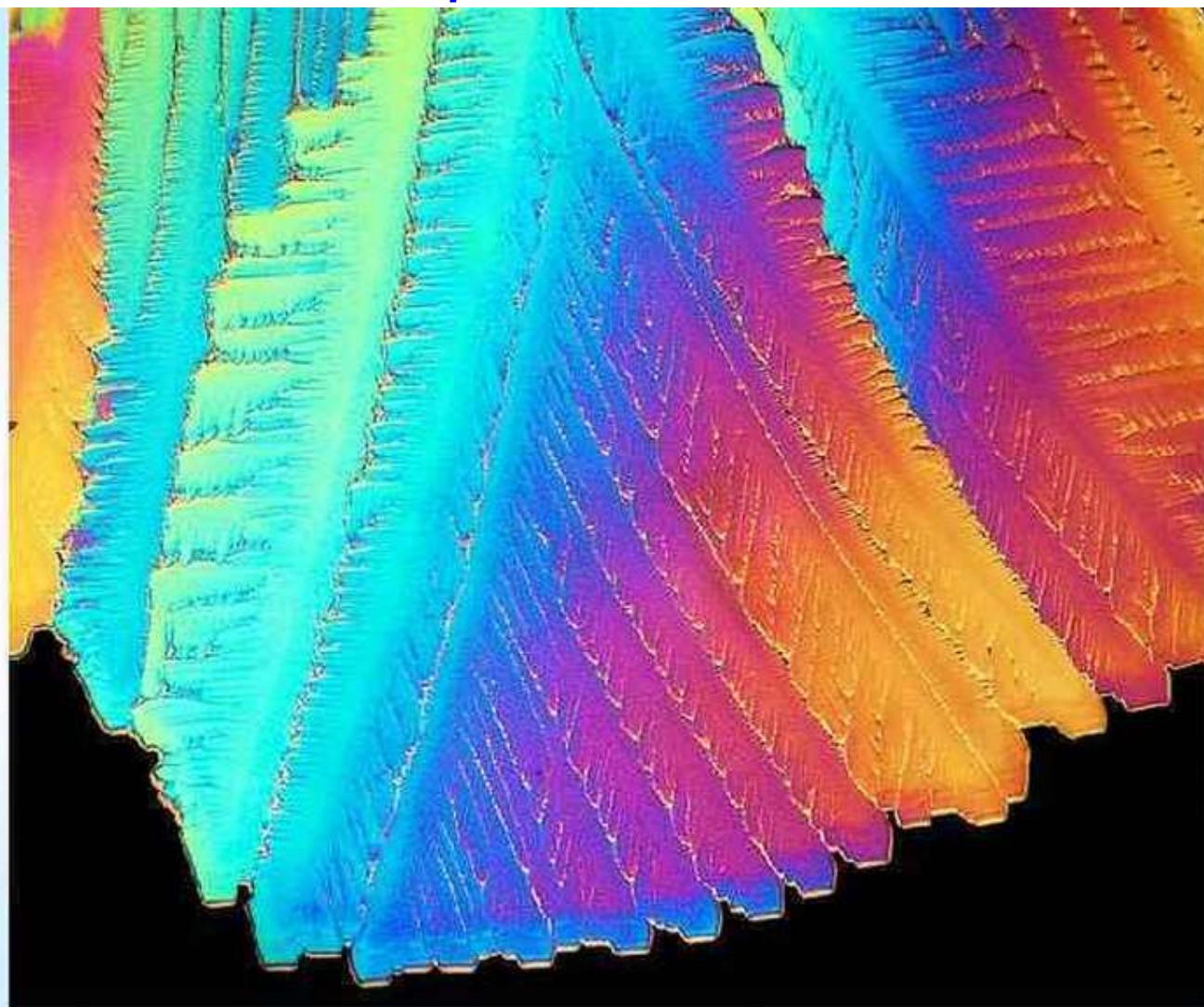


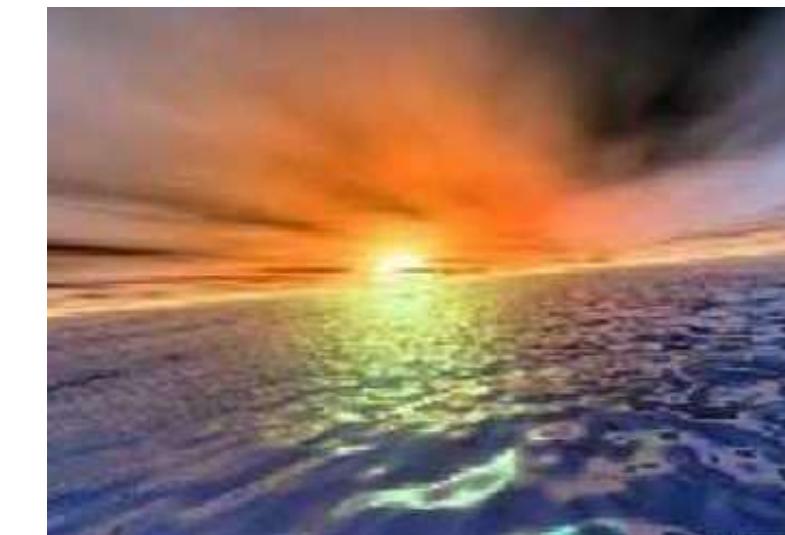
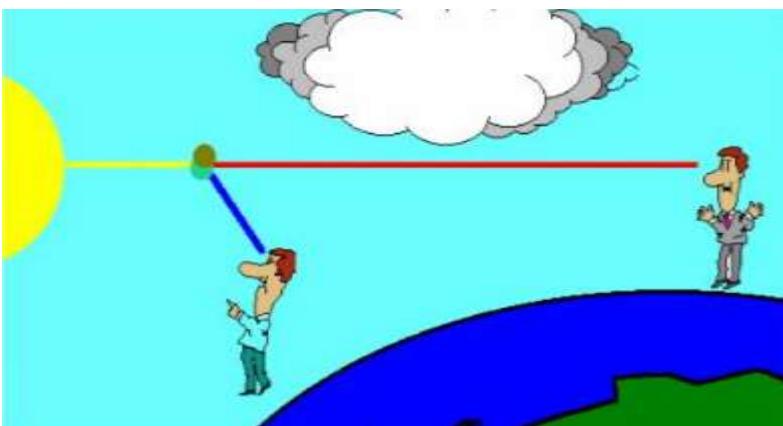
Лекция 16. Поляризация при и отражении и преломлении света.

Искусственная анизотропия и оптическая активность



Анизотропный кристалл лимонной кислоты (увеличение 200×).

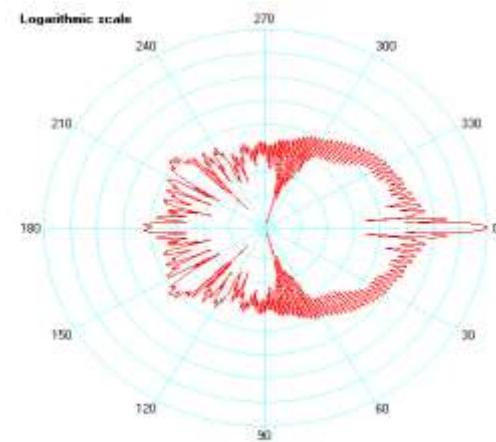
5.2.1. Рассеяние Рэлея а) $D \ll \lambda$ и $l \gg \lambda$ – дымы, туман, суспензии, взвеси, а ещё ... ("Нобель" за открытие аргона в 1904 г.)



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

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

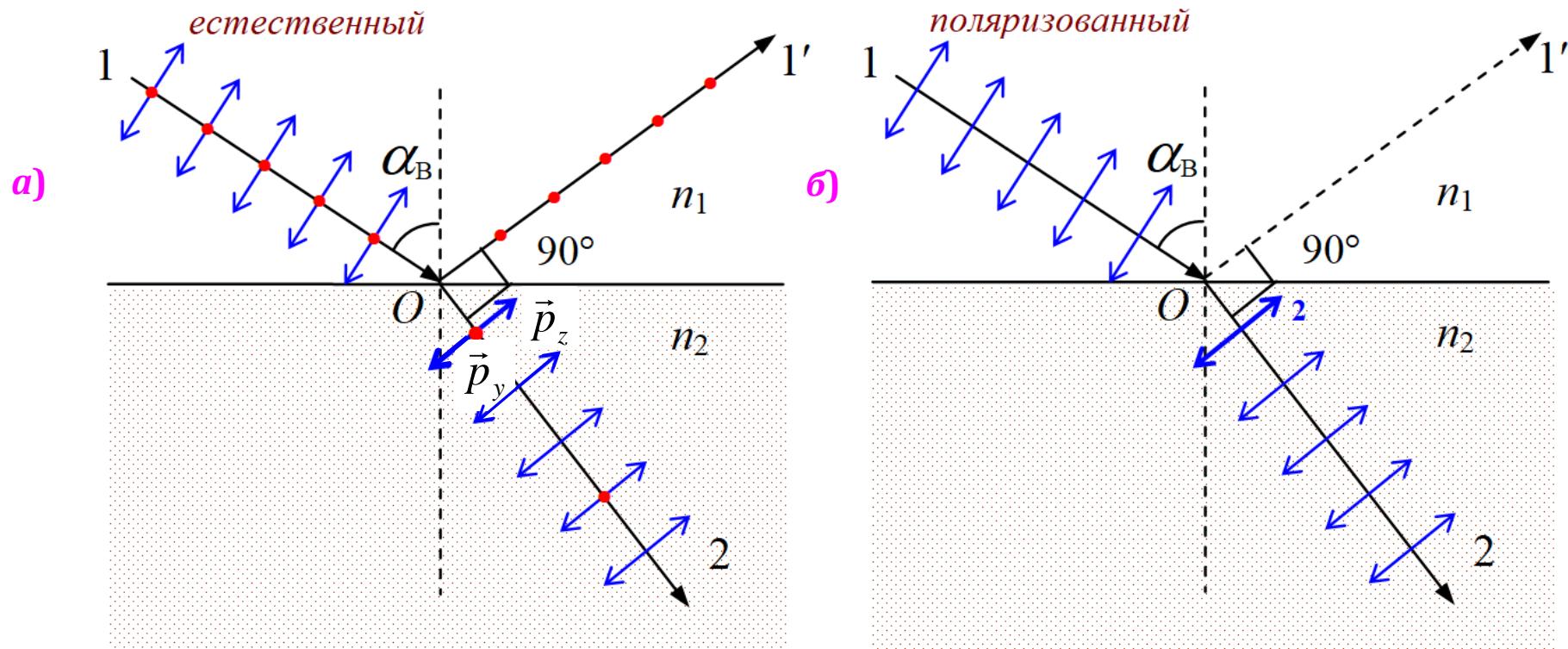
Пример:



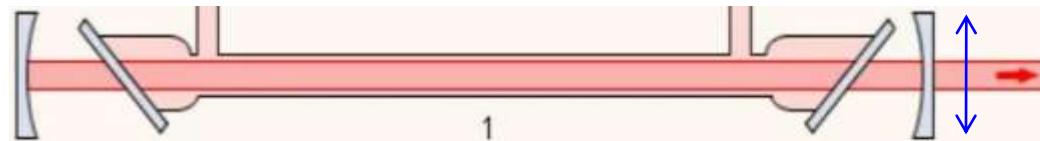
Рассеяние в мелкодисперсных средах
(дифракция на антропогенных загрязнениях атмосферы)

в) + "диффузное отражение" – облака

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



“Окна Брюстера” в газовых лазерах (*LASER - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)



§7. Искусственная оптическая анизотропия и интерференция поляризованного света

1. Пьезооптический эффект или «фотоупругость»

(Т. Зеебек / Д. Брюстер, 1813/1816 гг.)

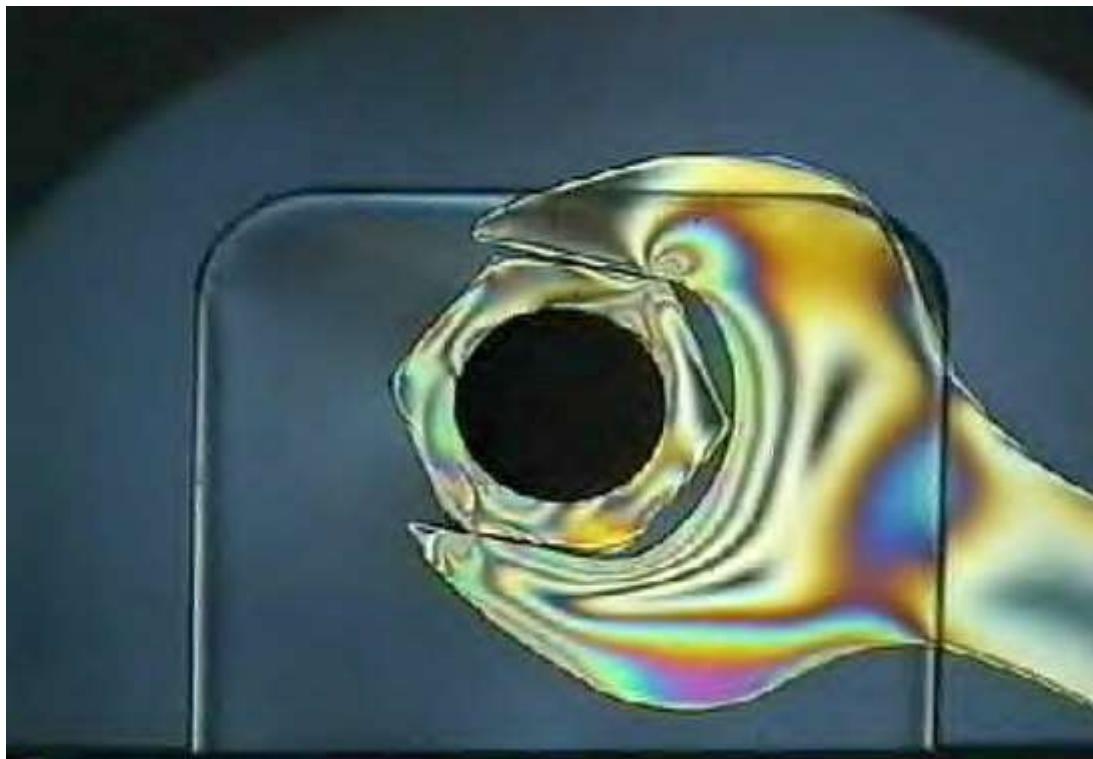
$$n_e - n_o = K_1 \cdot \sigma$$

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

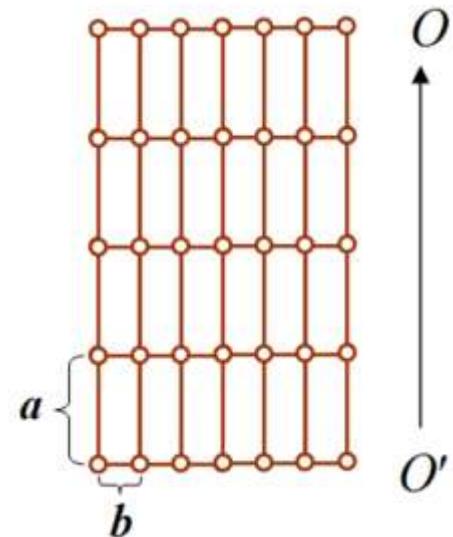
K_1 – упругооптическая постоянная (постоянная Брюстера)

Стёкла, полимеры , ...

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



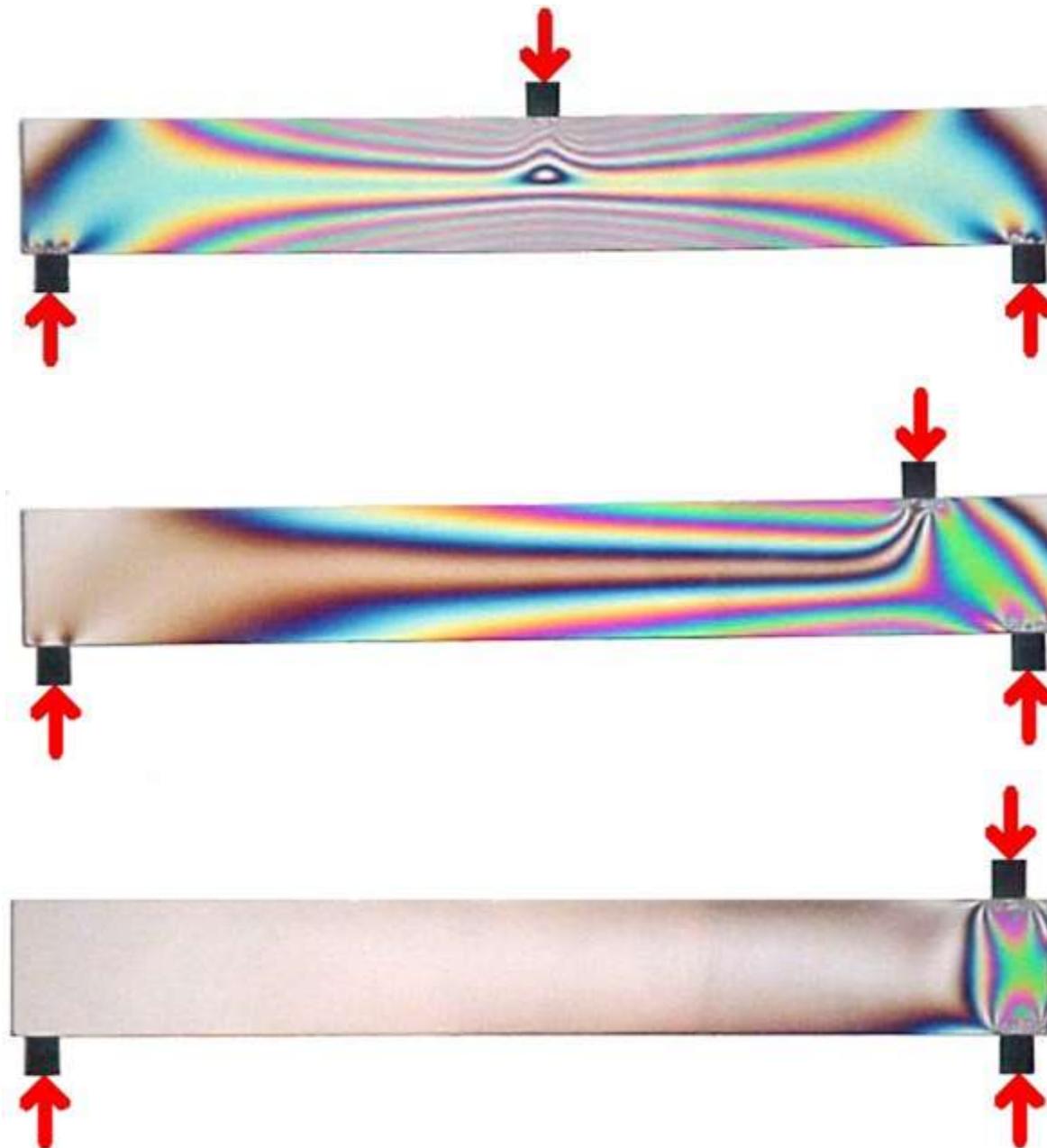
Rem:



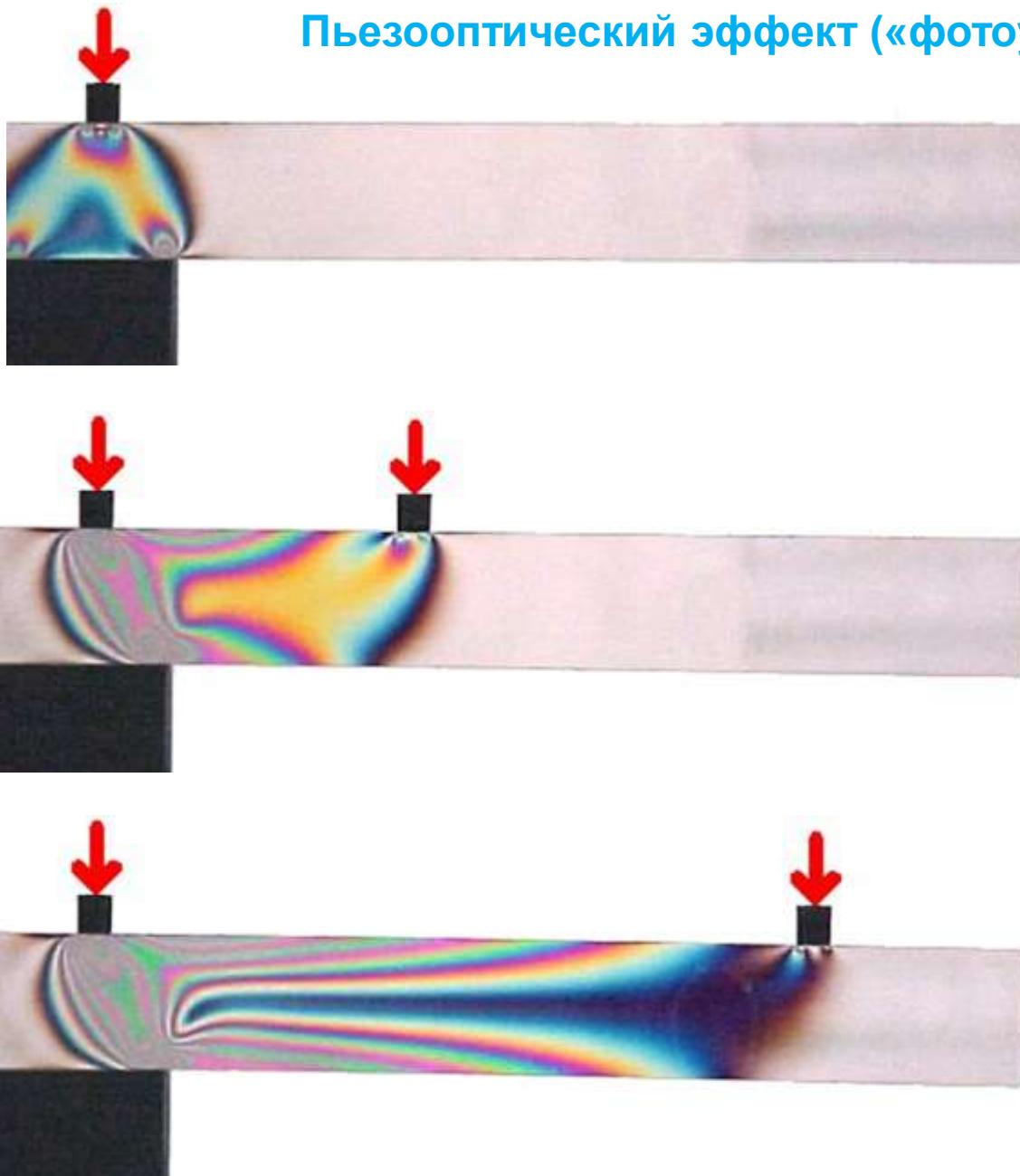
Деформация \Rightarrow анизотропия

Оптическая ось –
вдоль направления растяжения

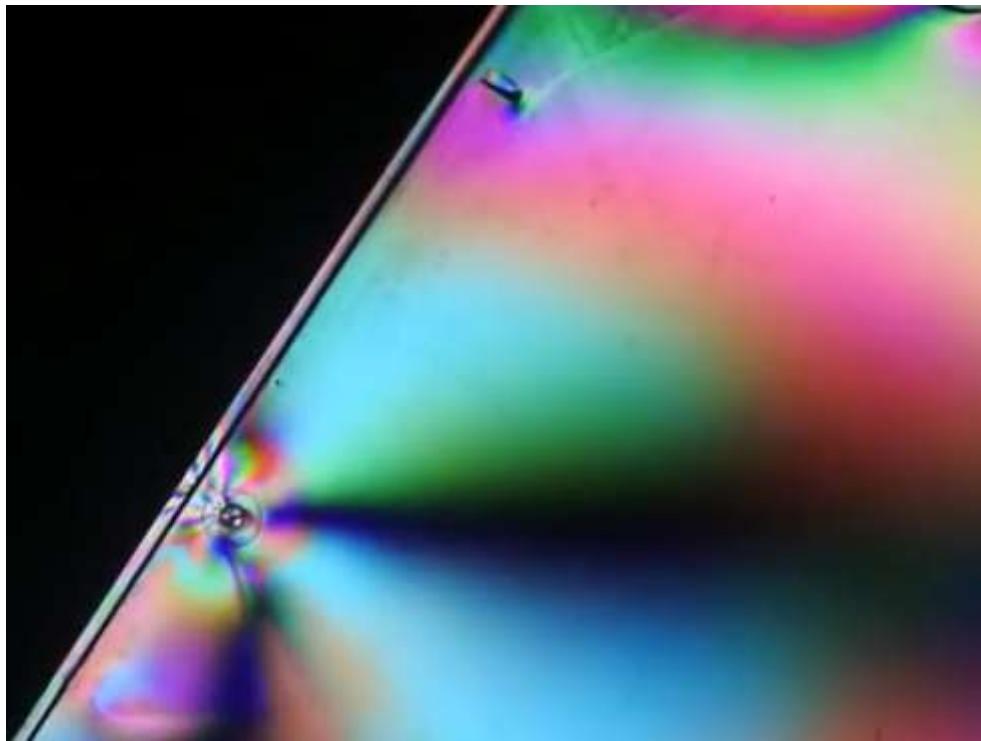
Пьезооптический эффект («фотоупругость»)



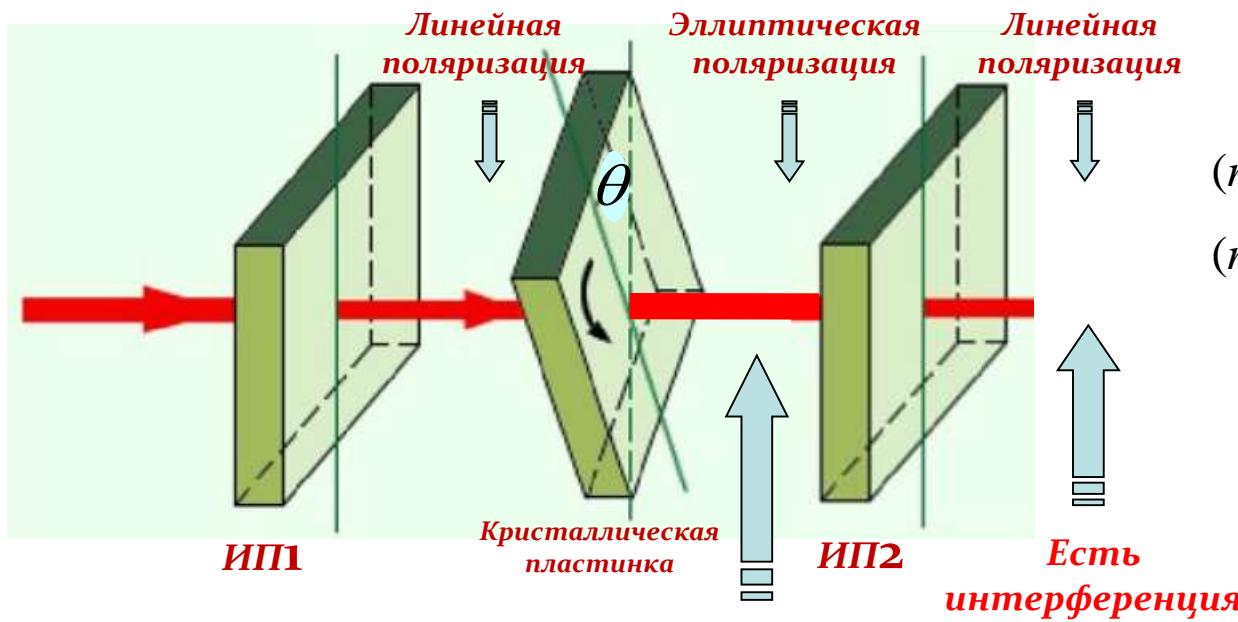
Пьезооптический эффект («фотоупругость»)



*Пьезооптический эффект
«фотоупругость»*



^{*)} Интерференция поляризованного света. Цвета кристаллических пластинок



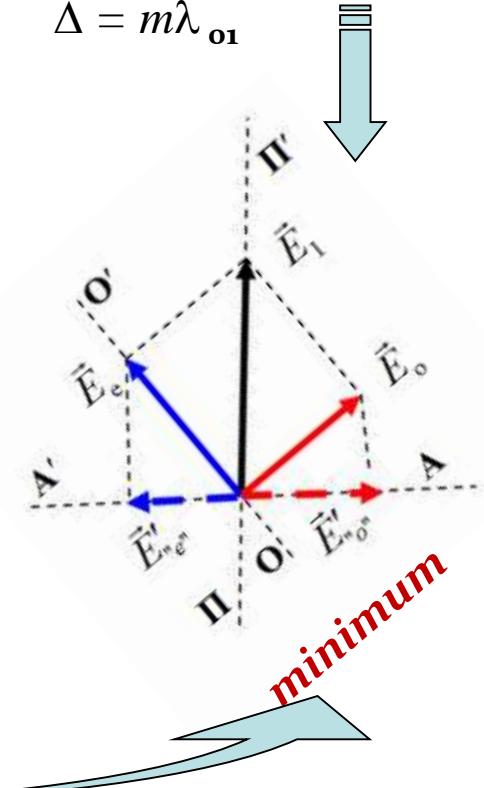
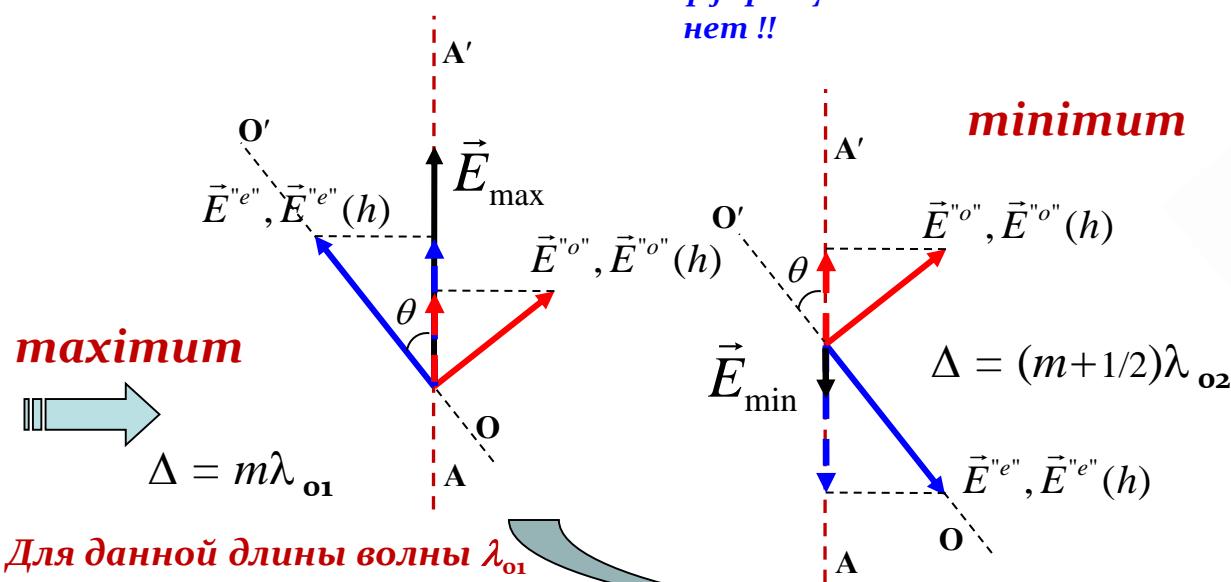
$$\delta = 2\pi\Delta/\lambda_0, \quad \Delta = (n_e - n_o) \cdot h$$

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

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

А если повернуть анализатор на 90° ??

$$\Delta = m\lambda_{\text{op}}$$



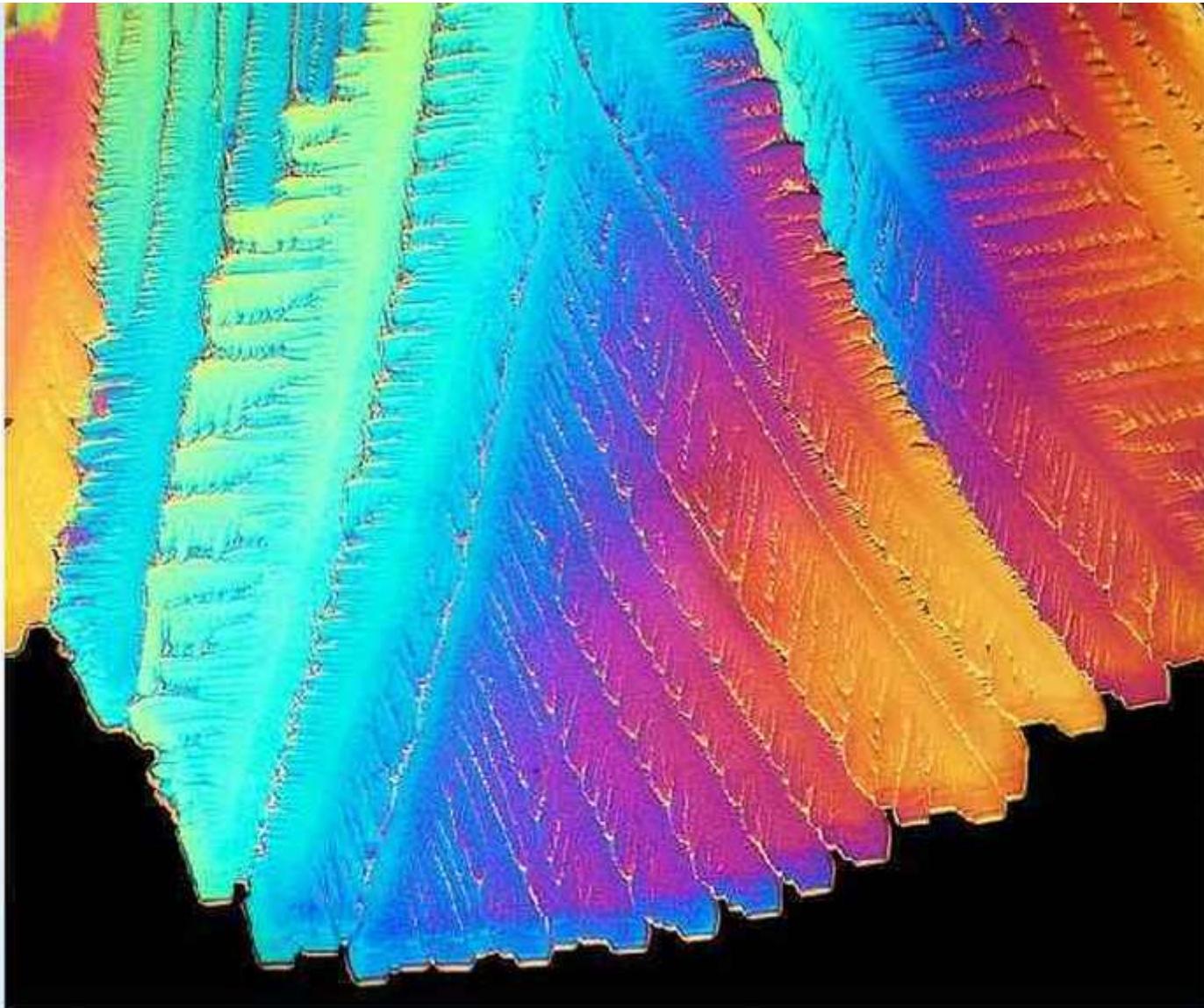
Интерференция поляризованного света – ещё картинки

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 – «обратный пьезоэффект»)**

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

K_2 – постоянная Поккельса.
 $LiNbO_3 : K_2 = 3,7 \cdot 10^{-10} \text{ м/В.}$

«Оптические затворы» из $LiNbO_3$, дигидрофосфата калия (КДР) – KH_2PO_4 и дигидрофосфата аммония (АДР) – $NH_4H_2PO_4$.
«пластина $\lambda/2$ » при $E = 10^5 \text{ В/м} : h \approx 1 \text{ мм}$

б. Эффект Керра – квадратичный электрооптический эффект

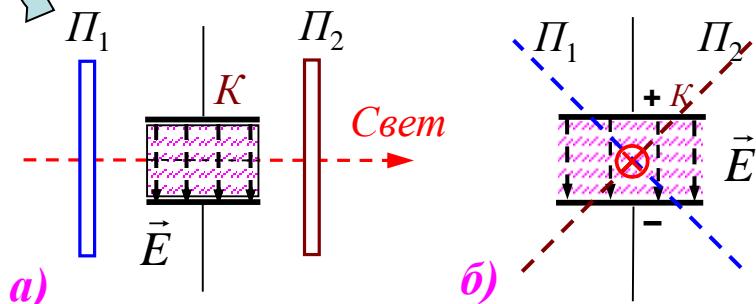
(ориентационный и поляризационный)

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

K_3 – постоянная Керра.

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

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



**Оптический затвор
(ячейки Поккельса или Керра)**

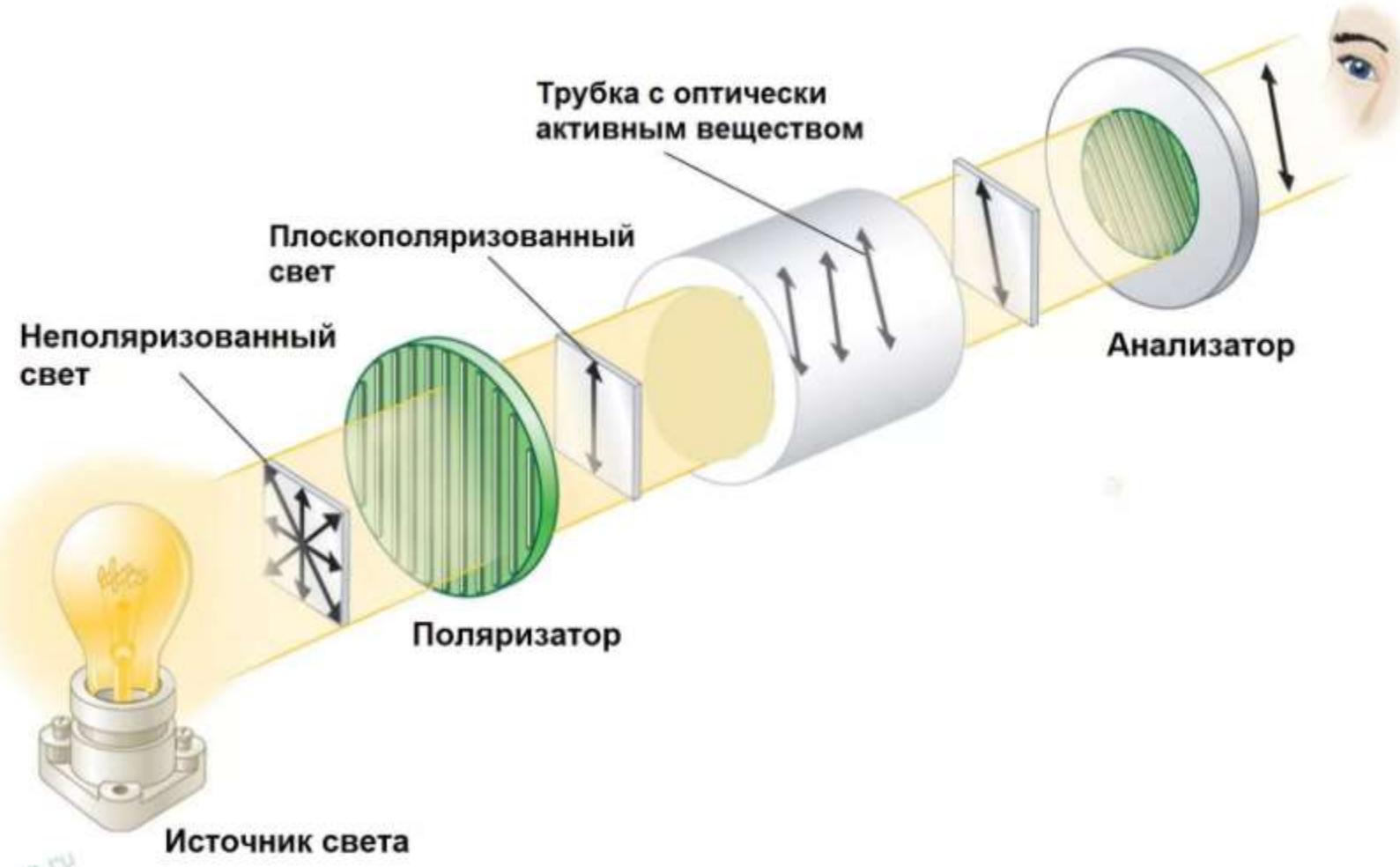
3. Магнитооптический эффект (эффект Коттона-Мутона)
(аналог эффекта Керра)

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

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

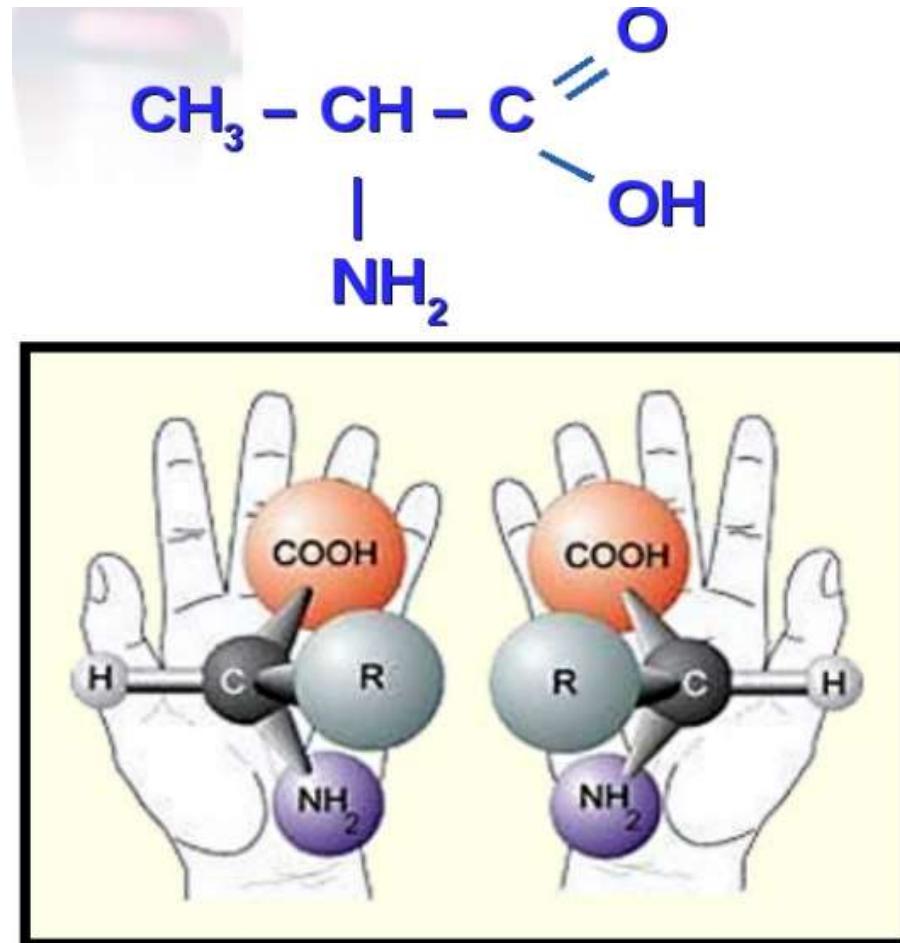
Очень мал. НО: даёт
информацию о структуре молекул, образовании
межмолекулярных агрегатов и подвижности молекул

§8. Оптическая активность (- вращение плоскости поляризации открыто Ф. Араго, 1811 г. для кварца)



“хиральные молекулы”, например,

α -Аминопропионовая кислота – аланин

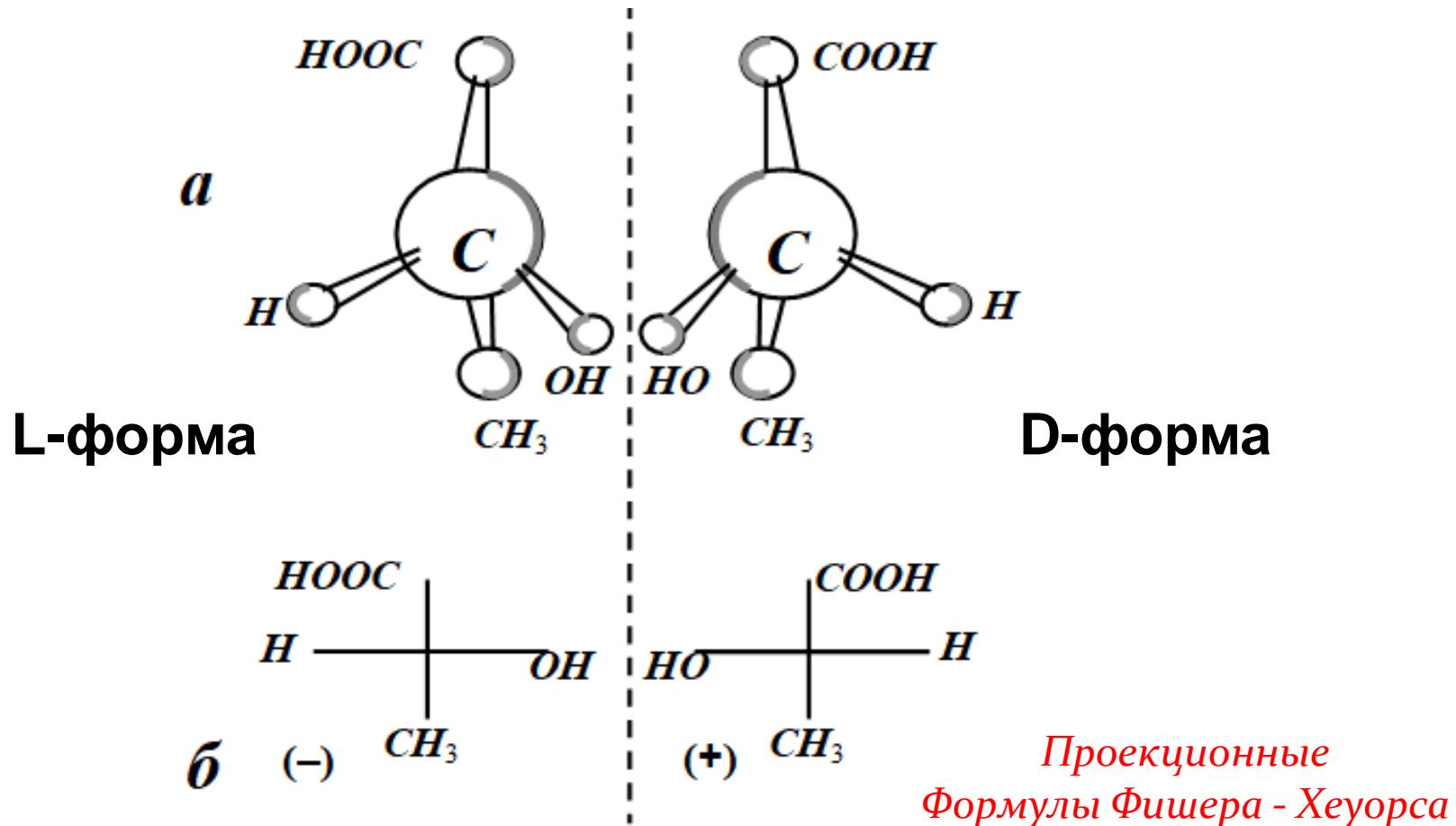


^{*)} L и D (dexter – правый и laevus – левый, лат)

Оптические изомеры

(“стереоизомеры”, “энантиомеры”)

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



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

$$\theta = [\alpha] \cdot C \cdot l$$

Закон Био (1815)

(Jean-Baptiste Biot)

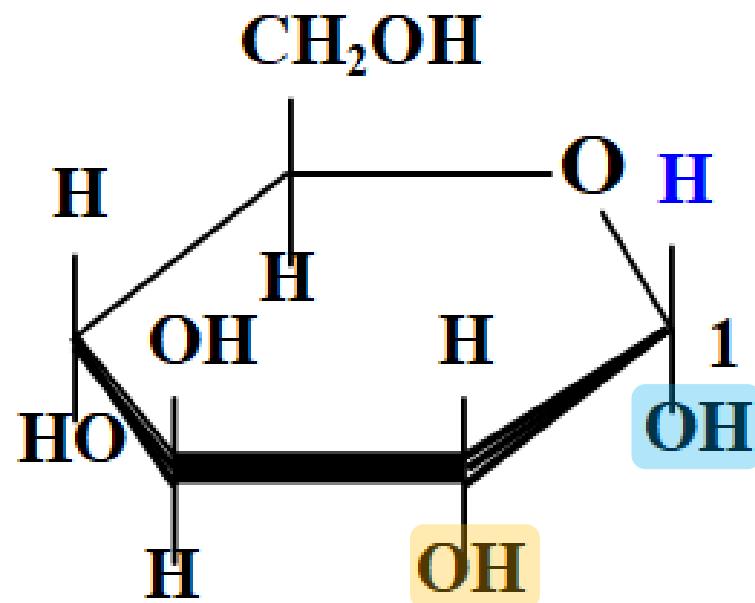
«Annales de Chimie et de Physique» (1860)

[α] – удельная оптическая активность

| Вещество | Удельное вращение [α] ^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 $C_6H_{12}O_6$ | $-91,9^\circ$ |

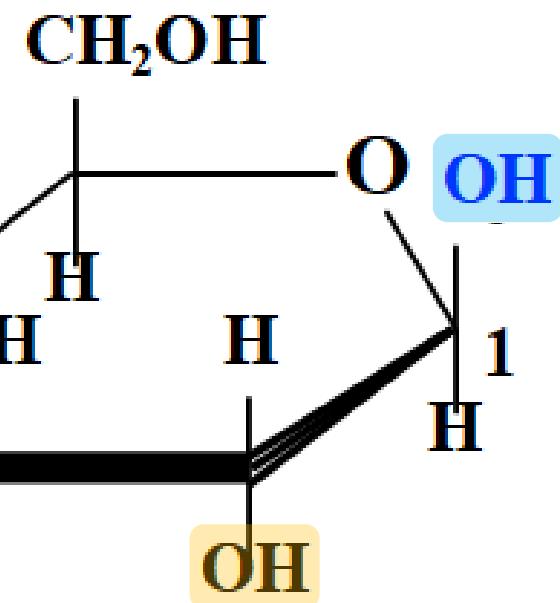
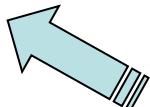
Оптические антиподы и оптические изомеры :

(кристаллы) (молекулы)
(зеркальность структуры и зеркальная симметрия на молекулярном уровне)



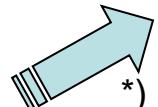
α - глюкоза

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



β - глюкоза

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



*) D - для жёлтой линии натрия – $\lambda = 578 \text{ нм}$

Удельное вращение

racetus — 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. *laevis* — 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.

!??



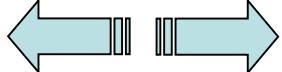
Химические процессы в организме чувствительны к различиям между оптическими изомерами \Rightarrow учёт структурных особенностей в лекарствах !

“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



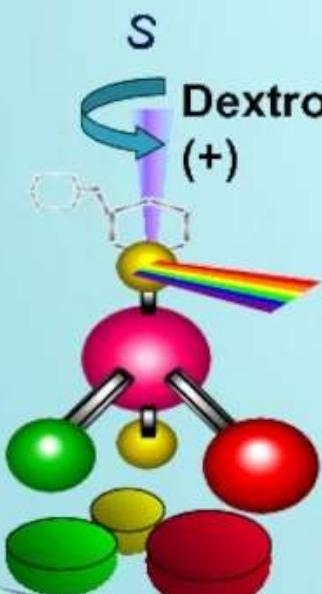
Строение вещества, строение молекул:

- 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

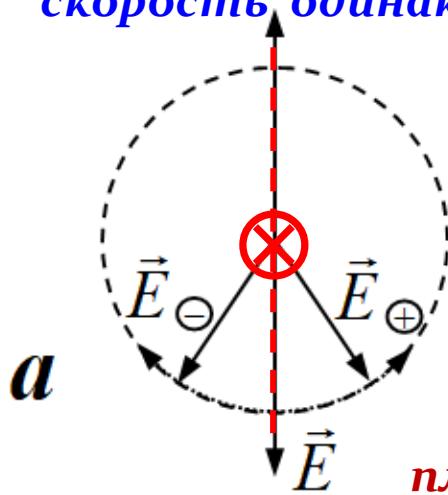


- Достижение анальгетического эффекта использованием меньших доз препарата, в сравнении с его рацемическим предшественником
- За счет исключения «бесполезного» изомера снижается риск проявления побочных эффектов
- Дозирование: в/м или в/в 50 мг каждые 8–12 часов
- Внутрь 12,5–25 мг 1–3 р/сут

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

нет оптической активности

скорость одинакова



a

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

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

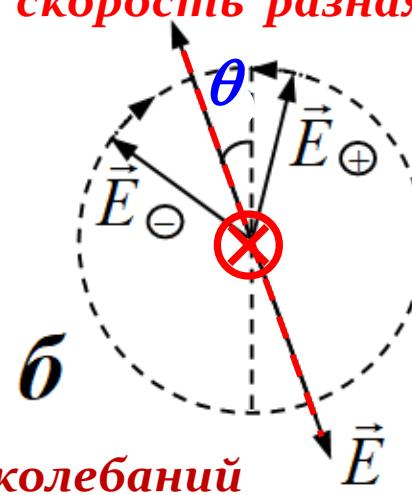
фазовое запаздывание волн

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

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

среда оптически активна

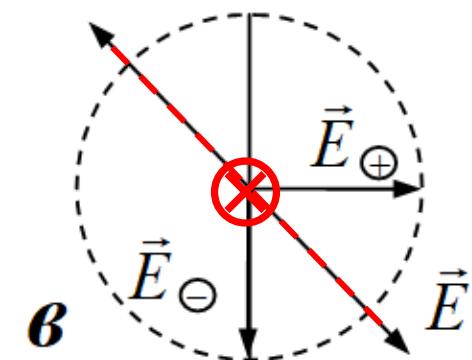
скорость разная



б

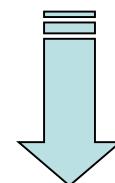
$$\theta = \frac{1}{2} \omega \left(\frac{l}{v_-} - \frac{l}{v_+} \right)$$

≡ (вместо “обычной” циркулярная анизотропия среды)



в

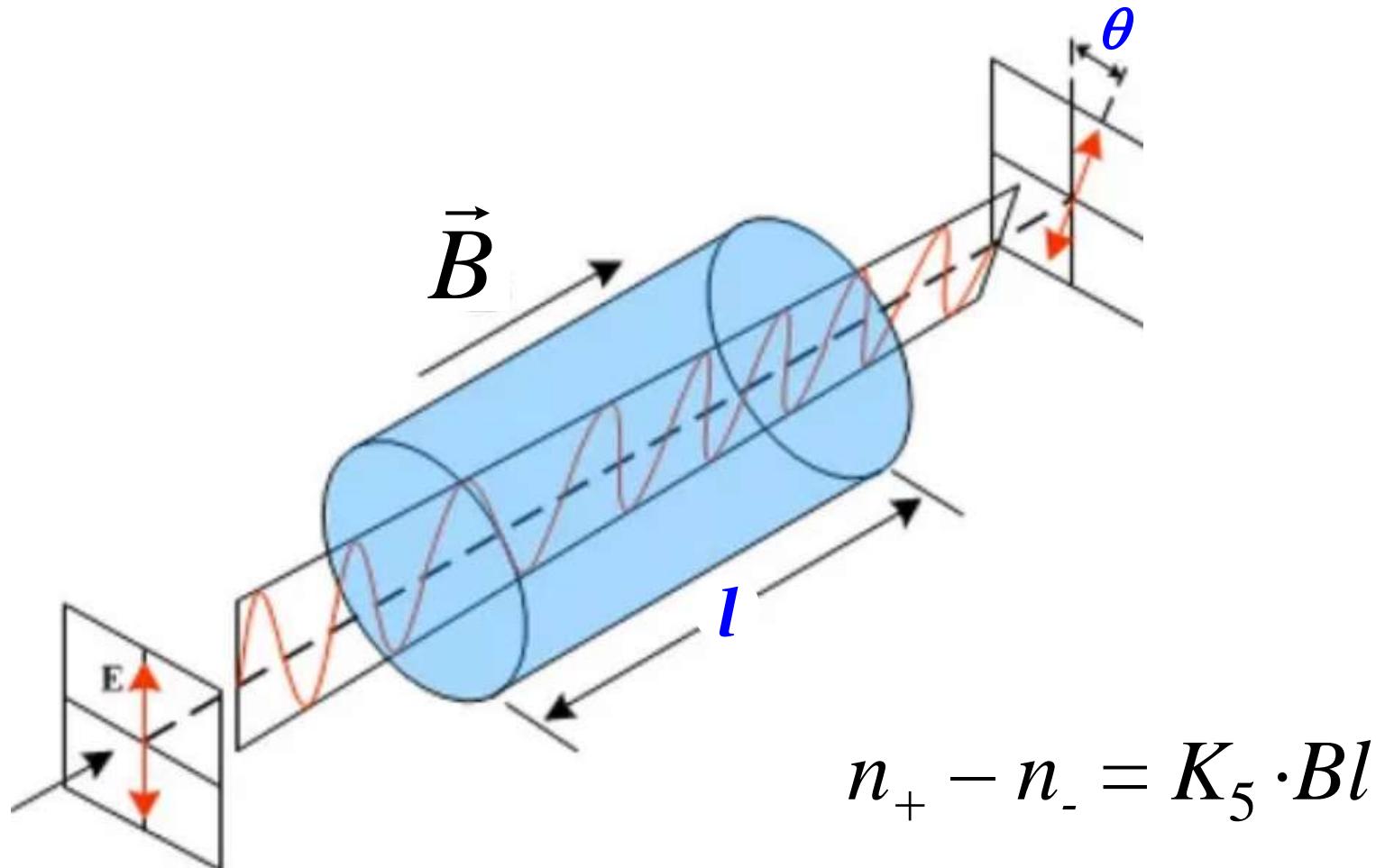
$$\Delta = \lambda_0 / 4$$



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

$$\theta = \pi / 4$$

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



K₅ – Постоянная Верде

Наведённая оптическая активность (эффект Фарадея)



*Элементы установки
Фарадея из музея
королевского
института*

