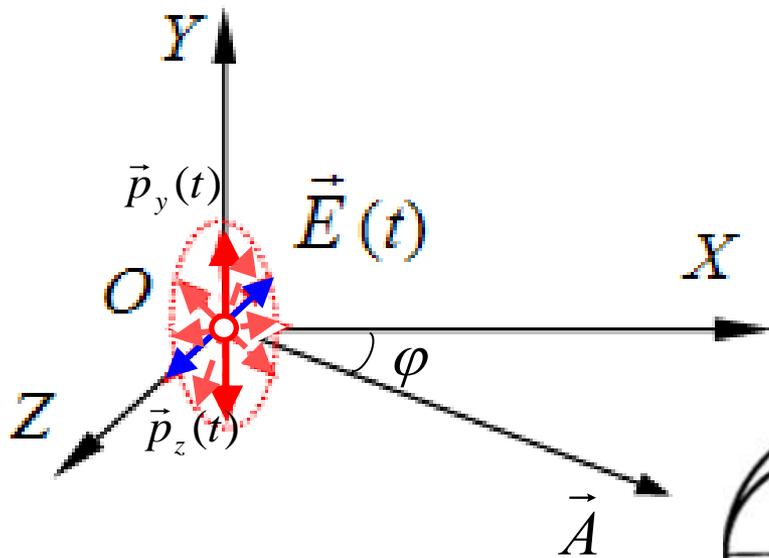
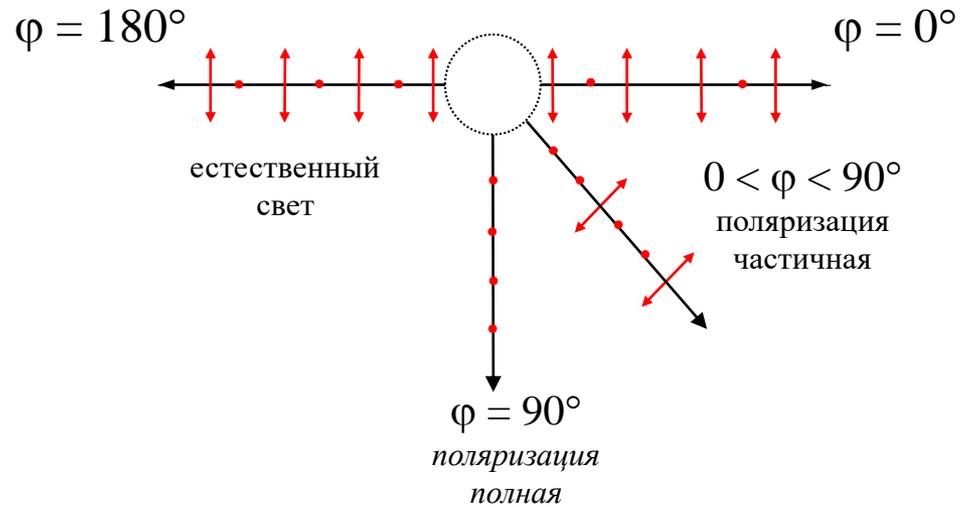


Анизотропный кристалл лимонной кислоты (увеличение 200х).

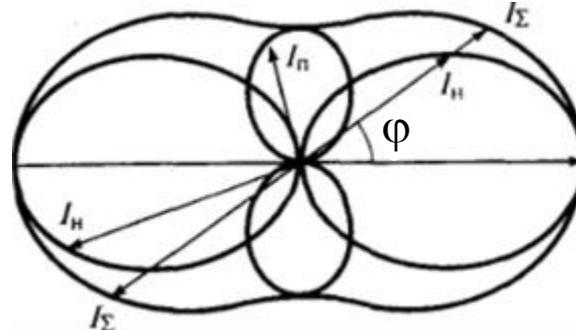
## 5.2. Рассеяние света “мутными средами” (продолжение)



## Поляризация при рассеянии света



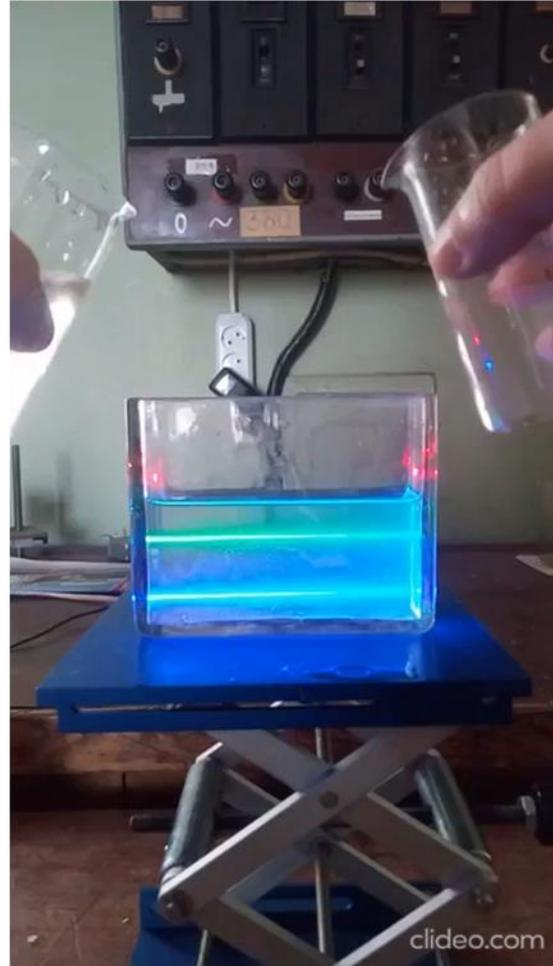
$$I_{\text{диполя}} \sim \frac{1}{\lambda^4} \cdot \sin^2 \theta \Rightarrow$$



**Закон Рэля:**

$$I \sim I_0 \frac{1 + \cos^2 \varphi}{\lambda^4}$$

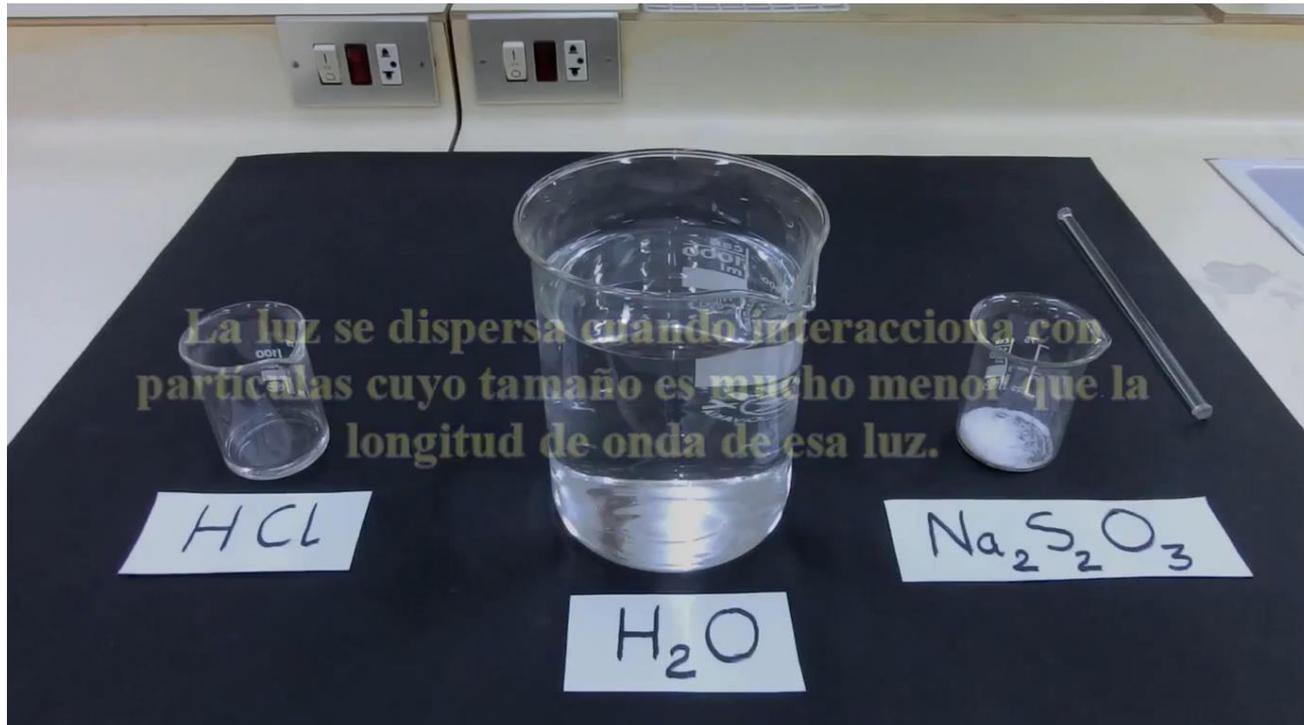
# Рассеяние света – закон Рэля



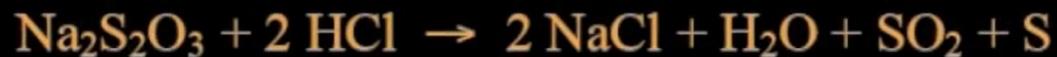
# *Рассеяние света – закон Рэля*



## Rasceyante Rэleя en colloidal rastvore

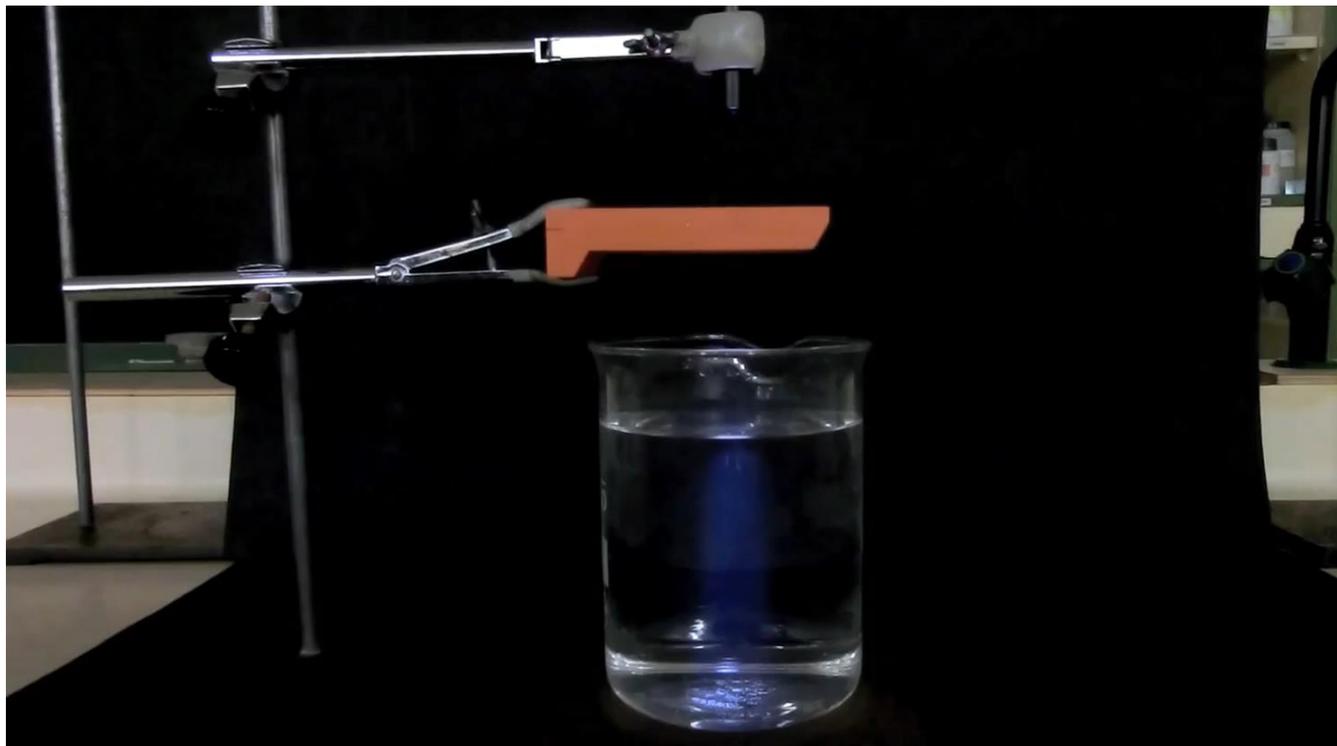


La reacci3n que se produce es:

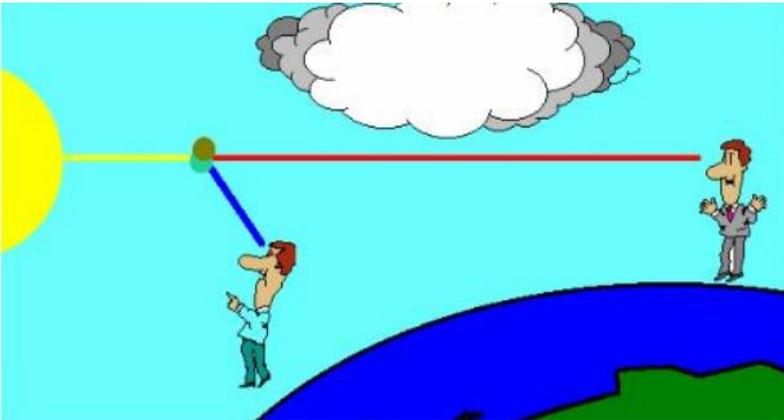


La velocidad de la reacci3n es baja y el azufre comienza a aparecer, poco a poco, en estado coloidal.

## *Рассеяние Рэля в коллоидном растворе*



**5.2.1. Рассеяние Рэлея** а)  $D \ll \lambda$  и  $l \gg \lambda$  – думы, туман, суспензии, взвеси, а ещё ...  
(“Нобель” за открытие аргона в 1904 г.) (открытие Араго и закон Рэлея)



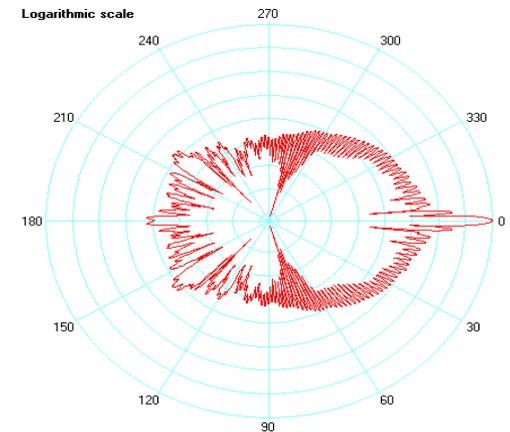
... и рассеяние Ми (1908 г., Густав Ми – G. Mie)

б)  $D \geq \lambda$  или  $l \ll \lambda$

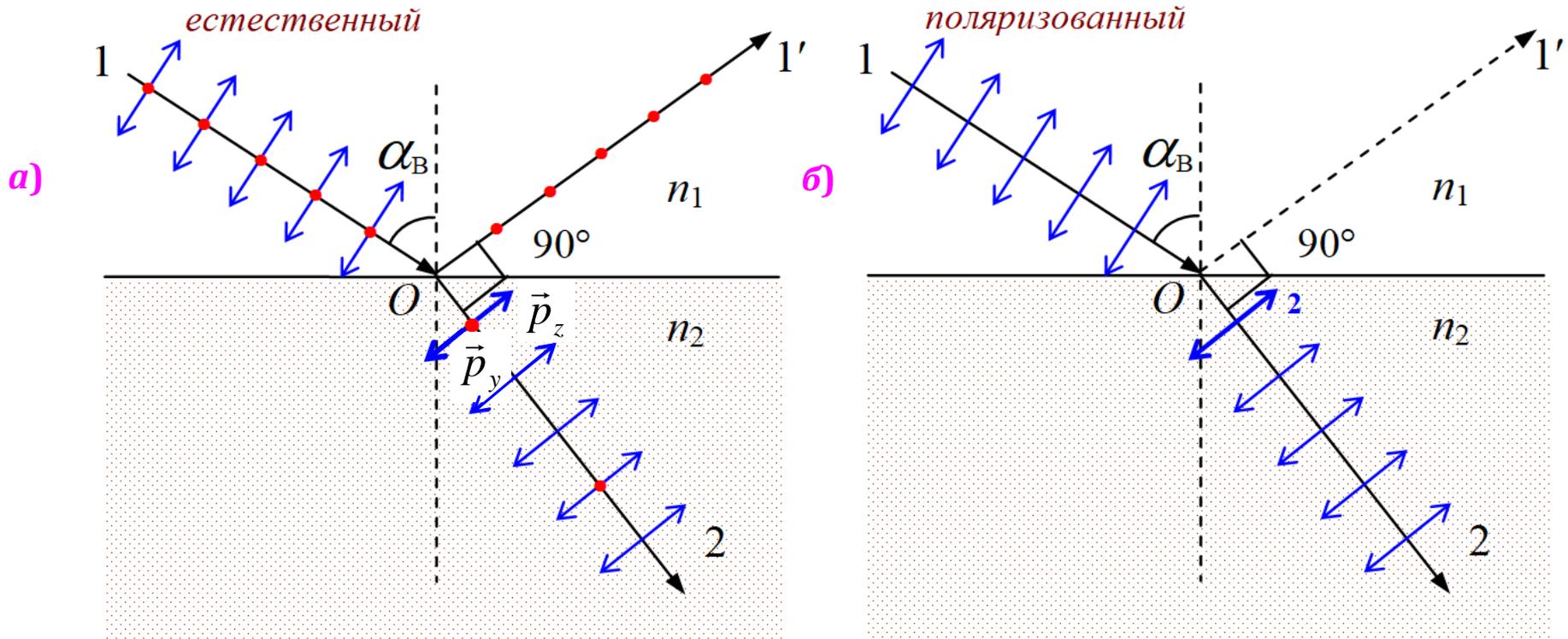
*Рассеяние в мелкодисперсных средах  
(дифракция на антропогенных загрязнениях атмосферы)*

в) + “диффузное отражение” – облака

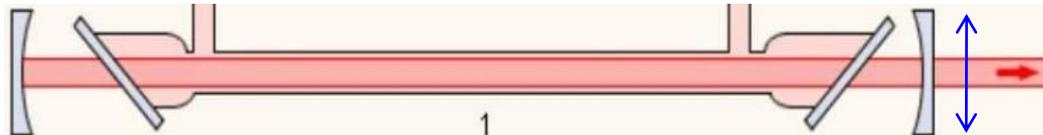
Пример:



## §6. Поляризация при отражении и преломлении света на границе раздела однородных прозрачных диэлектриков



“Окна Брюстера” в газовых лазерах



## §6. Искусственная оптическая анизотропия и интерференция поляризованного света

### 1. Пьезооптический эффект («фотоупругость»)

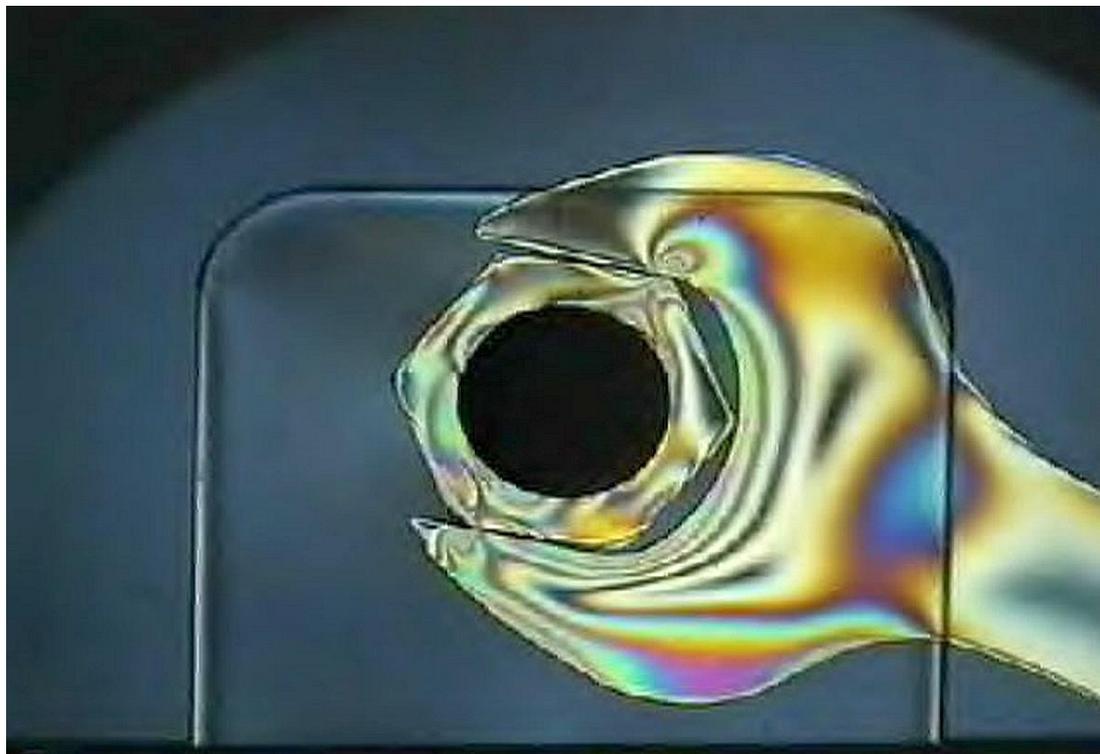
$$n_e - n_o = K_1 \cdot \sigma$$

$\sigma = F/S$  – механическое напряжение,

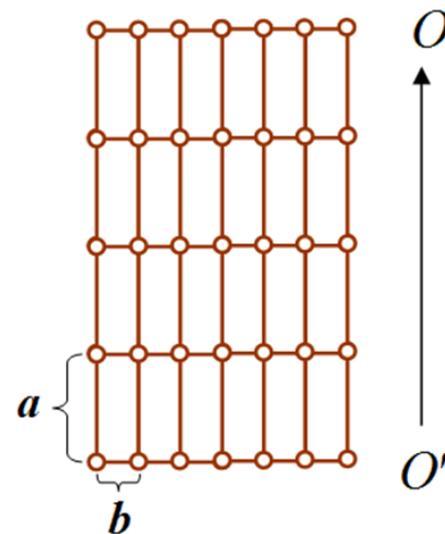
$K_1$  – упругооптическая постоянная (постоянная Брюстера)

Стёкла, полимеры, ...

$$K_1 = 10^{-12} - 10^{-11} \text{ м}^2/\text{Н}.$$

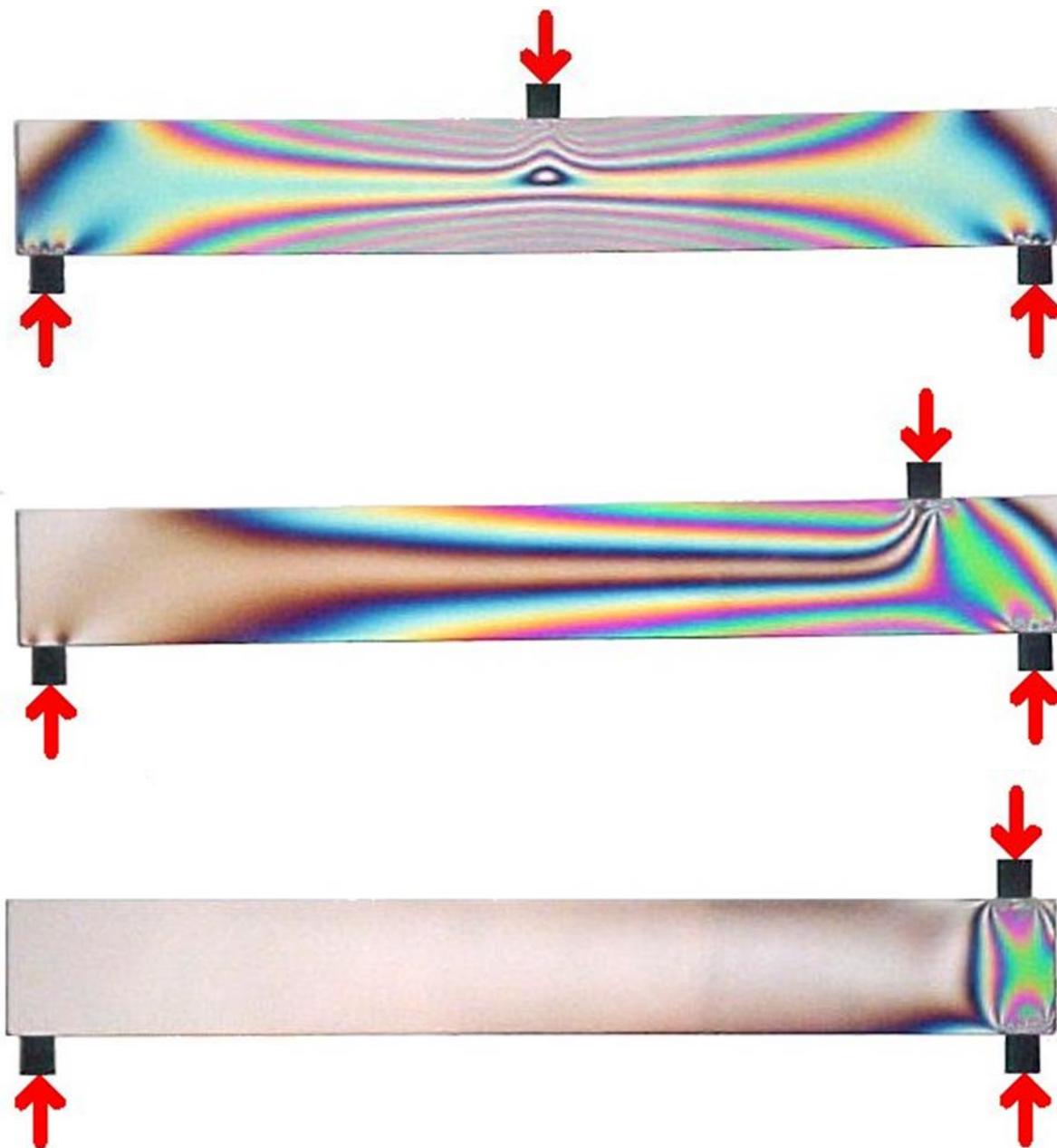


*Rem:*

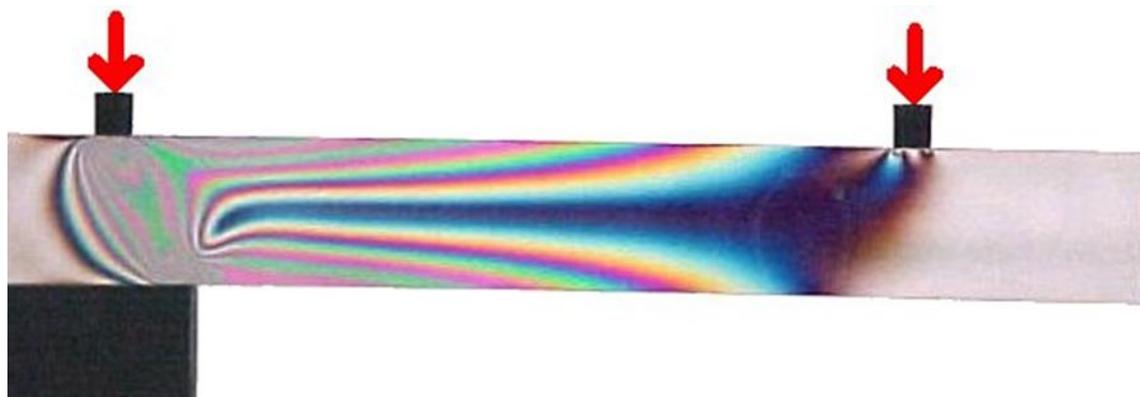
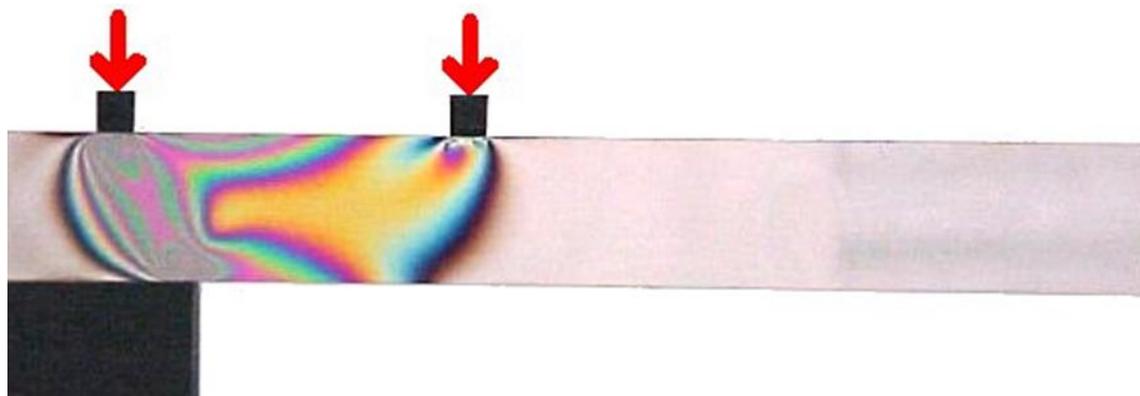


*Деформация  $\Rightarrow$  анизотропия*

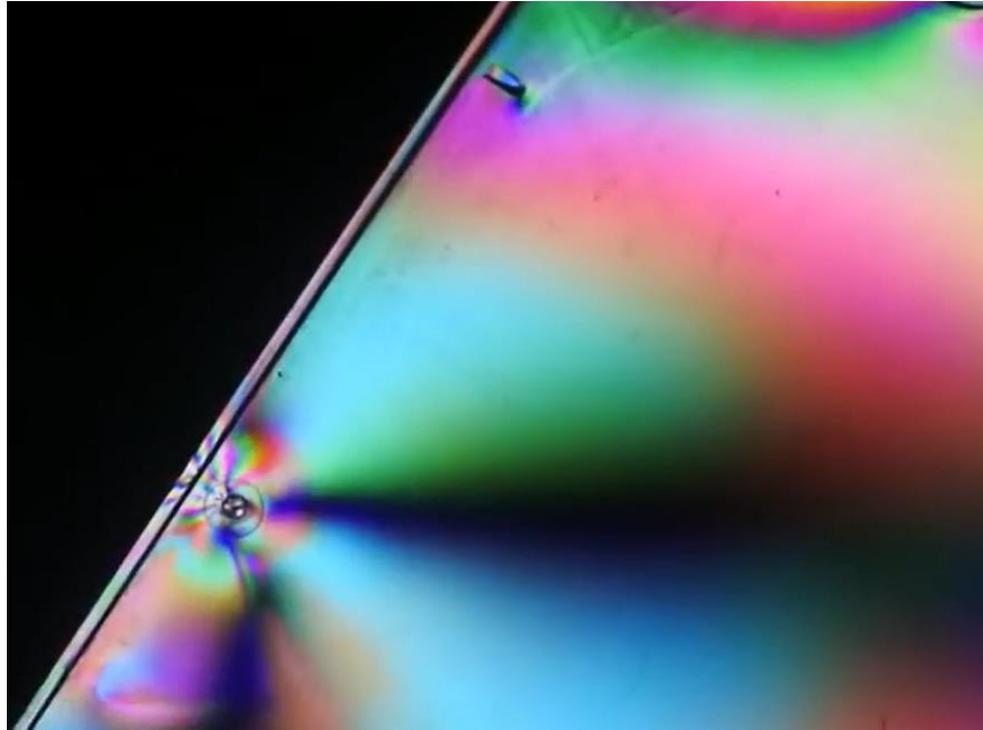
## Пьезооптический эффект («фотоупругость»)



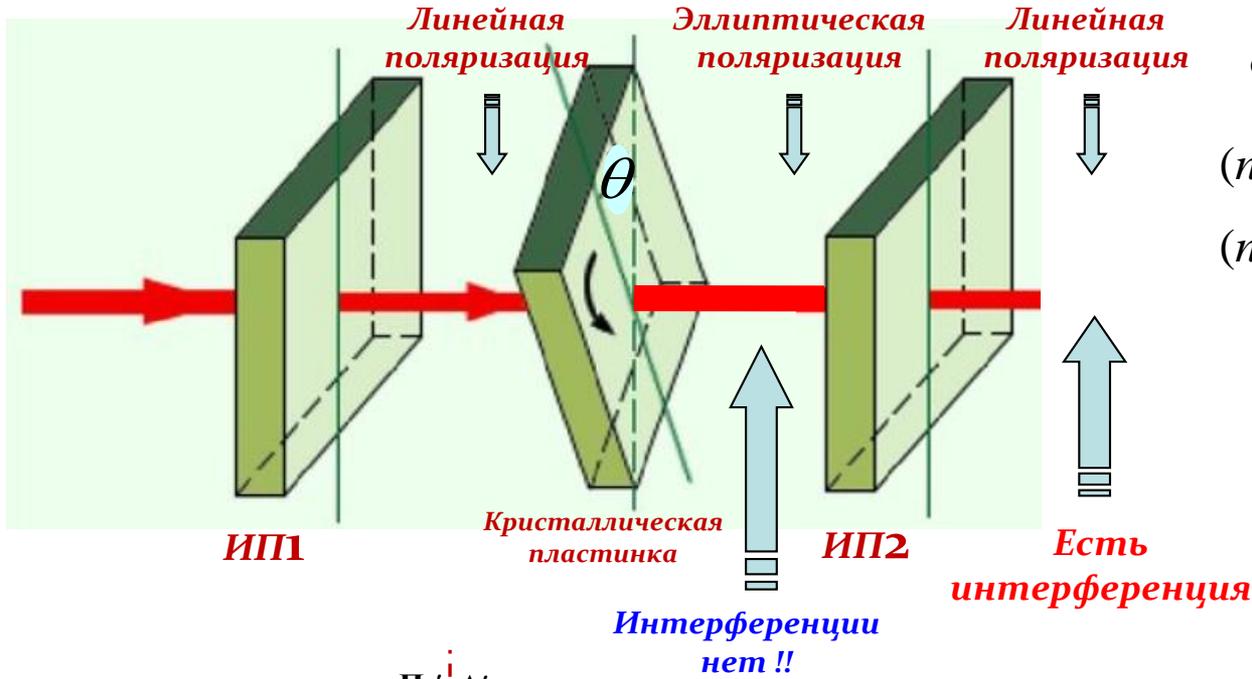
# Пьезооптический эффект («фотоупругость»)



**Пьезооптический эффект  
(«фотоупругость»)**



**\*) Интерференция поляризованного света. Цвета кристаллических пластинок**

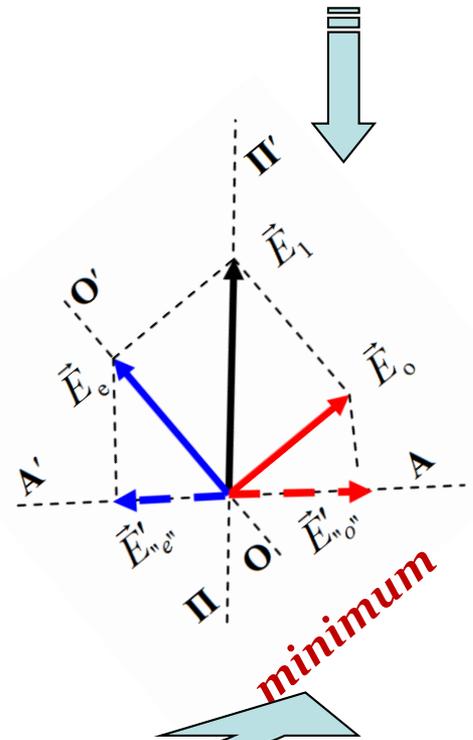
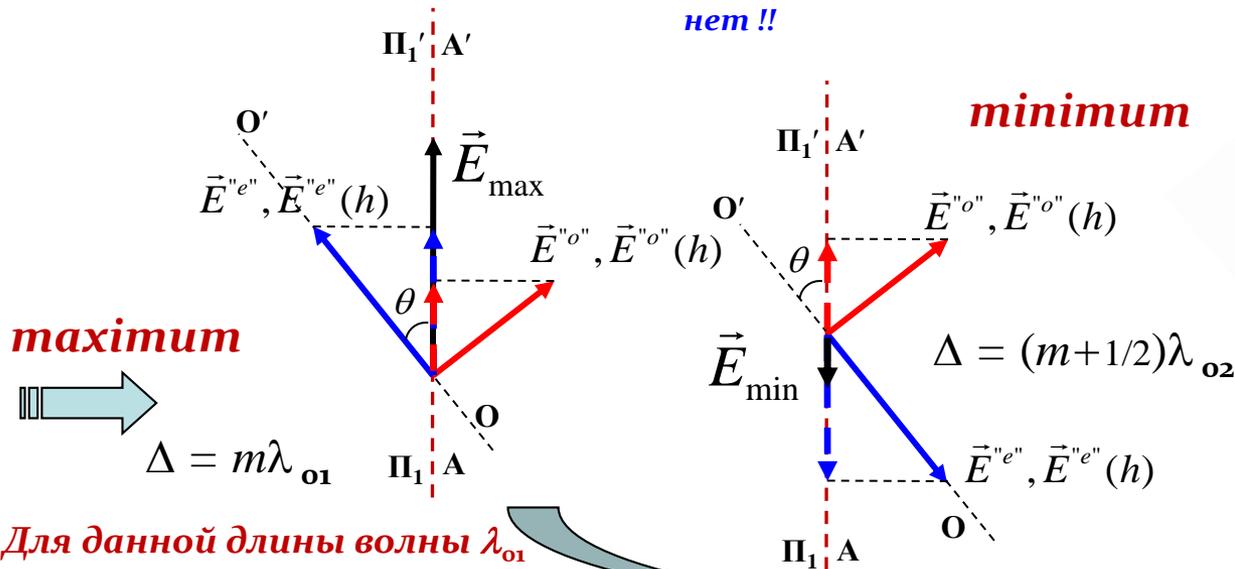


$$\delta = 2\pi\Delta/\lambda_0, \quad \Delta = (n_e - n_o) \cdot h$$

$$(n_e - n_o) \cdot h = m\lambda_{01}, \quad \text{max}$$

$$(n_e - n_o) \cdot h = (m+1/2)\lambda_{02}, \quad \text{min}$$

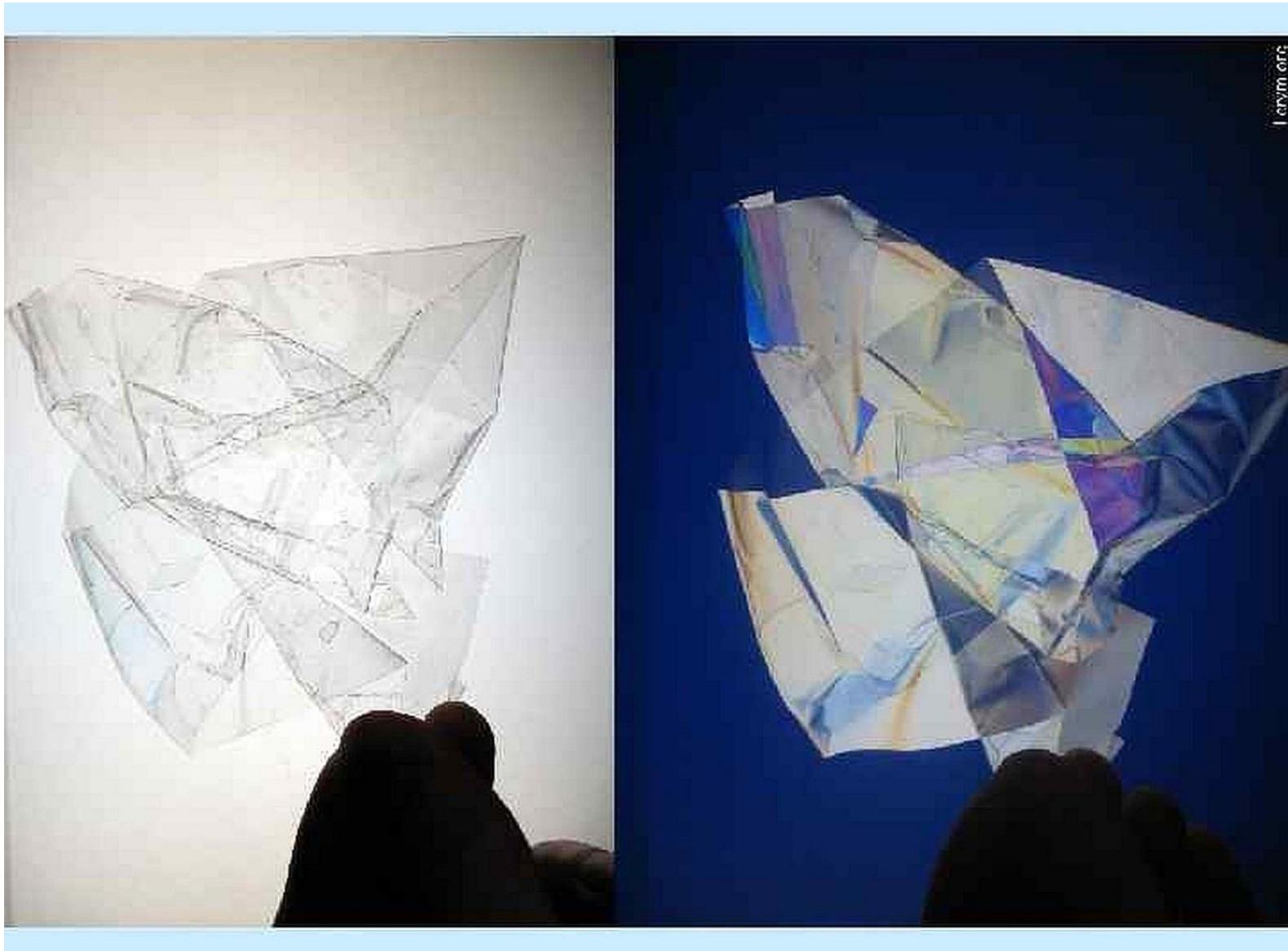
А если повернуть анализатор на 90° ??



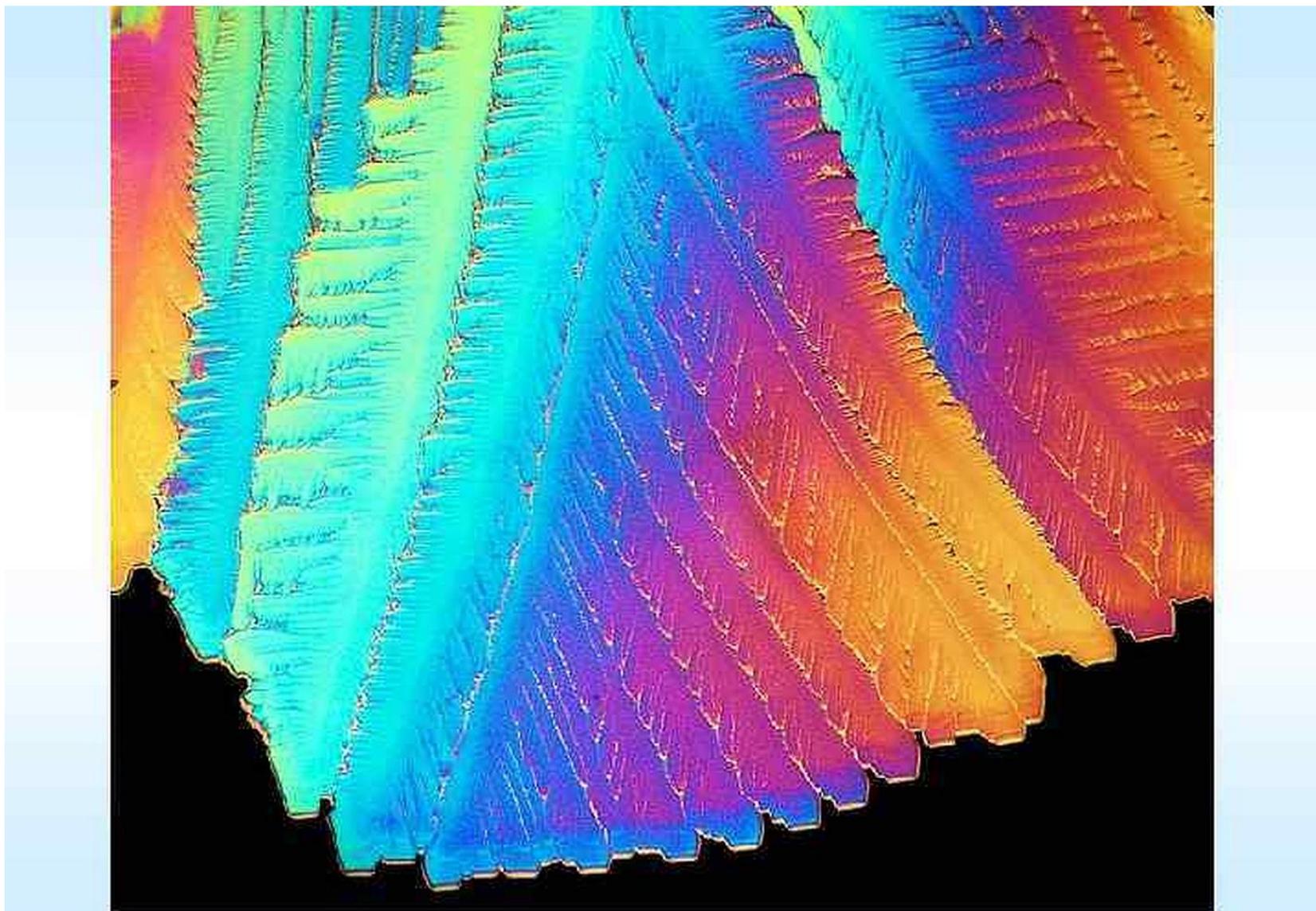
# *Интерференция поляризованного света – ещё картинки*

*Неполяризованный свет*

*Поляризованный свет*



*Интерференция поляризованного света – ещё картинки*



Анизотропный кристалл лимонной кислоты (увеличение 200×).

## 2. Электрооптические эффекты

### а. Эффект Поккельса – линейный электрооптический эффект (для пьезоэлектриков)

$$n_e - n_o = K_2 \cdot E$$

$K_2$  – постоянная Поккельса.

$$\text{LiNbO}_3 : K_2 = 3,7 \cdot 10^{-10} \text{ м/В.}$$

«Оптические затворы» из  $\text{LiNbO}_3$ , дигидрофосфата калия (КДР) –  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  и дигидрофосфата аммония (АДР) –  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ .  
«пластинка  $\lambda/2$ » при  $E = 10^5 \text{ В/м}$  :  $h \approx 1 \text{ мм}$

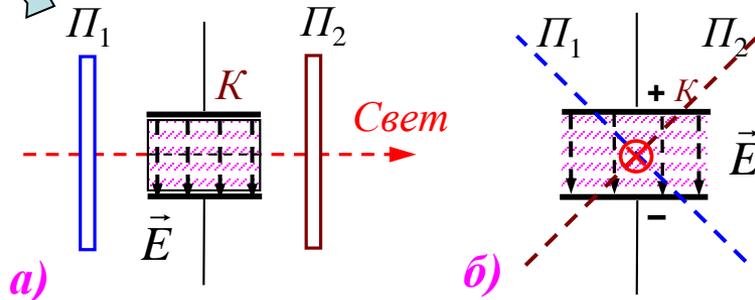
### б. Эффект Керра – квадратичный электрооптический эффект (ориентационный и поляризационный)

$$n_e - n_o = K_3 \cdot E^2$$

$K_3$  – постоянная Керра.

(жидкости, стёкла, ... Нитробензол:  $K_3 = 10^{-18} \text{ м}^2/\text{В}^2$ )

при  $E = 10^6 \text{ В/м}$  («пластинка  $\lambda/2$ »):  $h = 20 \text{ см}$



Оптический затвор  
(ячейки Поккельса или Керра)

### 3. Магнитооптический эффект (эффект Коттона-Мутона) (аналог эффекта Керра)

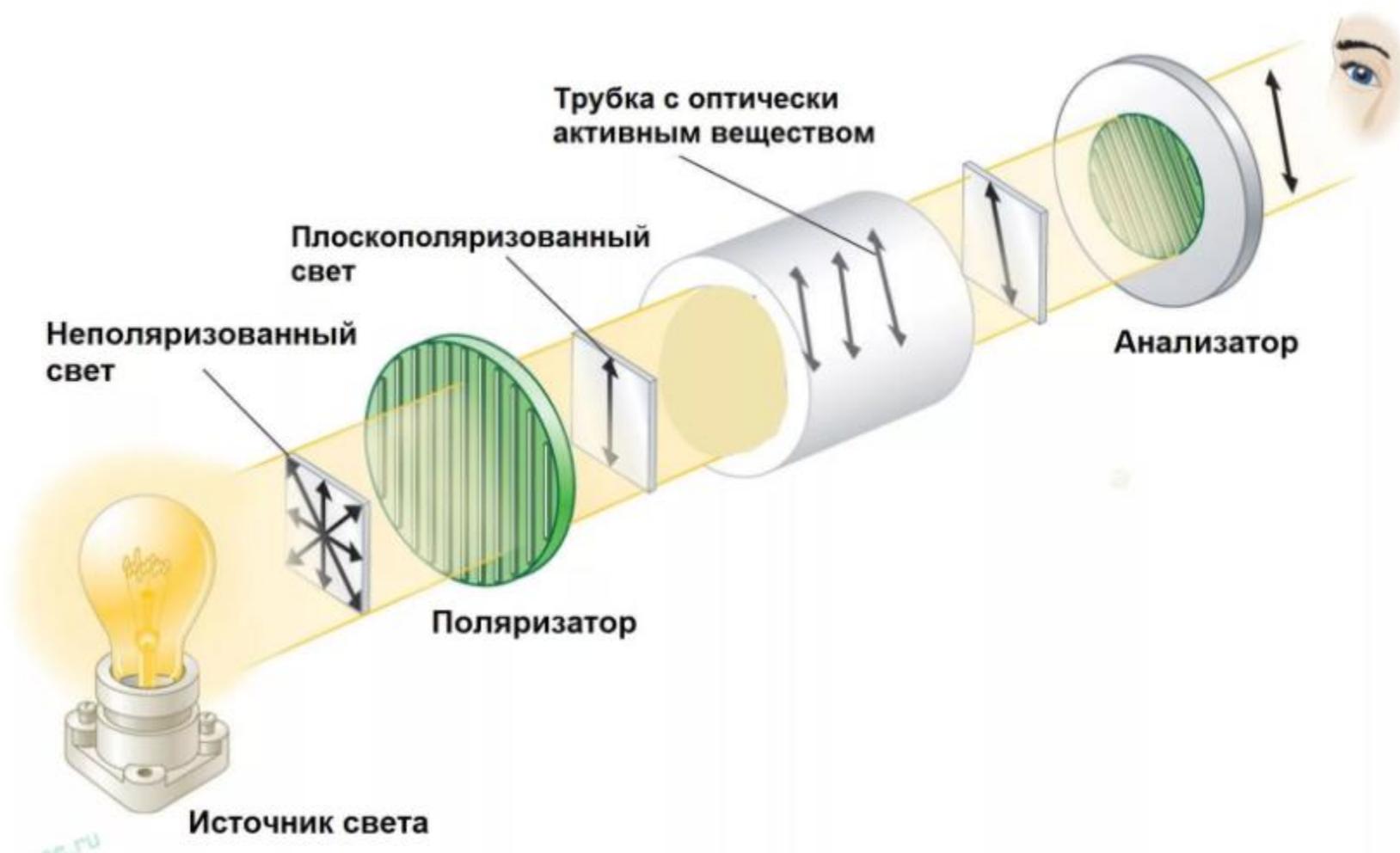
$$n_e - n_o = K_4 B^2$$

$K_4$  – постоянная Коттона-Мутона.

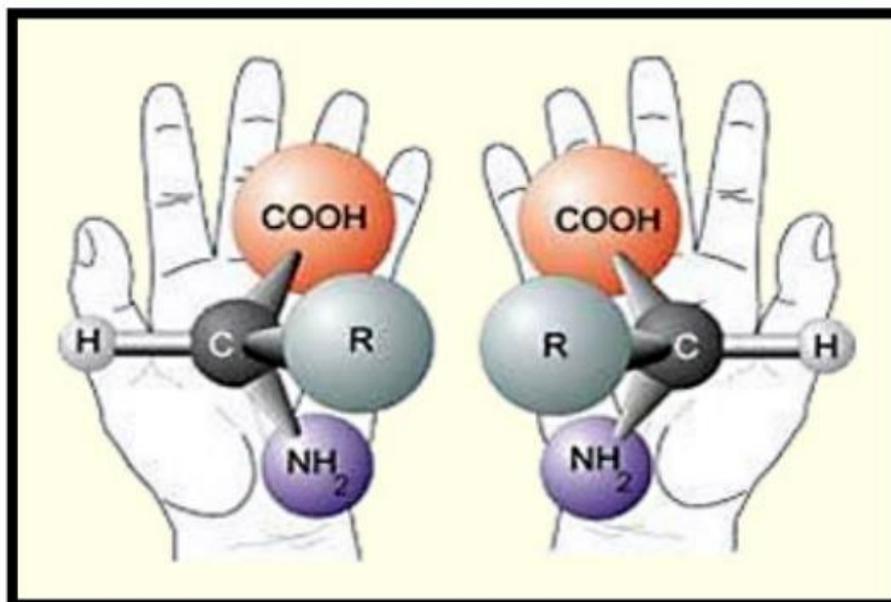
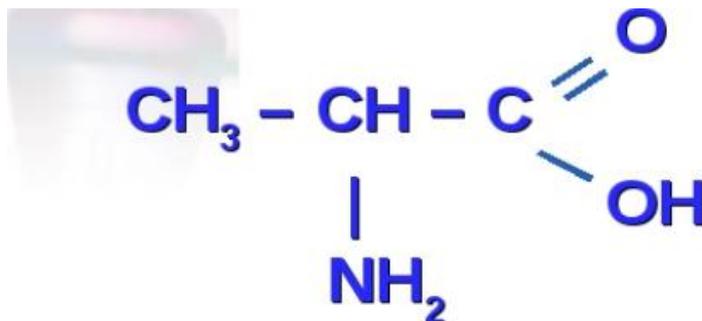
Ж.К. :  $K_4 = 10^{-7} - 10^{-6} \text{ Тл}^2$ .

Очень мал – сугубо “научное” применение

## §8. Оптическая активность (*– вращение плоскости поляризации* *Ф. Араго, 1811 г.)*



*“хиральные молекулы”*, например,  
α-Аминопропионовая кислота – аланин



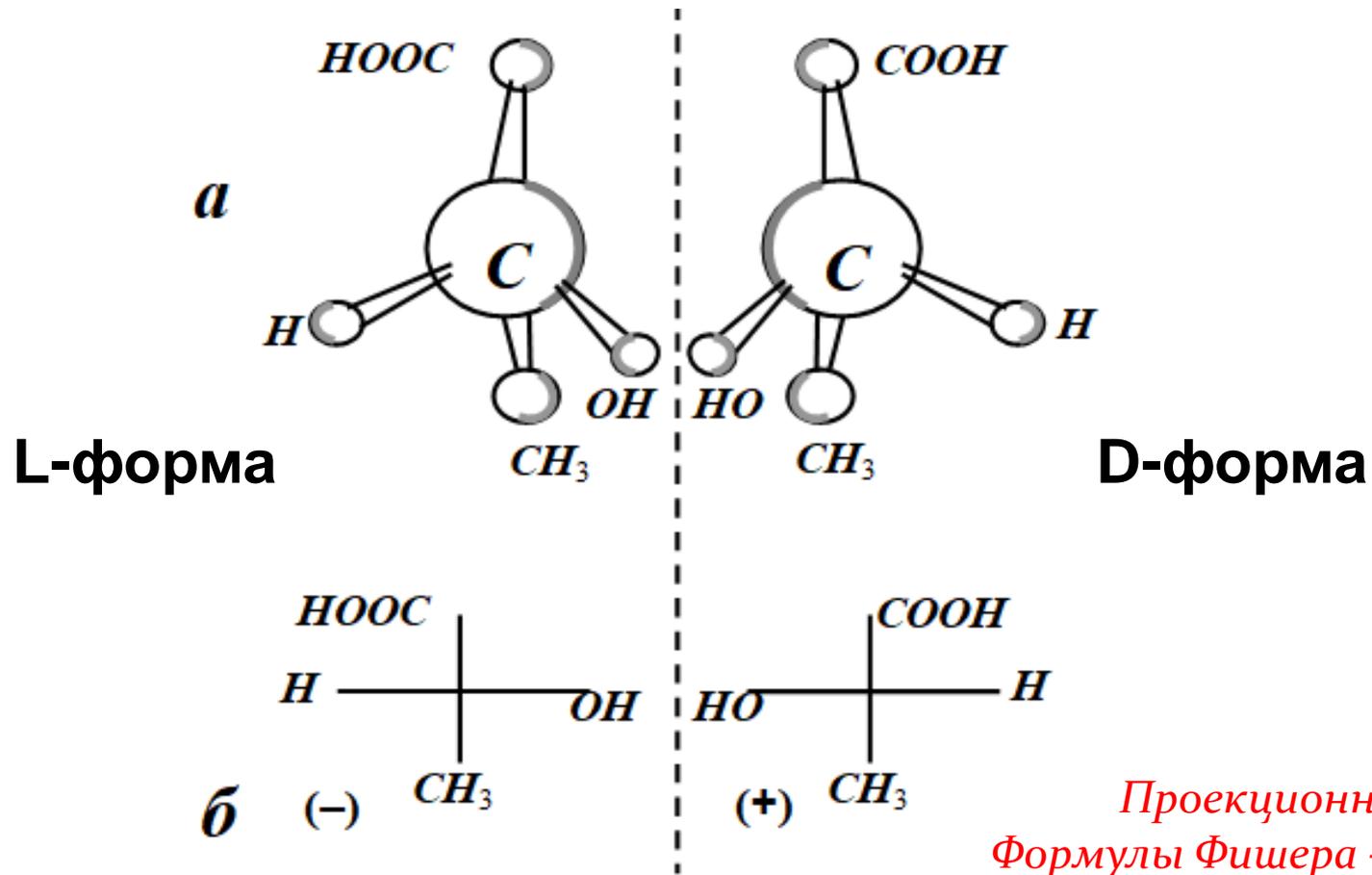
L - Аланин

D - Аланин

# Оптические изомеры

(“стереоизомеры”, “энантиомеры”)

*Молочная кислота:  $\text{CH}_3 - \text{CHON} - \text{COOH}$*



Отделяют из рацемата либо в хим. реакциях с участием асимметричного катализатора, либо микробиологически

$$\theta = [\alpha] \cdot C \cdot l \quad \text{Закон Био (1815)} \quad (\text{Jean-Baptiste Biot})$$

«Annales de Chimie et de Physique» (1860)

**$[\alpha]$  – удельная оптическая активность**

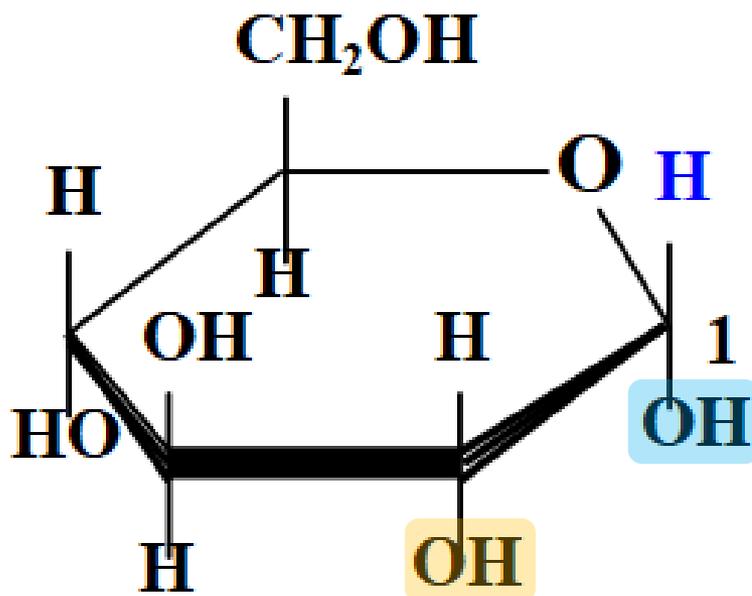
Вещество	Удельное вращение $[\alpha]^D$
Молочная кислота	$\pm 3,82^\circ$
Сахар тростниковый $C_{12}H_{22}O_{11}$	$+66,4^\circ$
Сахар виноградный $C_6H_{12}O_6$	$+52,6^\circ$
Сахар фруктовый $C_6H_{12}O_6$	$-91,9^\circ$

# Оптические антиподы и оптические изомеры :

(кристаллы)

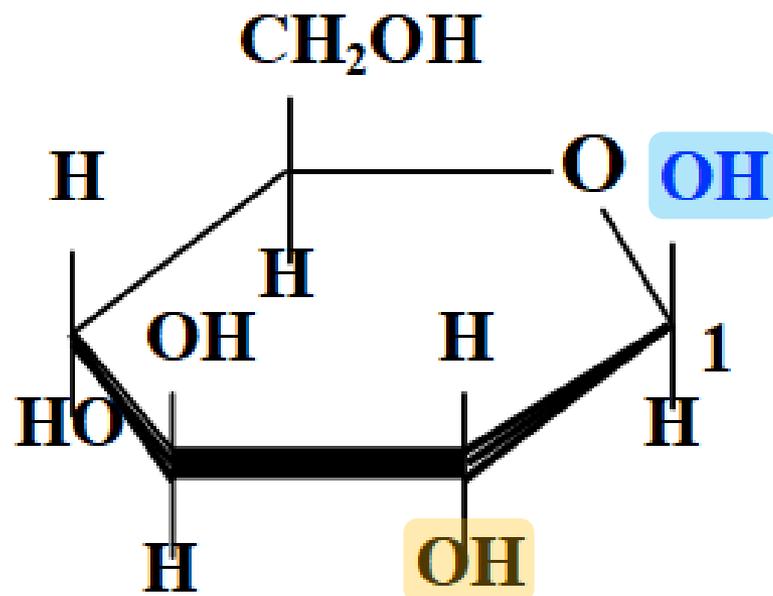
(молекулы)

(зеркальность структуры и зеркальная симметрия на молекулярном уровне)



**$\alpha$  - глюкоза**

$$[\alpha]^D = +112^\circ$$



**$\beta$  - глюкоза**

$$[\alpha]^D = +18,7^\circ$$

\*) D - для желтой линии натрия –  $\lambda = 578$  нм

**Удельное вращение**

*racemus* — виноград

Оптические изомеры отделяют из рацемата либо в хим. реакциях с участием асимметричного катализатора, либо микробиологических  $\Rightarrow$  наличие асимметричных агентов в биологических процессах !

*Пастер!*



(лат. *laevus* — левый)

(*dexter* — правый)

**Живая природа отдаёт предпочтение “L”-аминокислотам и “D”-сахарам.**

**19 из 20 жизненно важных аминокислот оптически активны!**

***Белки строятся в основном из «левых» (“L”) оптических изомеров аминокислот.***

!??



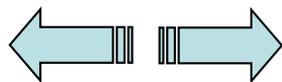
Химические процессы в организме чувствительны к различиям между оптическими изомерами  $\Rightarrow$  учёт структурных особенностей в лекарствах !

## “Стереохимия”

**Стереохимия, структурная химия** — раздел химии о пространственном строении молекул и влиянии этого строения на химические свойства (статическая стереохимия) и на направление и скорость реакций (динамическая стереохимия).

(Издаются журналы: «Журнал структурной химии» / «Координационная химия»)

**Дисперсия оптической активности, поляриметрия**



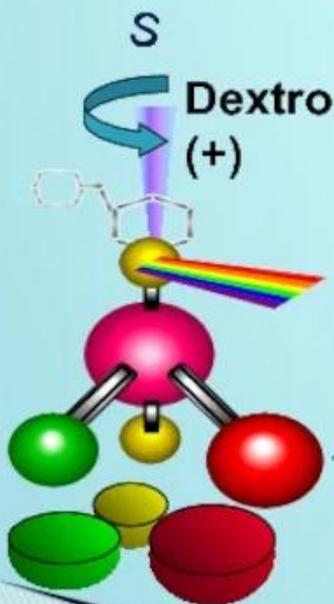
**Строение вещества, строение молекул:**

- природа заместителей в органических молекулах;
- малые вариации внутри- и межмолекулярных взаимодействий

Химические процессы в организме чувствительны к различиям между оптическими изомерами ⇒ учёт структурных особенностей в лекарствах !

## Дексалгин® (dexketoprofen)

Правовращающий S-энантиомер кетопрофена



- Достижение анальгетического эффекта использованием меньших доз препарата, в сравнении с его рацемическим предшественником
- За счет исключения «бесполезного» изомера снижается риск проявления побочных эффектов
- Дозирование: в/м или в/в 50 мг каждые 8–12 часов
- Внутрь 12,5–25 мг 1–3 р/сут

## 8.2. Объяснение оптической активности (“гиротропии”) – гипотеза Френеля

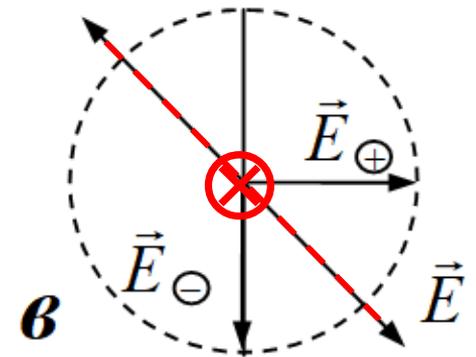
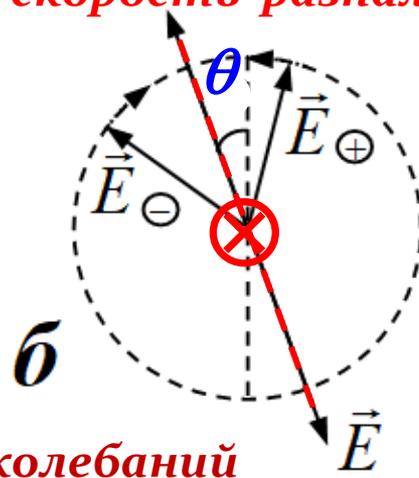
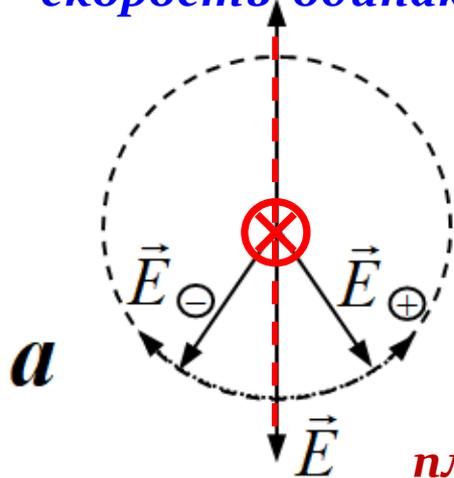
нет оптической активности

среда оптически активна

≡ (вместо “обычной” циркулярная анизотропия среды)

скорость одинакова

скорость разная



плоскость колебаний

$$\Delta = (n_- - n_+) \cdot l$$

$$\theta = \frac{1}{2} \omega \left( \frac{l}{v_-} - \frac{l}{v_+} \right)$$

$$\Delta = \lambda_0 / 4$$

$$n_+ = c/v_+; n_- = c/v_-$$

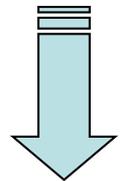
фазовое запаздывание волны

$\vec{E}_{(+)}$

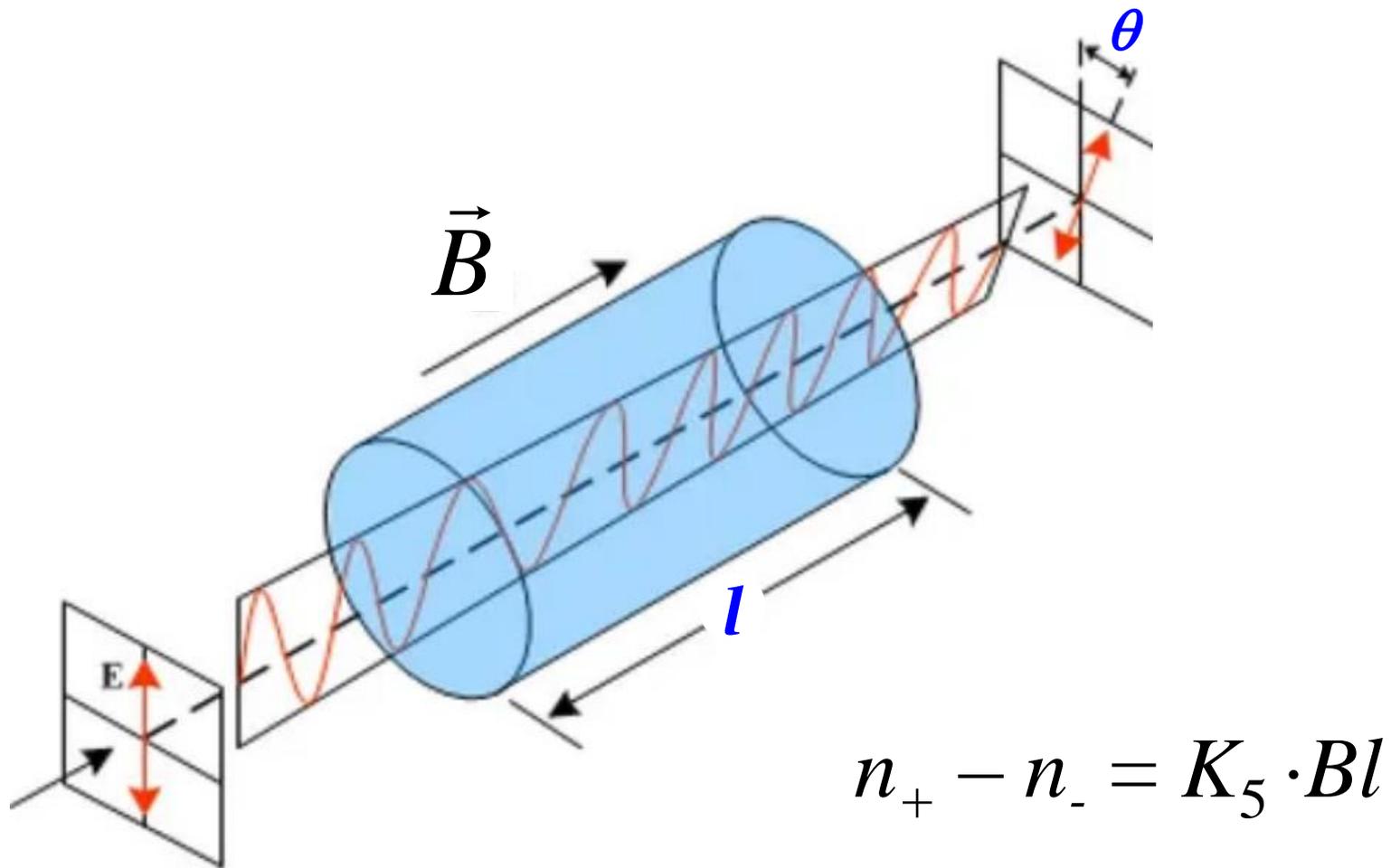
$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot (n_- - n_+) \cdot l$$

$$\theta = \frac{\Delta}{\lambda_0} \cdot \pi$$

$$\theta = \pi / 4$$



### 8.3. Наведённая оптическая активность – эффект Фарадея (1845 г.)



$$n_+ - n_- = K_5 \cdot B l$$

$K_5$  – Постоянная Верде

# Наведённая оптическая активность (эффект Фарадея)



Элементы установки  
Фарадея из музея  
королевского  
института

