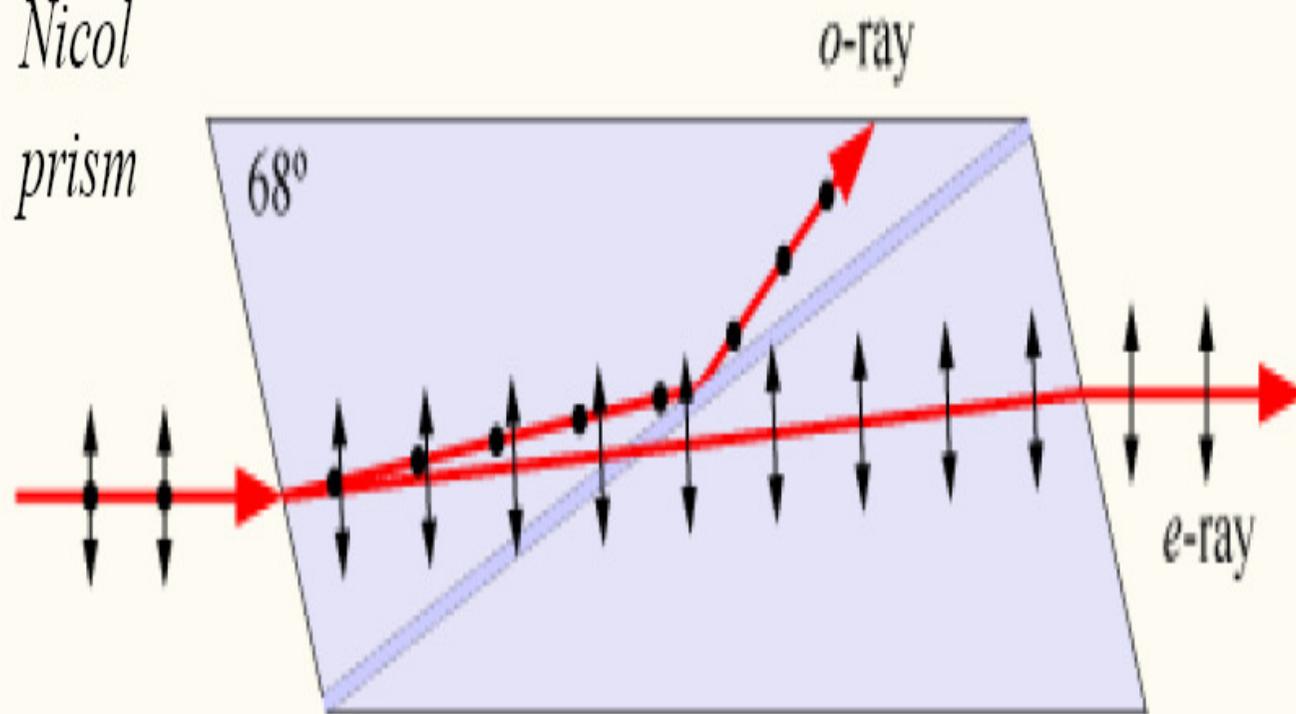


Глава 7. Основы кристаллооптики

- Поляризационные приспособления

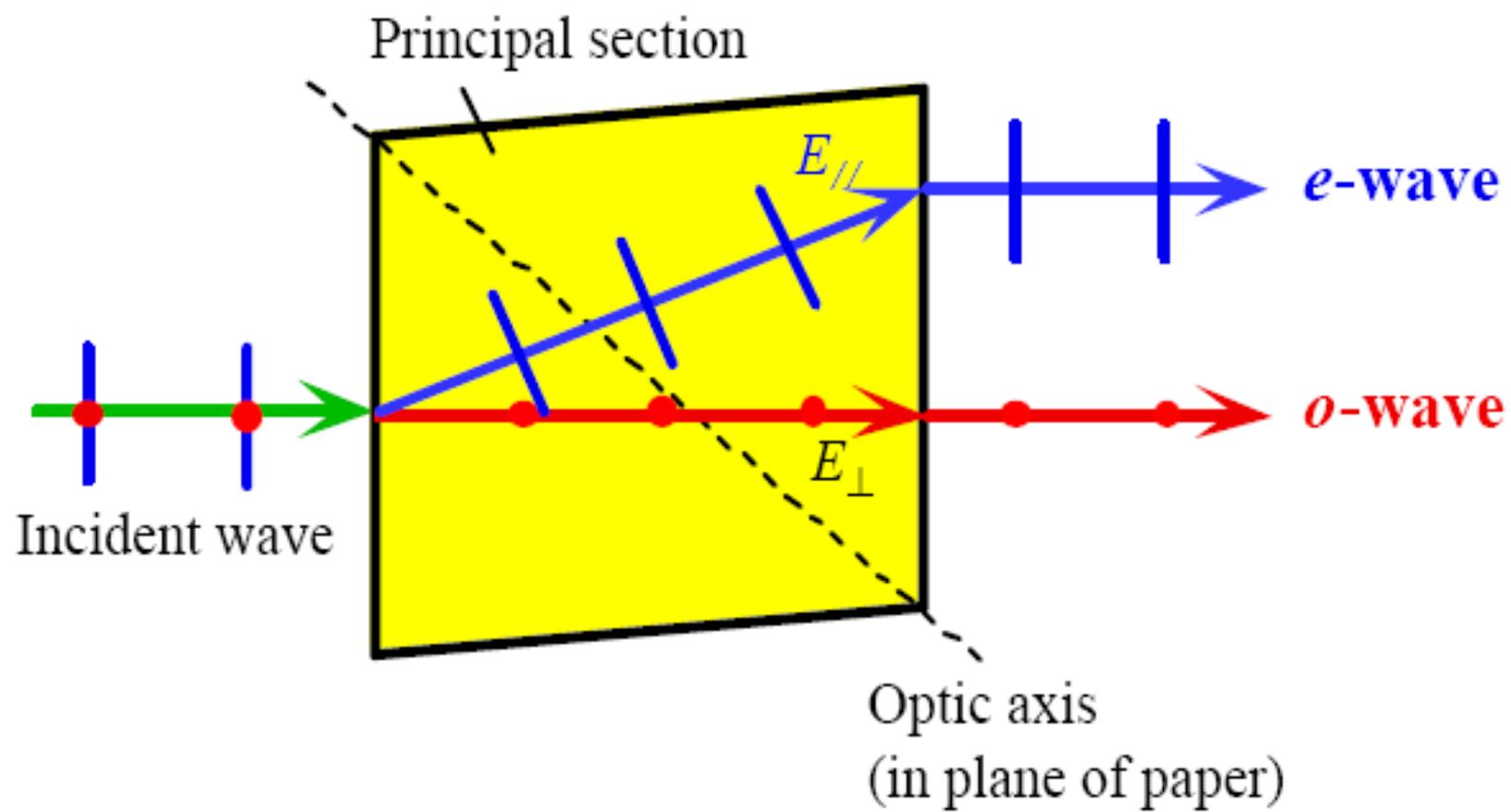
*Nicol
prism*



$$n_o = 1.66$$

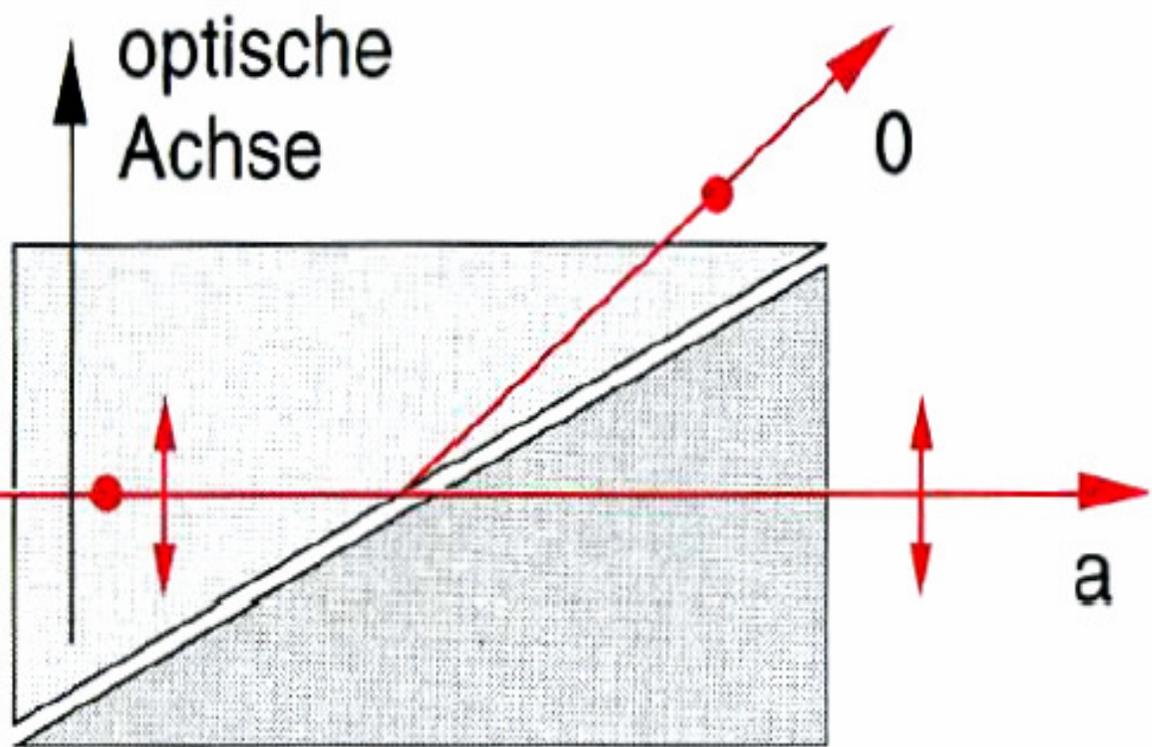
$$n_{\text{balsam}} = 1.53$$

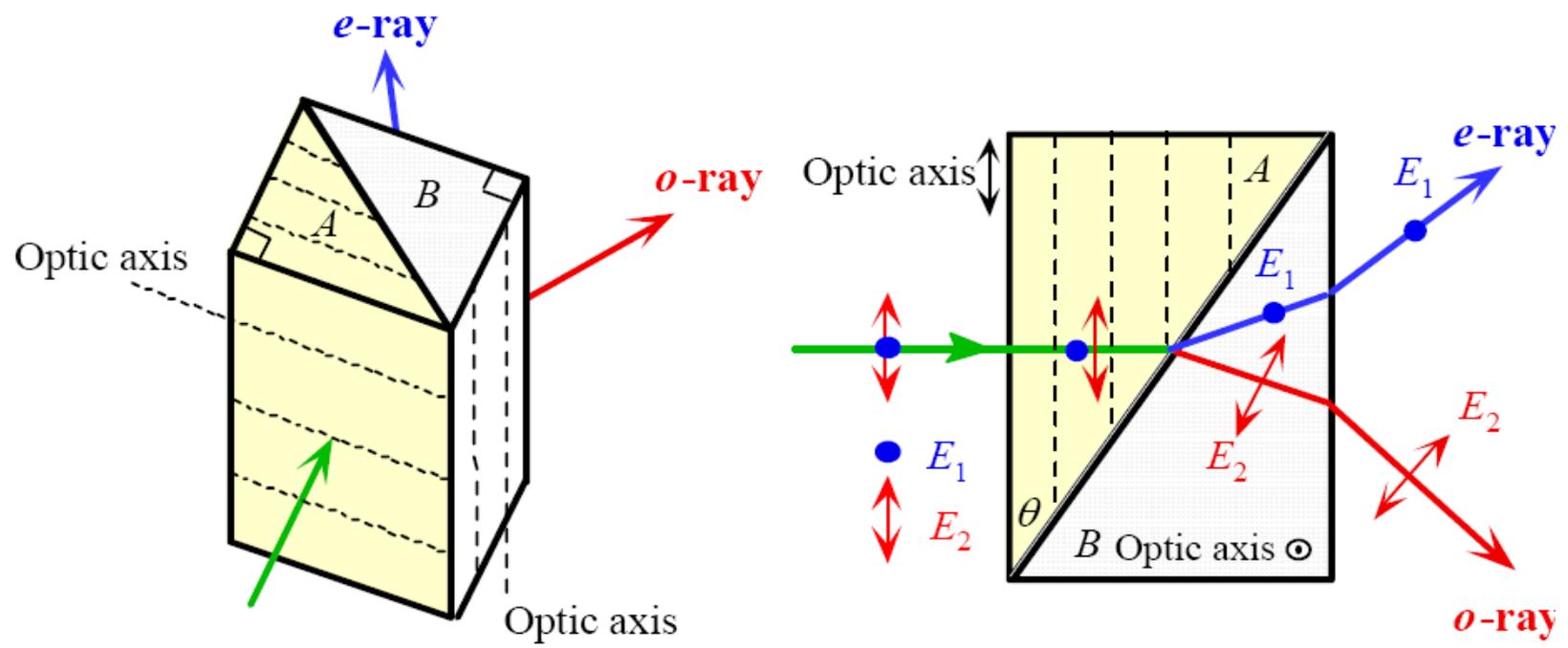
$$n_E = 1.49$$

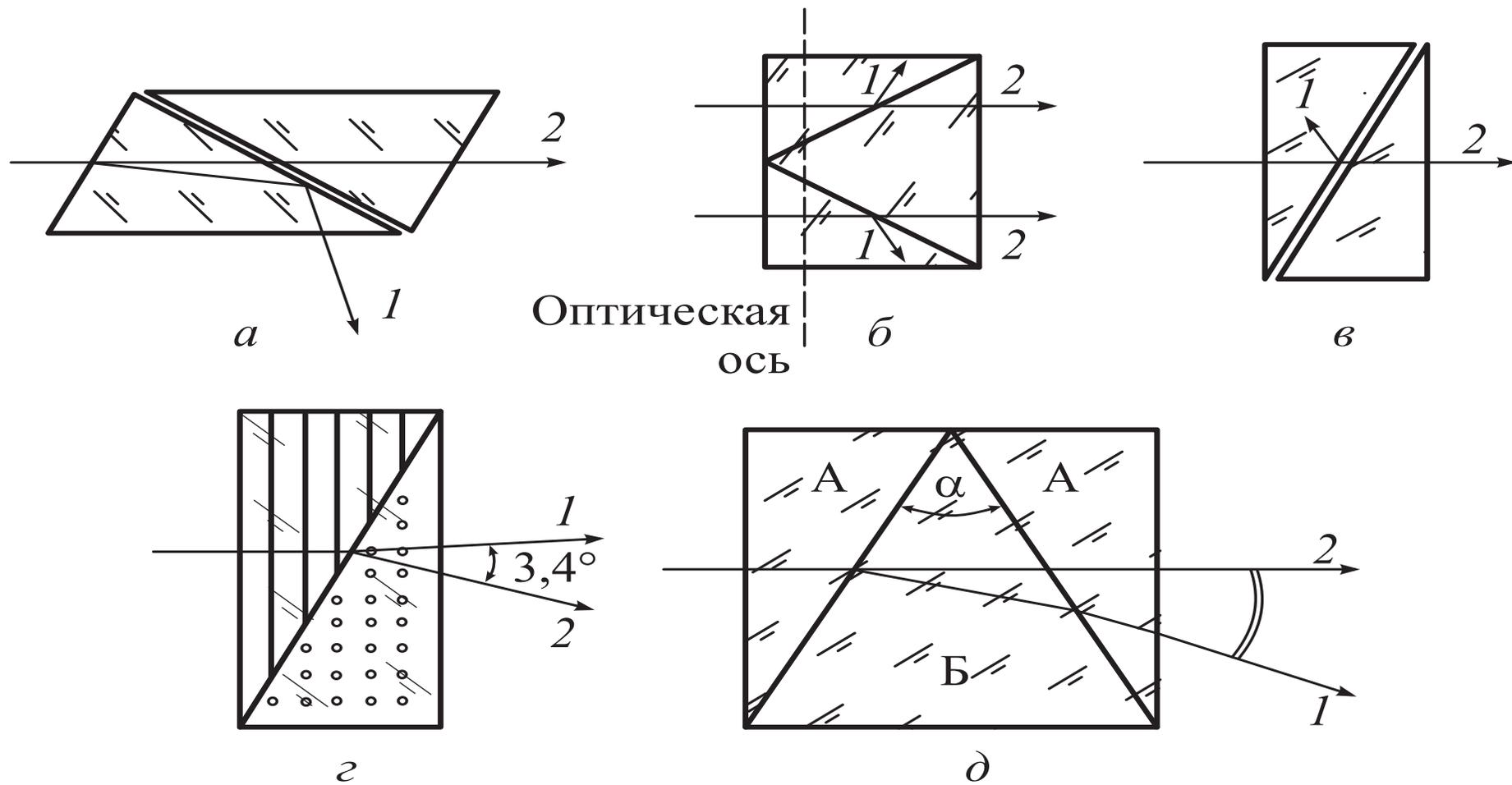


*Glan-Thompson
polarizer*

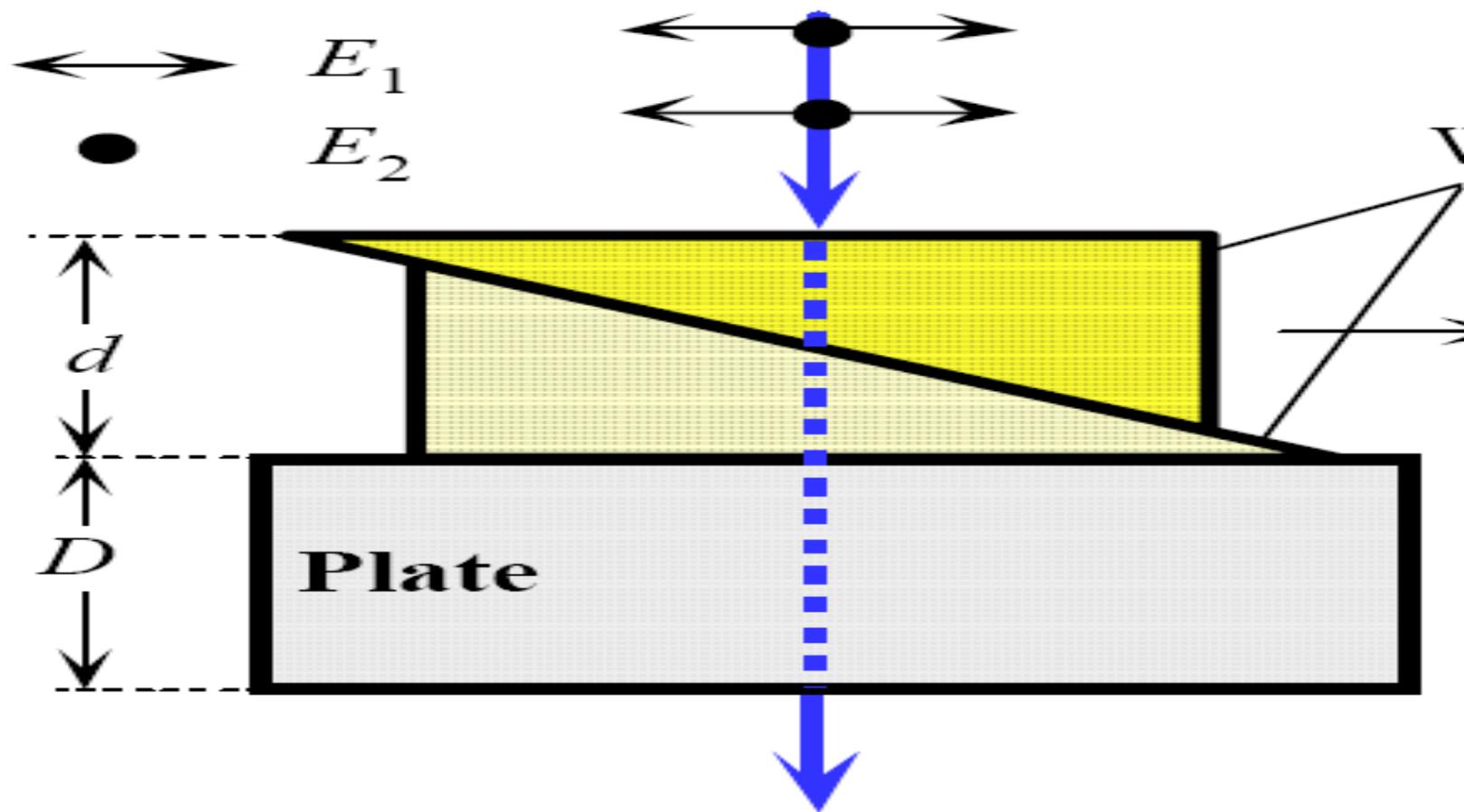
unpolarisiert

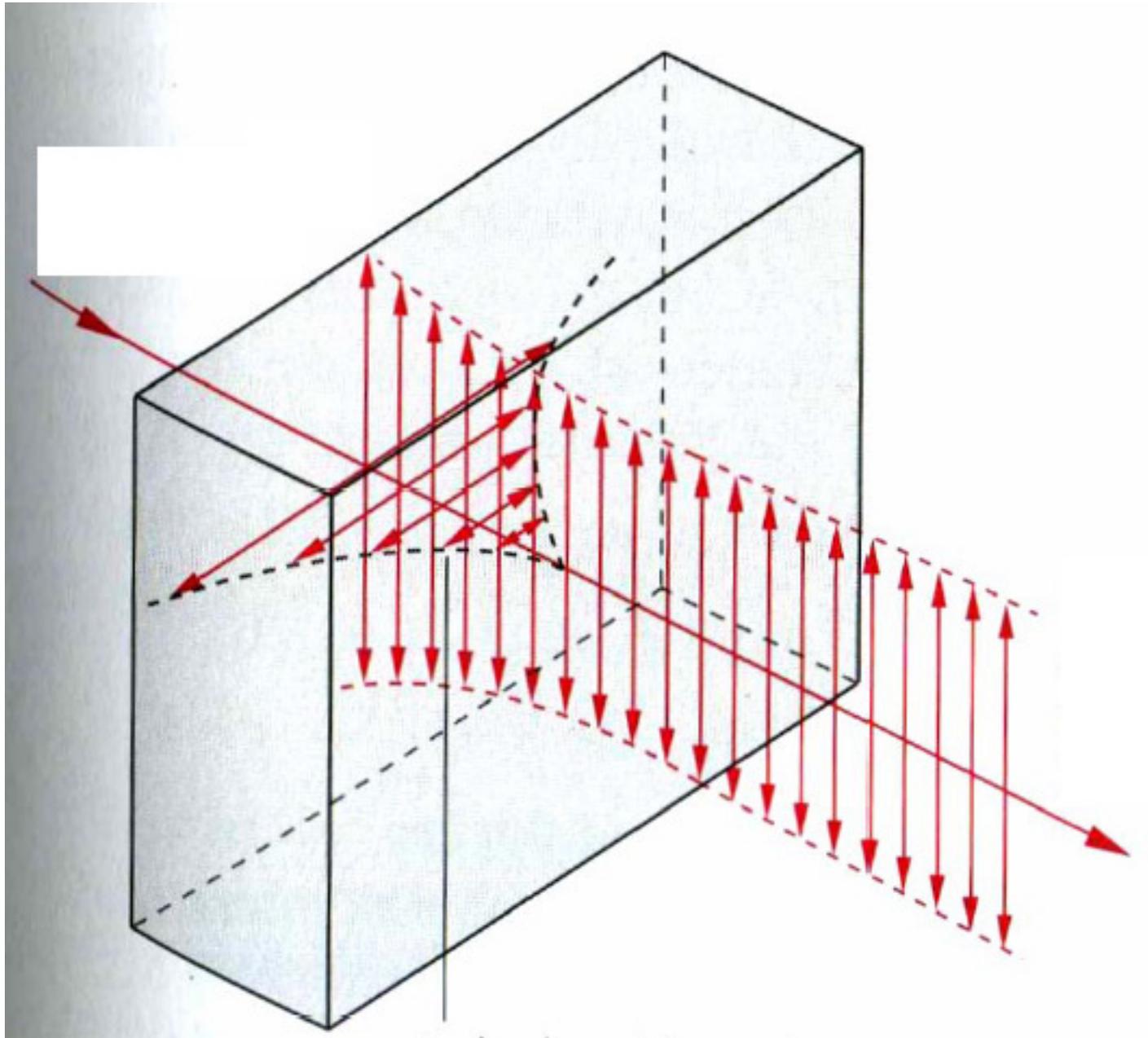


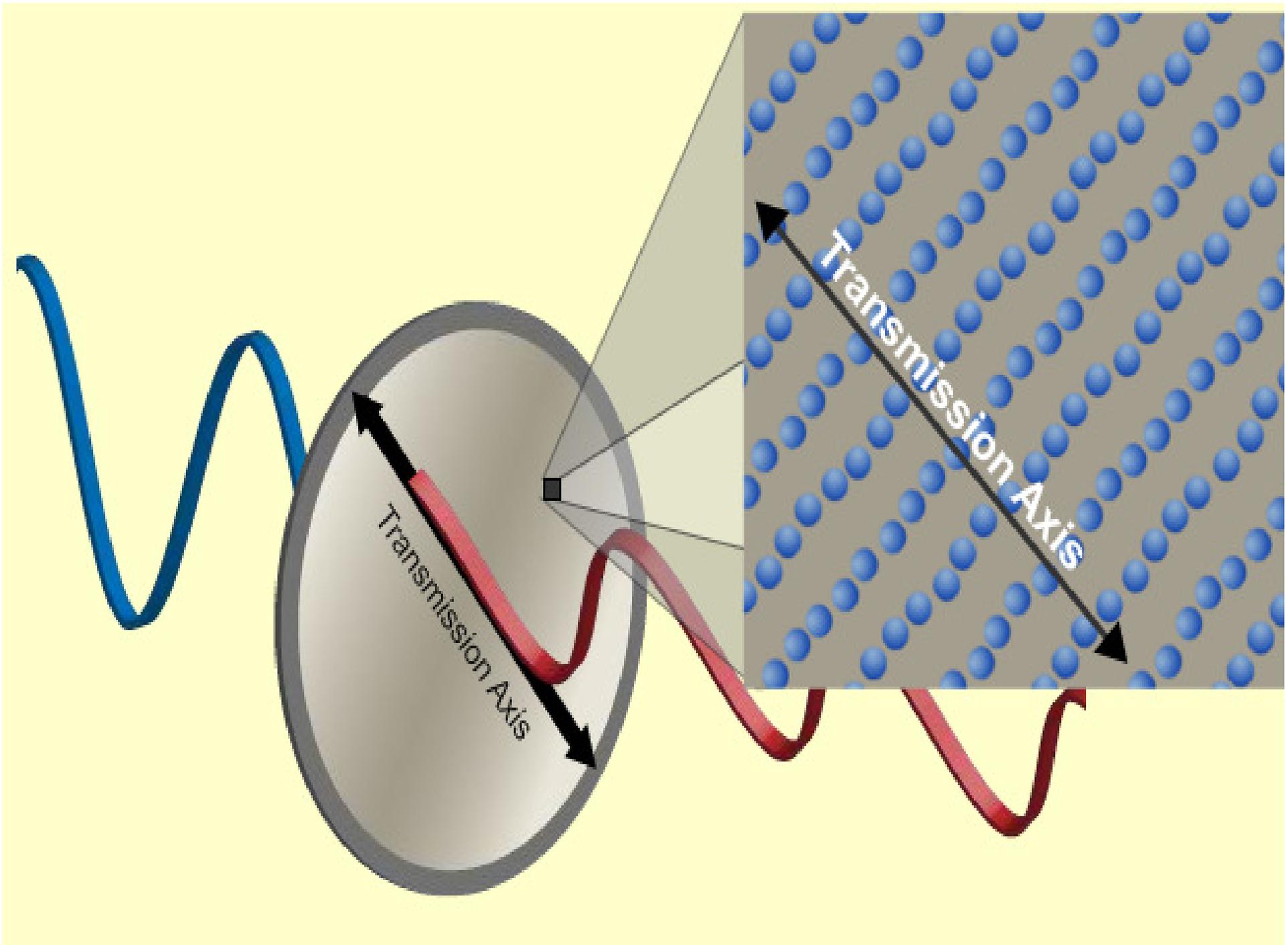




- Поляризаторы: а) призма Николя; б) призма Ардена; в) призма Глана–Томсона; г) призма Волластонова; д) призма Аббе: 1 — обыкновенный луч; 2 — необыкновенный луч

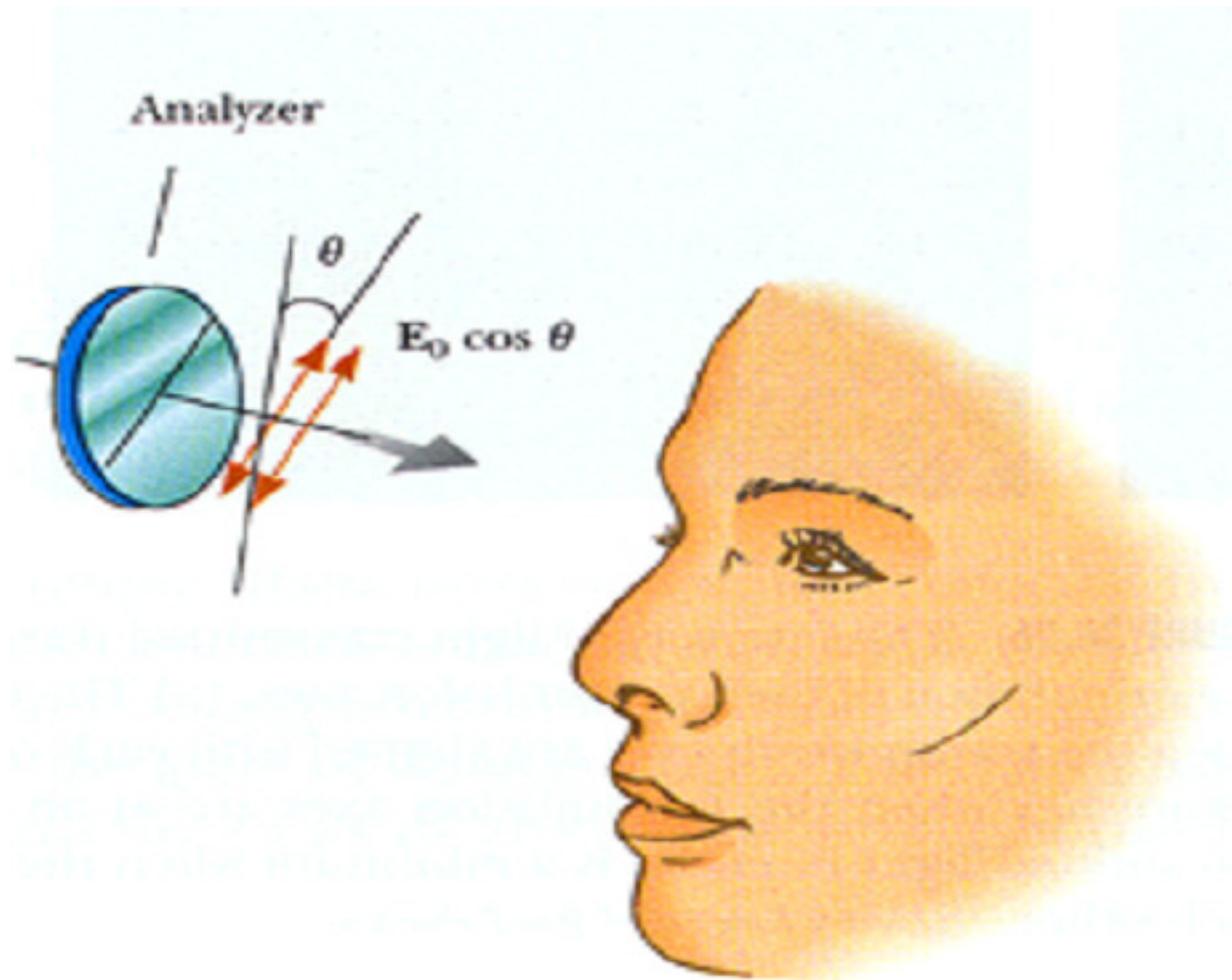
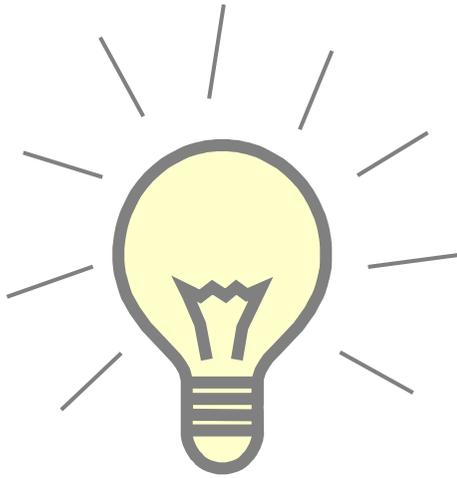




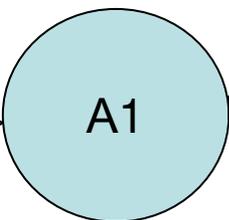


Глава 7. Основы кристаллооптики

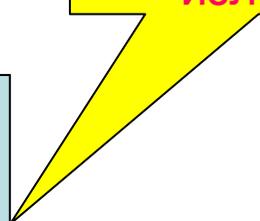
7.5. Анализ состояния поляризации



Исходное
излучение

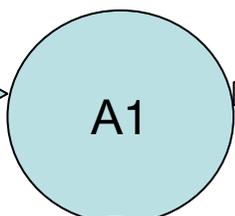


Интенсивность
Обращается
В нуль



Линейно
Поляризованное
излучение

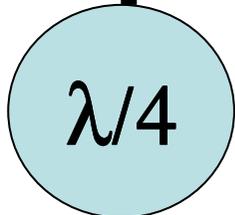
Исходное излучение



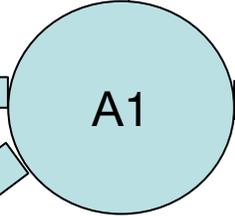
Интенсивность
Не меняется

Смесь
неполяризованного
и циркулярно
поляризованного

Неполяризованное



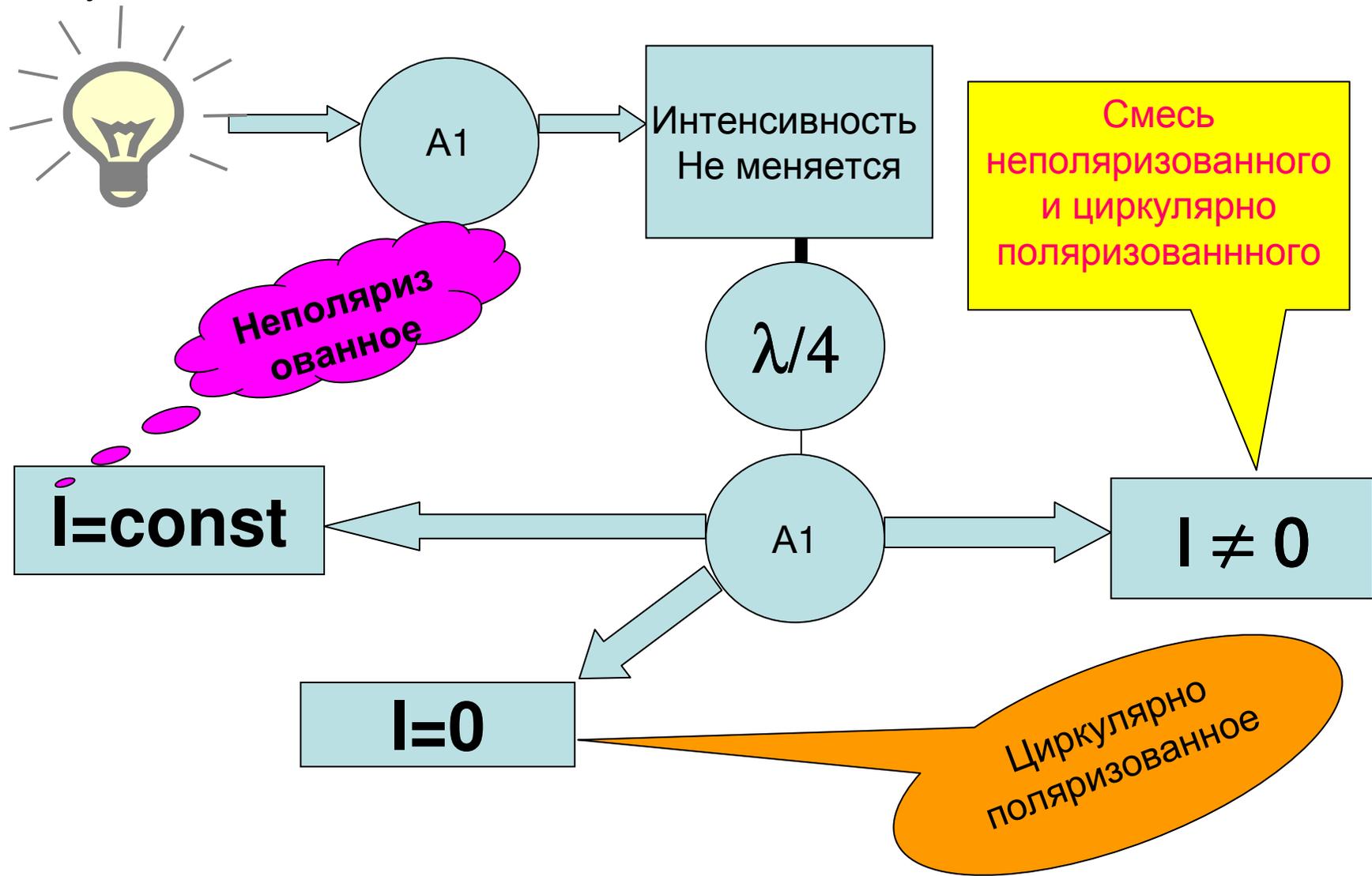
$I = \text{const}$

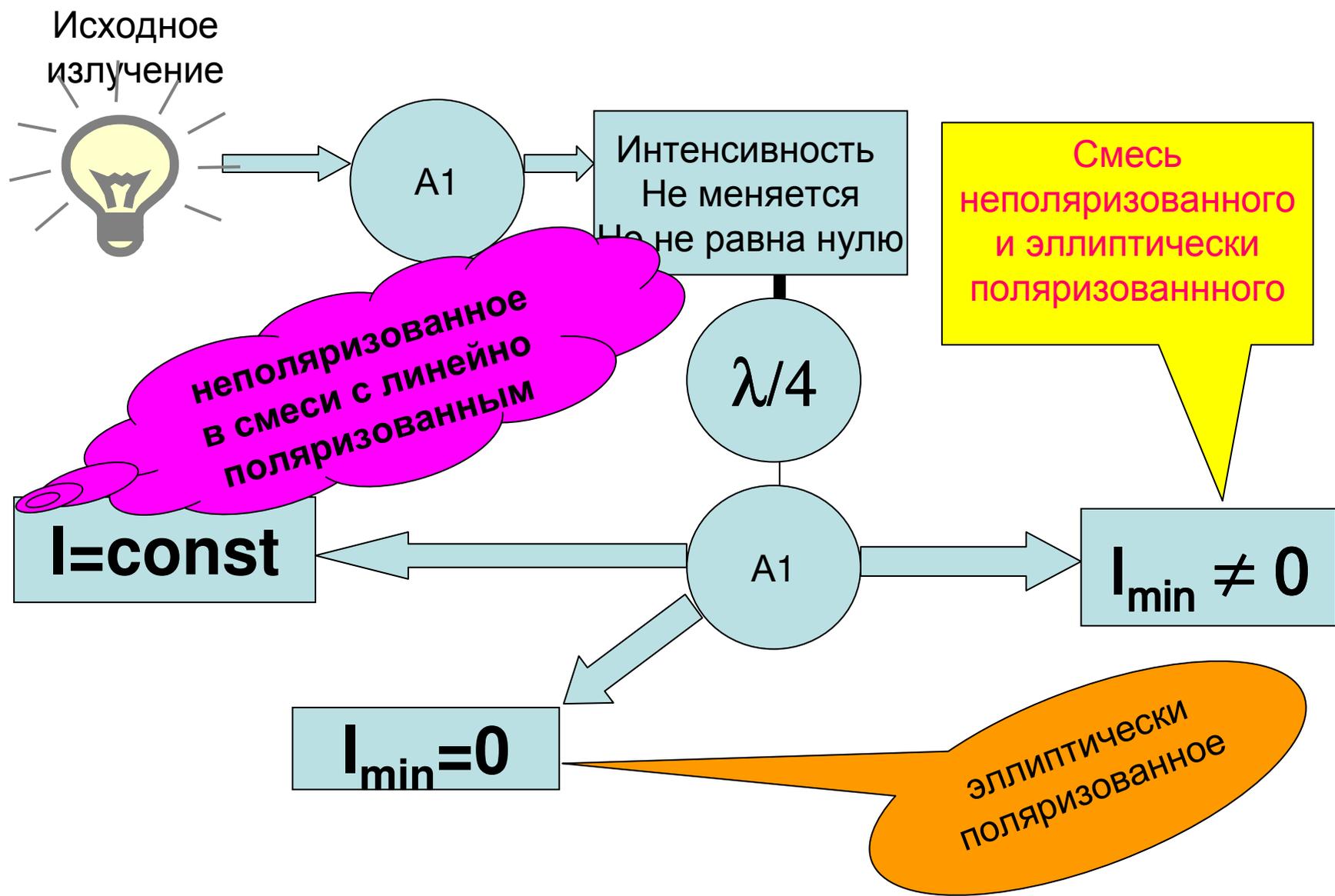


$I \neq 0$

$I = 0$

Циркулярно
поляризованное



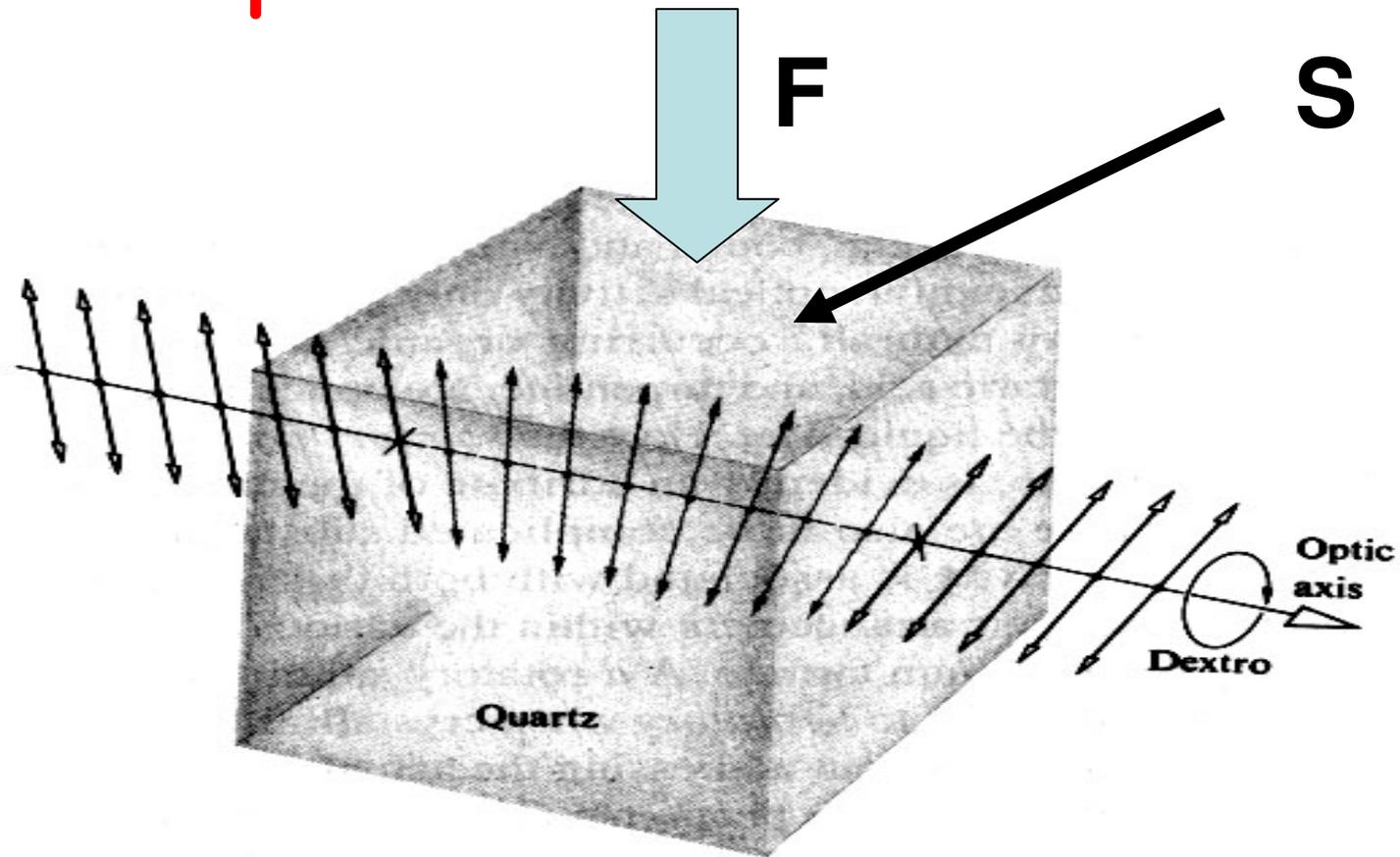


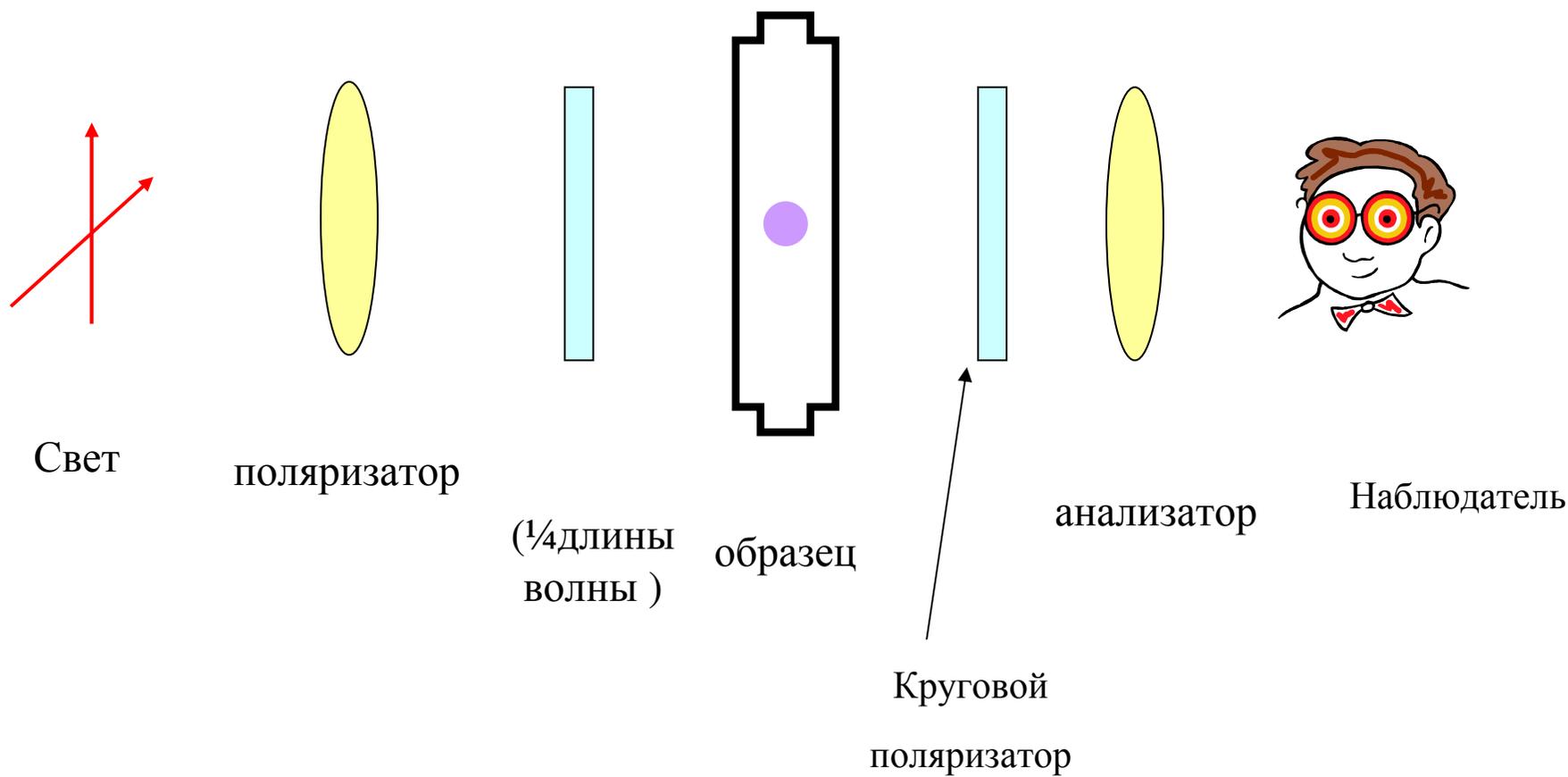
Глава 7. Основы кристаллооптики

- 7.6. Наведенная анизотропия

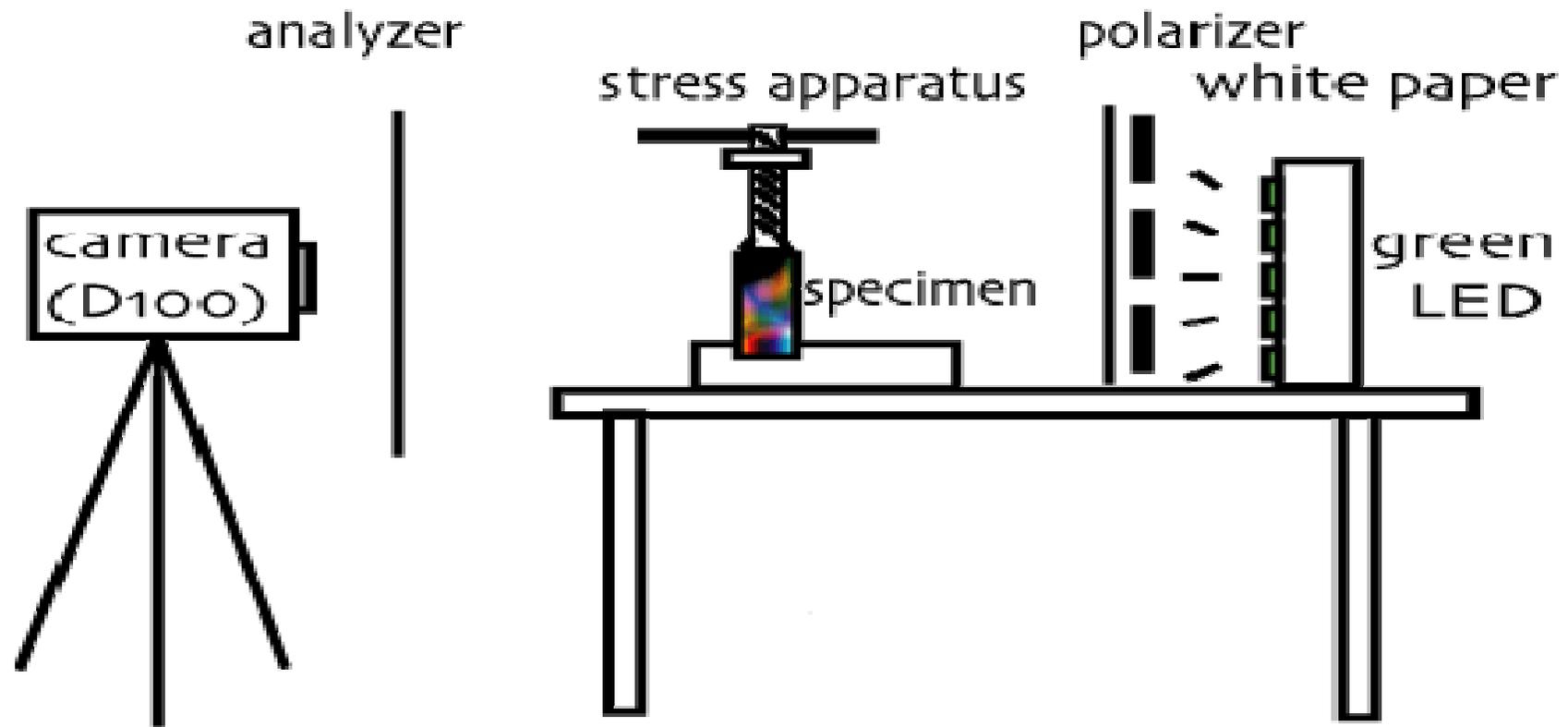
Воздействие	Тип эффекта	Эффект	Год	Авторы
Механич.	Линейный	Фотоупругос ть	1813 1815	Томас Иоганн Зеебек Дэвид Брюстер
		Линейный	Поккельса	1894
Электрич.	Квадратичный	Керра	1875	Джон Керр
	Расщепление	Зеемана	1896	Питер Зееман
Магнитное	Линейный	Фарадея	1846	Майкл Фарадей
	Квадратичный	Коттон- Мутона	1907	Эме Коттон и А. Мутон

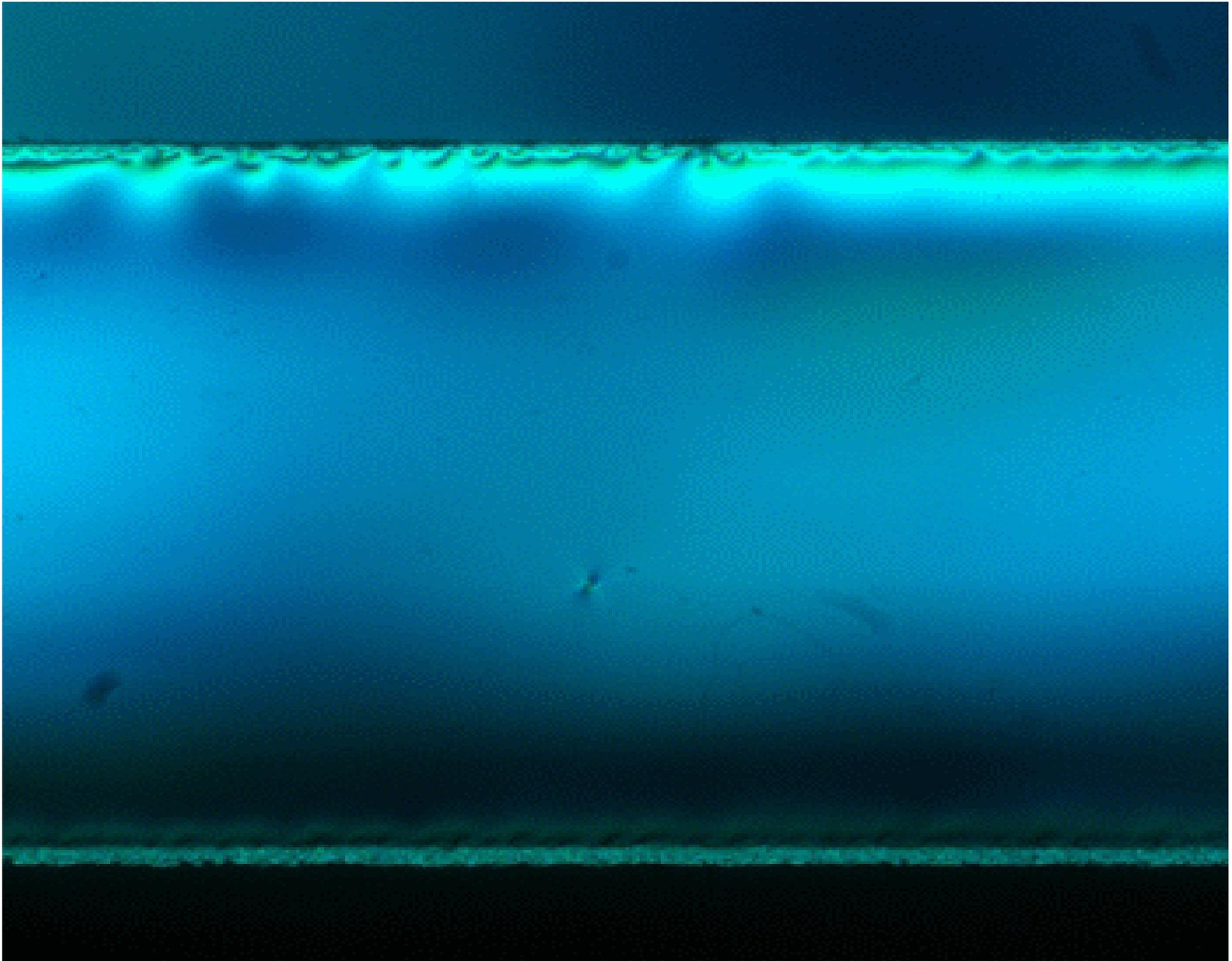
Глава 7. Основы кристаллооптики

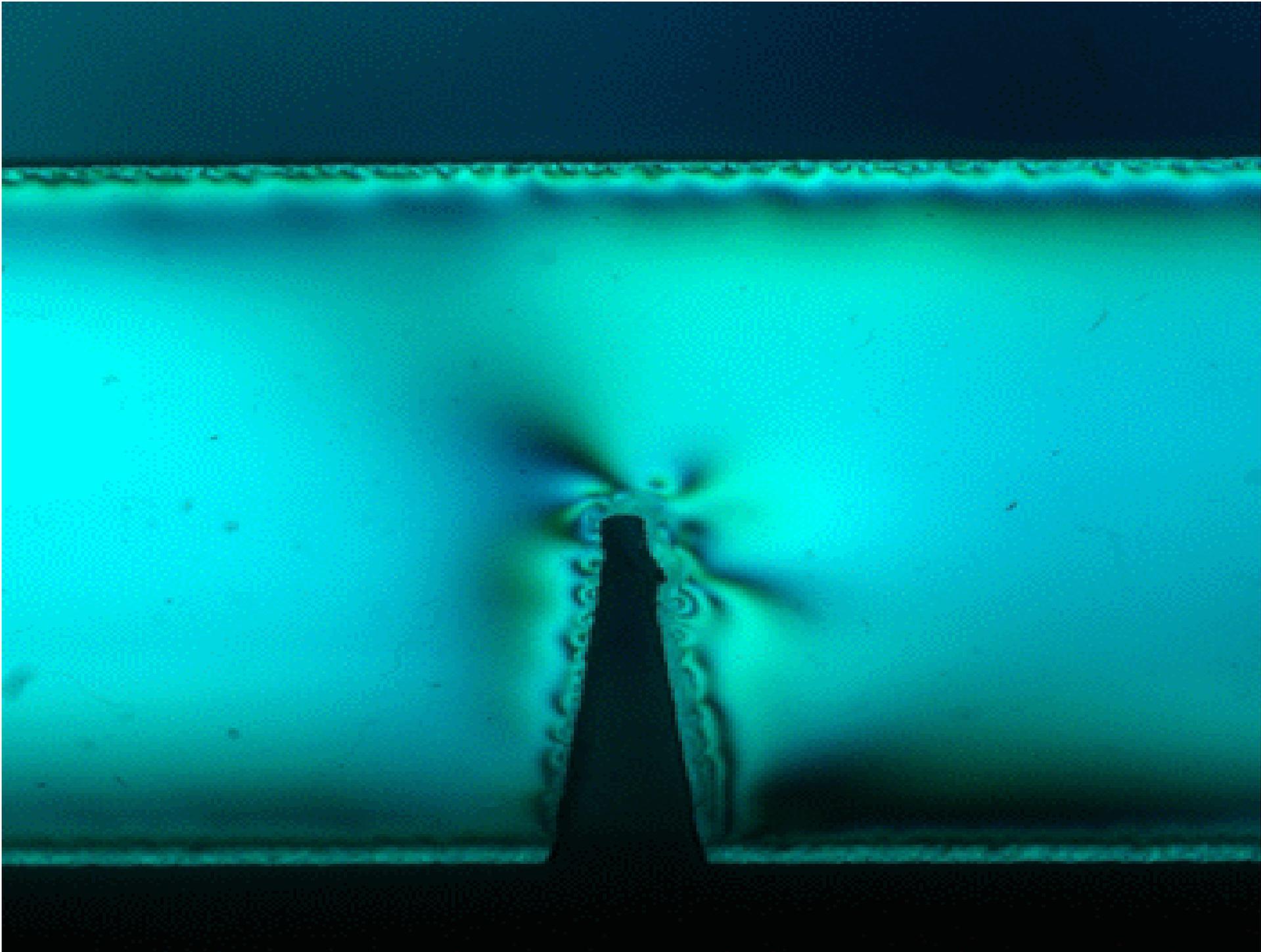


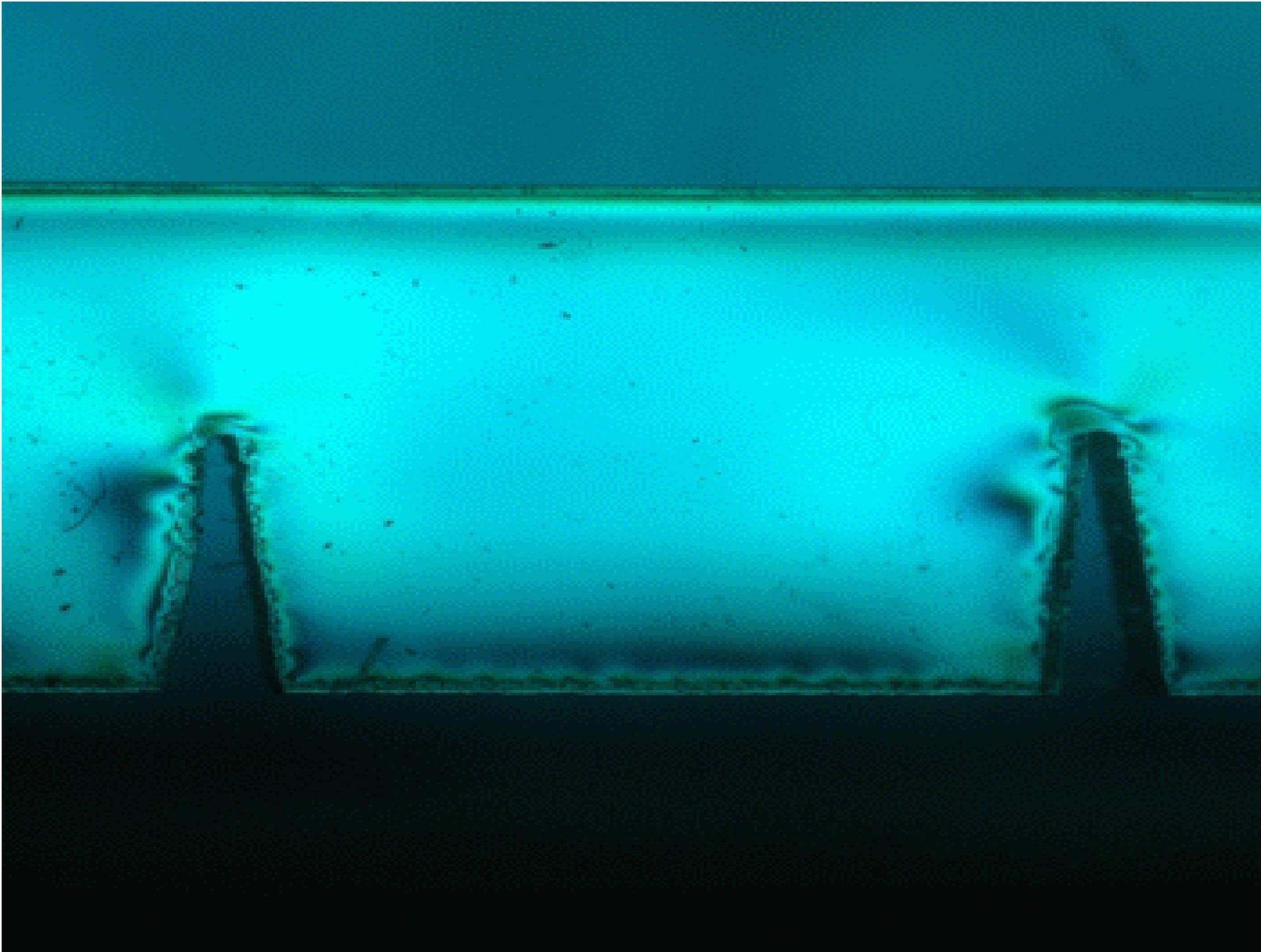


Линейный полярископ

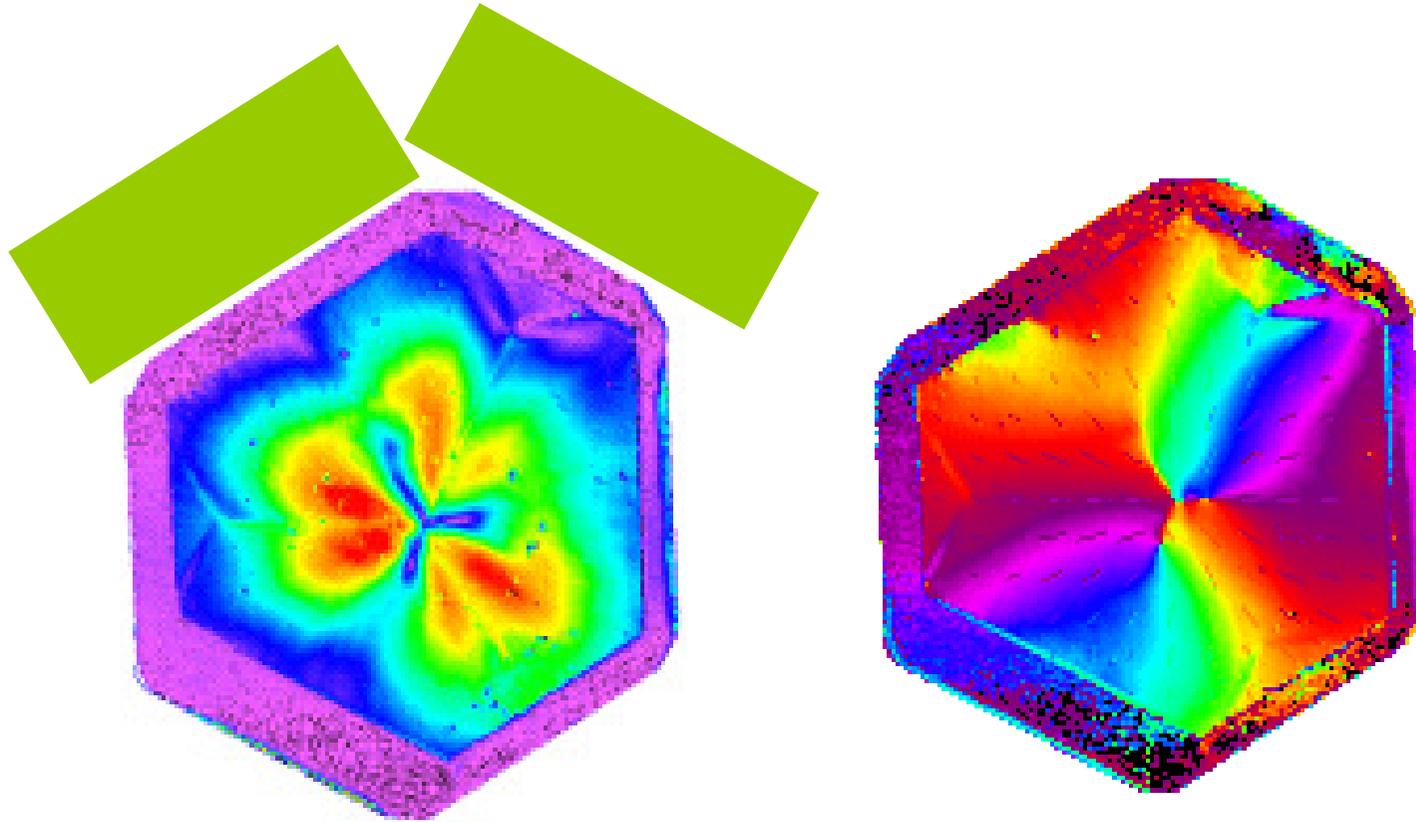




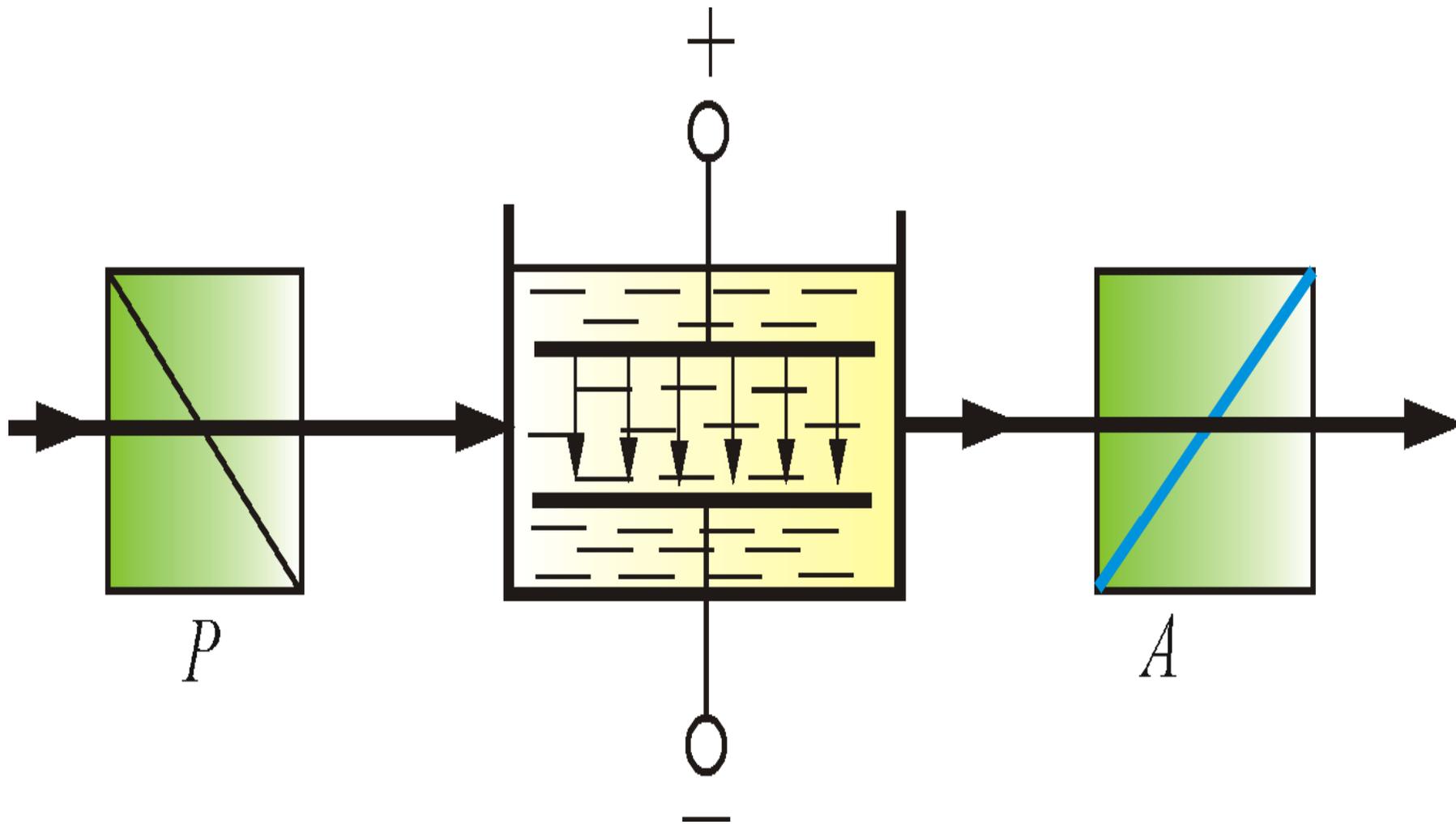




Stress-Induced Birefringence in Diamond

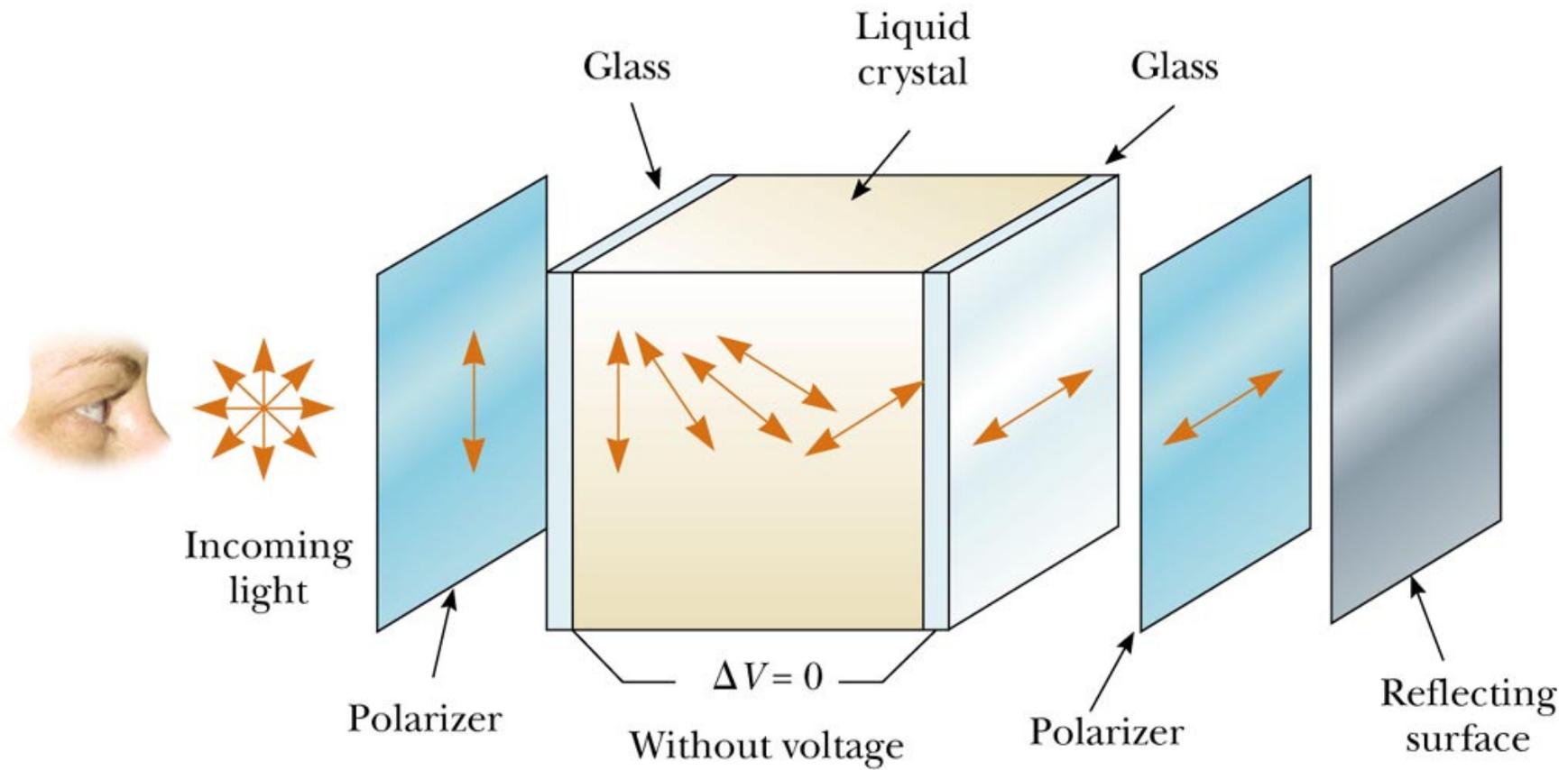


Эффекты Поккельса и Керра

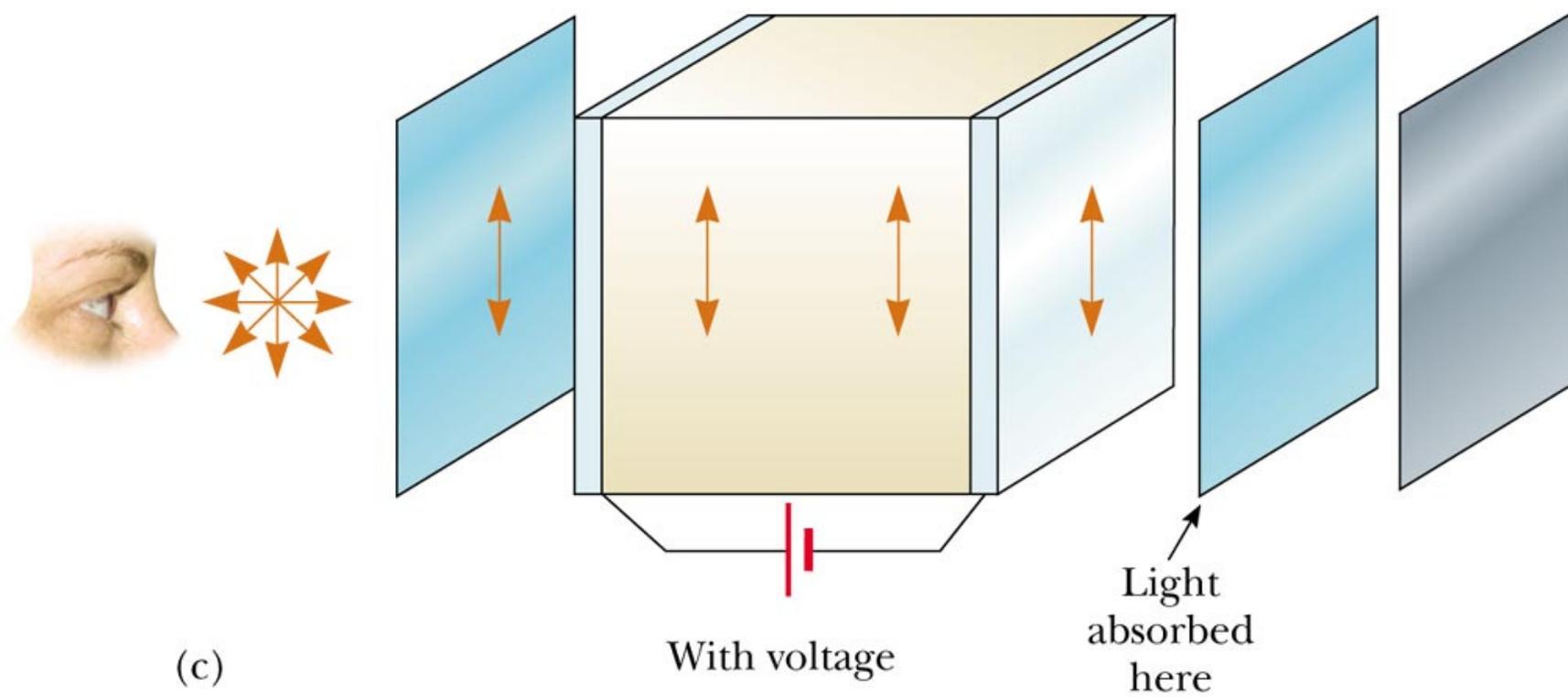


Эффекты Поккельса и Керра

- Для кристалла дигидрофосфата калия KH_2PO_4 (KDP) $\gamma = 3.6 \cdot 10^{-11}$ м/В, для ниобата лития – $\gamma = 3.7 \cdot 10^{-10}$ м/В.
- **коэффициент Керра.** Для жидких кислорода и азота – $\sim 10^{-10}$ м/В² и
- $\sim 4 \cdot 10^{-10}$ м/В². Для них же при нормальных условиях – $\sim 4.5 \cdot 10^{-14}$ м/В² и $\sim 3 \cdot 10^{-14}$ м/В²

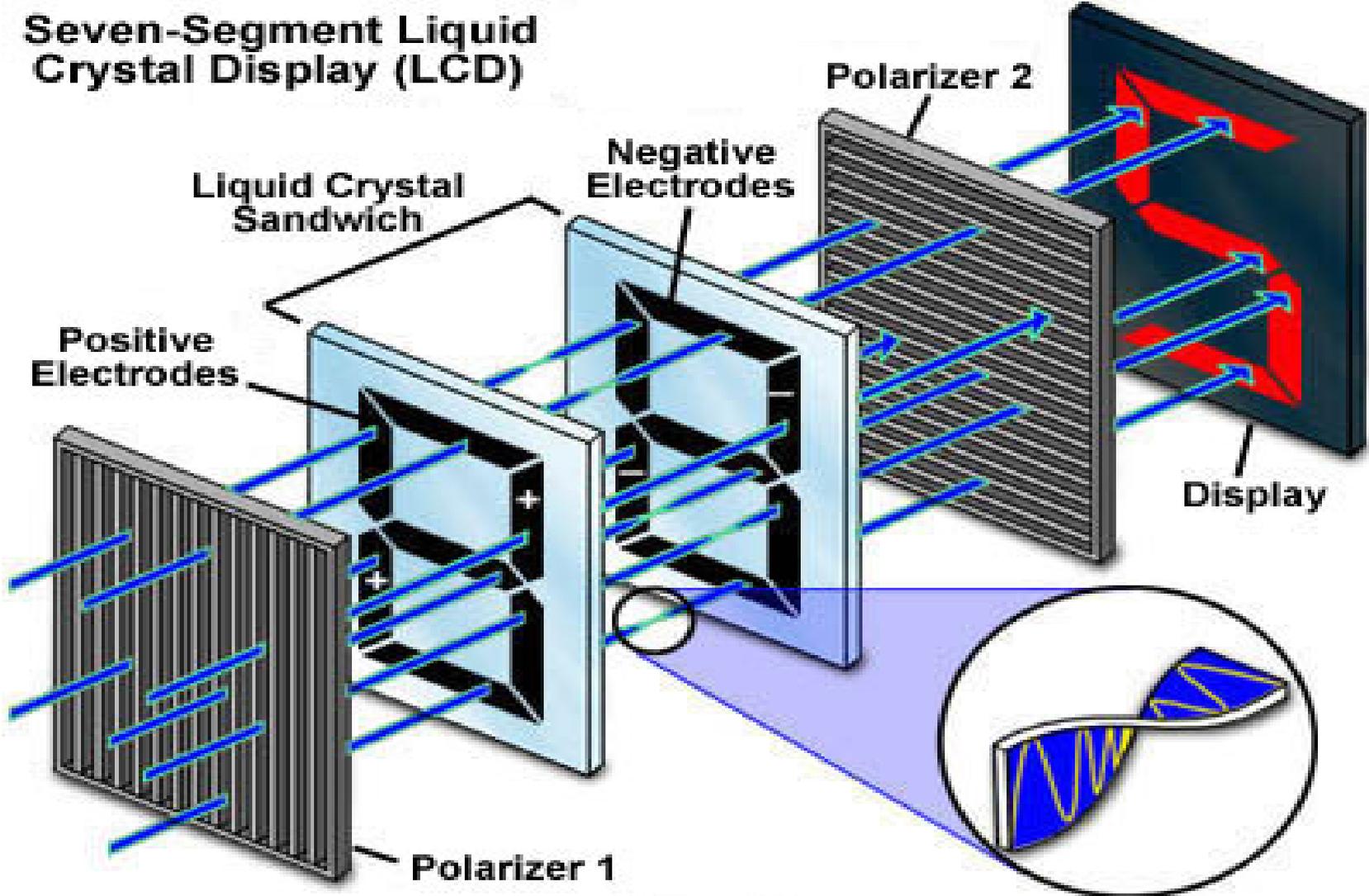


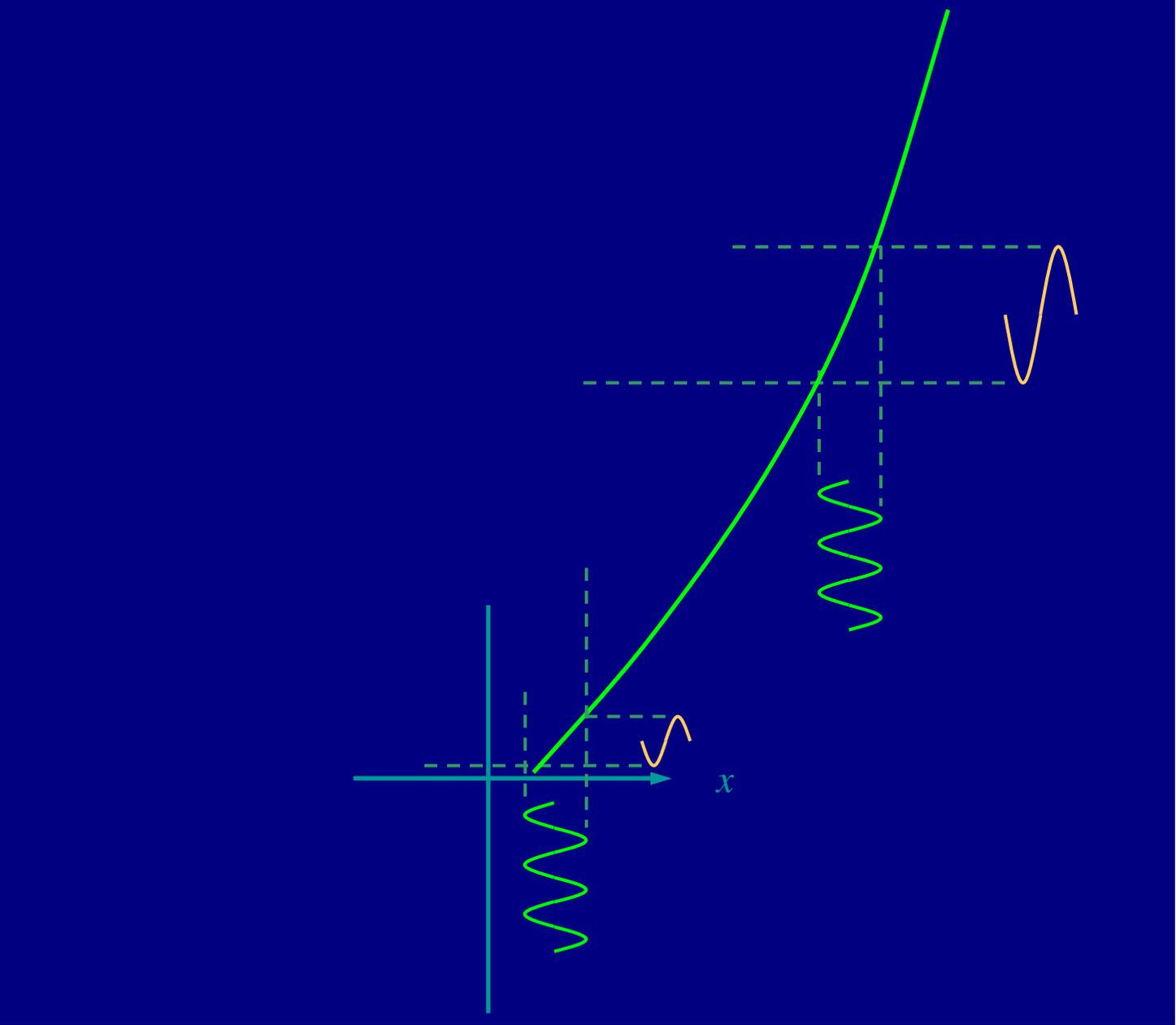
(b)



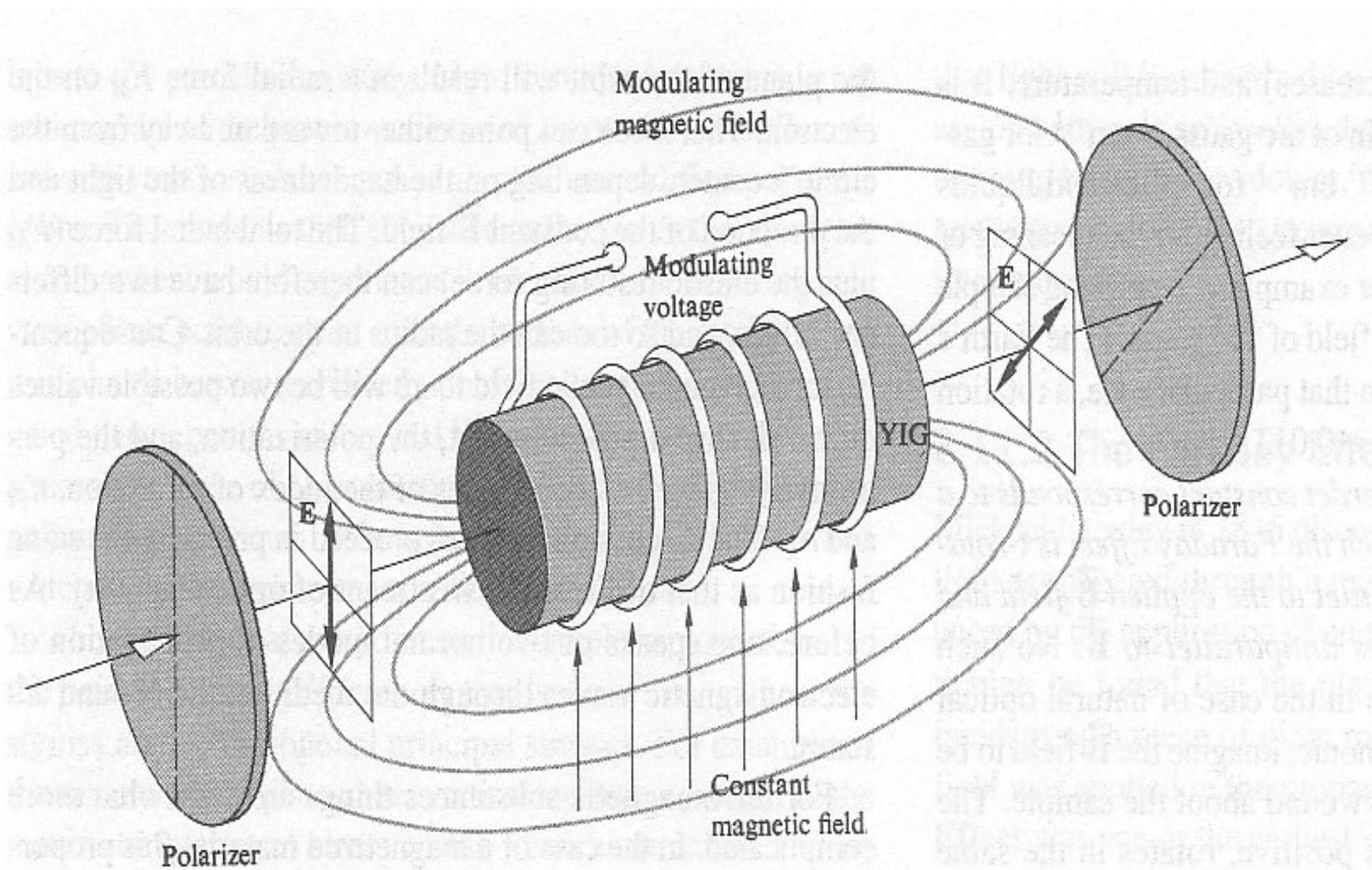
(c)

Seven-Segment Liquid Crystal Display (LCD)

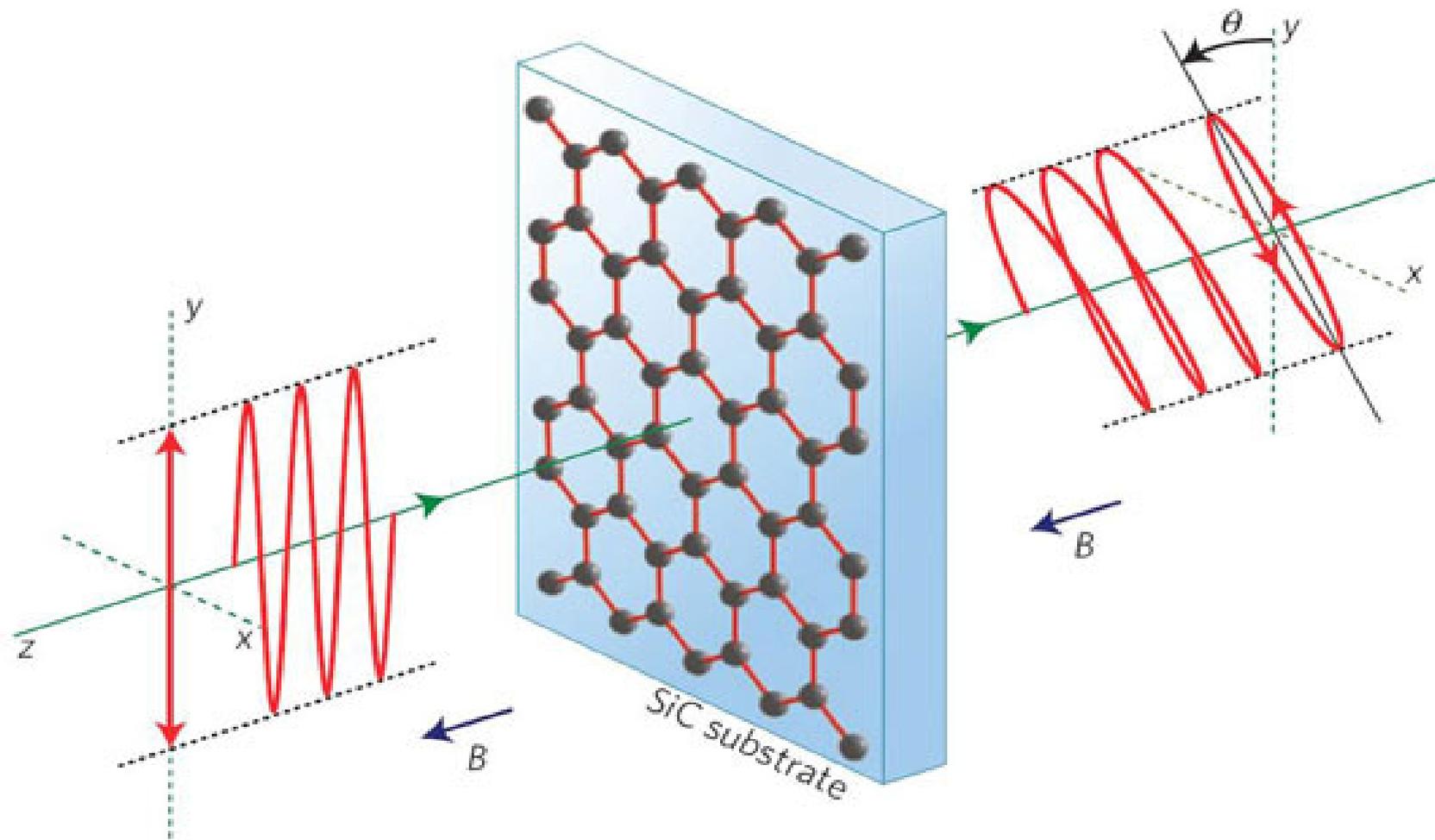




Эффект Фарадея



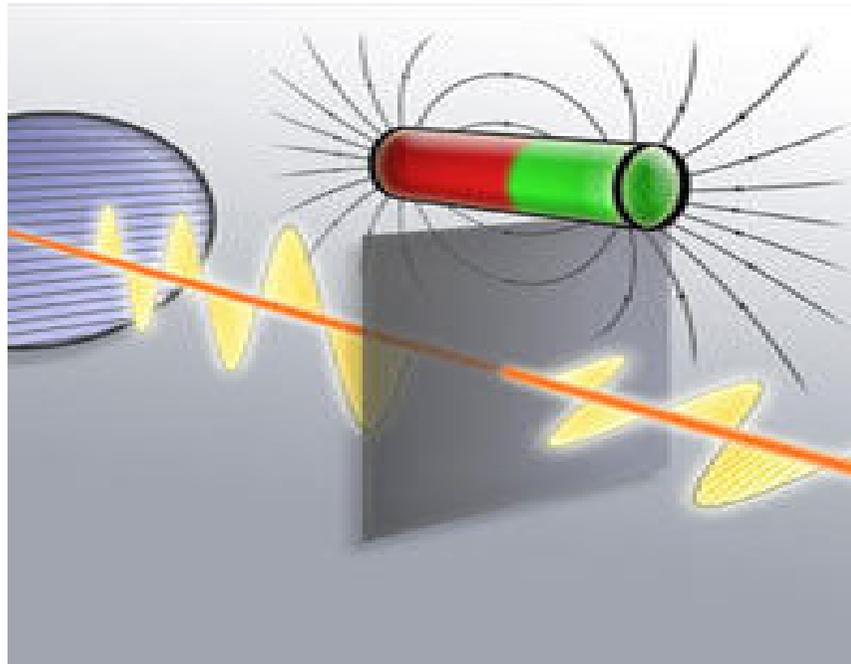
**Магнитооптический эффект Фарадея на одном слое графена: поворот
плоскости поляризации около 6 градусов в магнитном поле 7 Тесла**

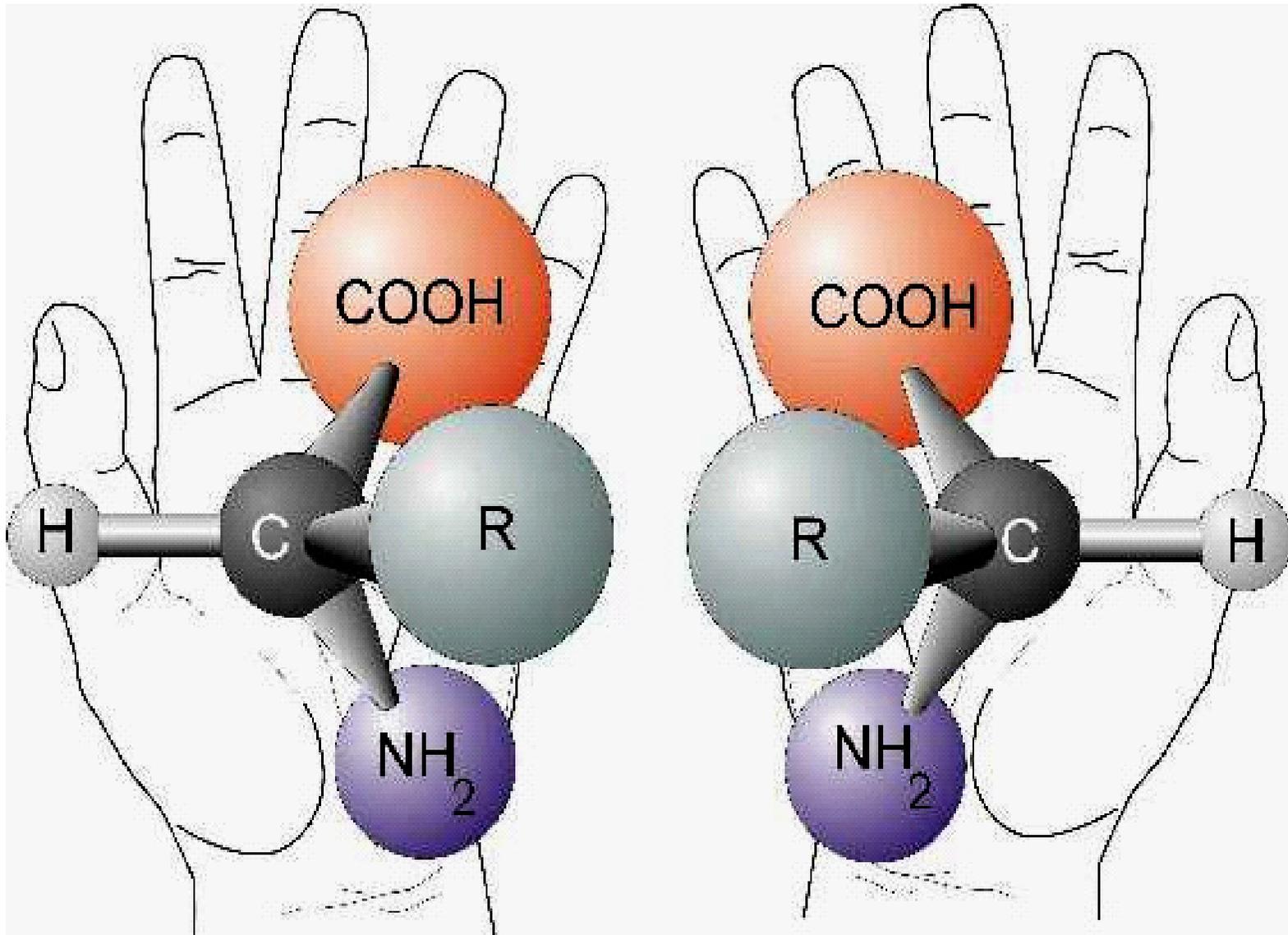


Crassee et al., Nature Phys. 7, 48 (2011).

Пленка толщиной около 70 нанометров поворачивала плоскость поляризации света на 15 градусов, а при увеличении толщины до одного микрометра это значение возрастало до 45 градусов.

- **полупроводник из теллурида ртути,**

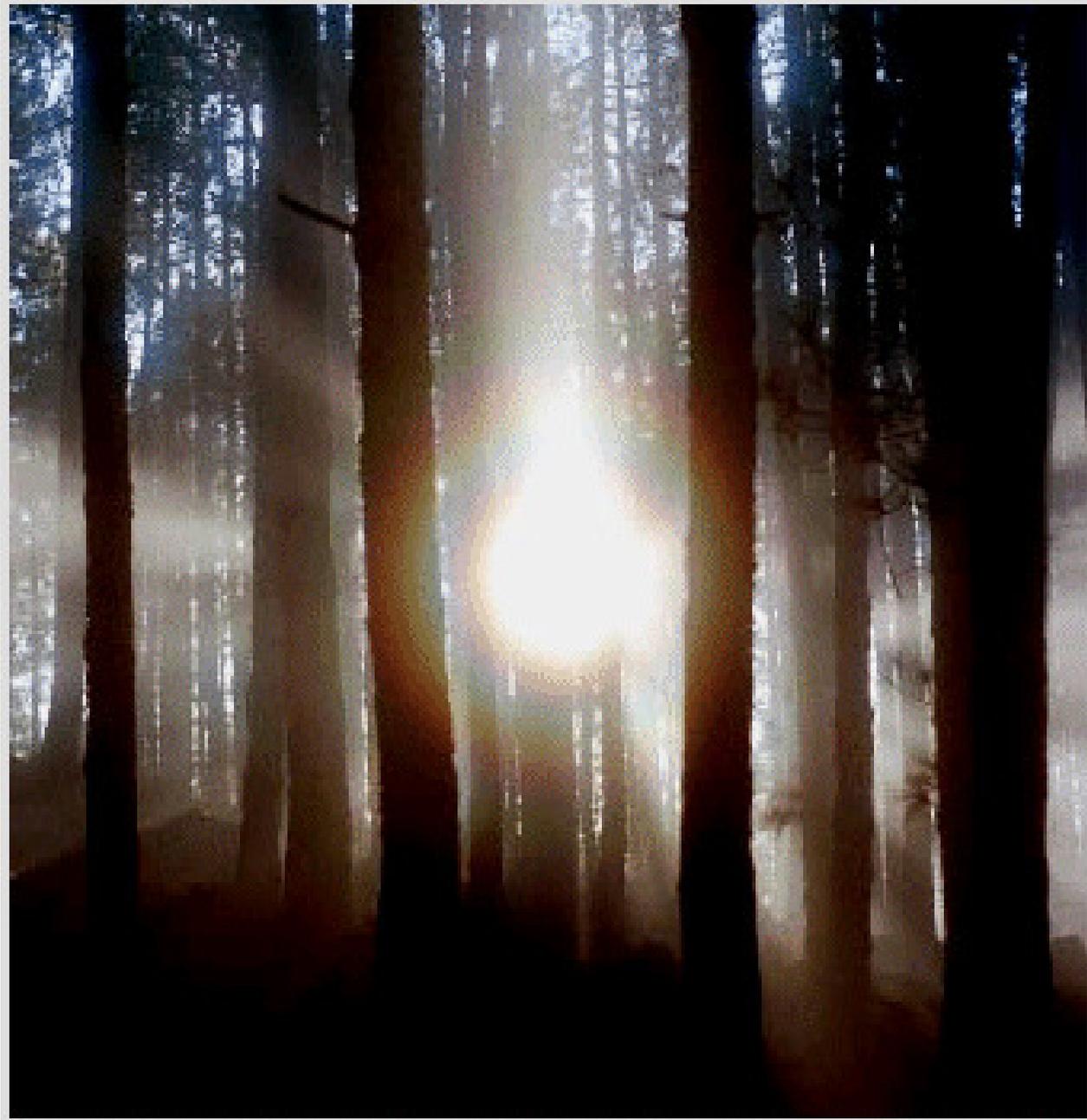




Глава 8. Рассеяние света

*Рассеяние света – возмущение (изменение)
световых полей на оптических
пространственных неоднородностях
среды.*









**Рассеяние
света**

Упругое

Неупругое

Рэлеевское

Ми

Комбинационное

Манд.-Брилл.

Молекулярное

**В дисперсных
системах**

Глава 8. Рассеяние света

8.1. Молекулярное рассеяние света

8.1.1. Статистическая теория рассеяния

Глава 8. Рассеяние света

8.1. Молекулярное рассеяние света

8.1.2. Формулы Эйнштейна и Рэлея

$$I = I_0 \frac{\omega^4}{(2\pi c^2 r)^2} (n - 1)^2 \frac{V}{N} \sin^2 \vartheta$$

Формула Рэлея

Глава 8. Рассеяние света

8.1. Молекулярное рассеяние света

8.1.2. Формулы Эйнштейна и Рэлея

$$I = I_0 \frac{\omega^4}{(4\pi c^2 r)^2} \left(\rho \frac{\partial \epsilon}{\partial \rho} \right)_T^2 V \beta_T kT \sin^2 \vartheta$$

Формула Эйнштейна

Глава 8. Рассеяние света

Важнейшие следствия для молекулярного рассеяния

1. Индикатриса интенсивности рассеянного света в случае поляризованного падающего света:

- линейно поляризованное излучение – $I(r, \varphi, \vartheta) \sim \sin^2 \vartheta$

- естественная поляризация – $I(r, \varphi, \vartheta) \sim \frac{1 + \cos^2 \vartheta_z}{2}$

Важнейшие следствия для молекулярного рассеяния

2. Поляризация рассеянного света.

- от изотропных молекул

$$P(\vartheta_z) = \frac{I_{\perp} - I_{\parallel}}{I} = \frac{\sin^2 \vartheta_z}{1 + \cos^2 \vartheta_z}$$

- от анизотропных молекул наблюдается деполяризация света -

Важнейшие следствия для молекулярного рассеяния

3. Закон Рэлея – $I \sim \omega^4 \sim 1/\lambda^4$

4. Критическая опалесценция

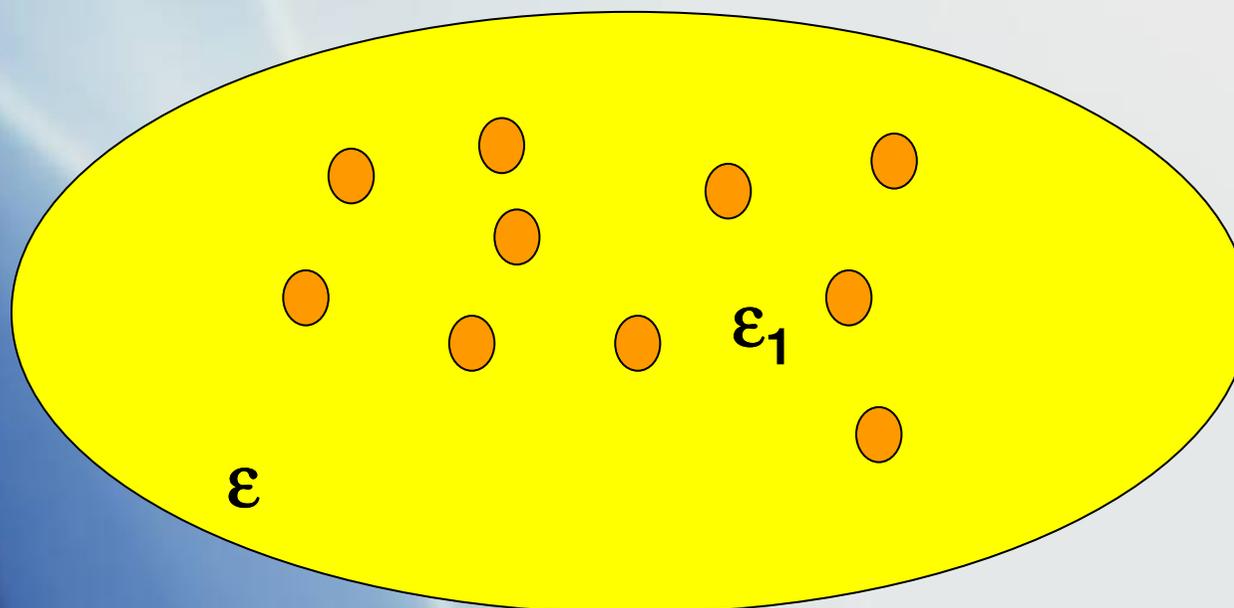
$$\beta_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right)_T$$

5. Селективное по частоте рассеяние

$$\omega \sim \omega_0, \quad I_s \sim (n - 1)^2$$

Глава 8. Рассеяние света

8.2. Рассеяние Рэлея в дисперсных средах



Глава 8. Рассеяние света

$$I = NVI_1 = I_0 NV \left(\frac{3}{4\pi v^2 r} \right)^2 \omega^4 V_1^2 \left(\frac{\epsilon_1 - \epsilon}{\epsilon_1 + 2\epsilon} \right)^2 \sin^2 \vartheta$$

Основные особенности:

1 – индикатриса рассеяния – как в случае молекулярного рассеяния;

2 – поляризация – как в случае молекулярного рассеяния;

3 – закон Рэлея – как в случае молекулярного рассеяния $I \sim \omega^4 \sim 1/\lambda^4$;

4 – сильная зависимость от размера частиц – a^6 ;

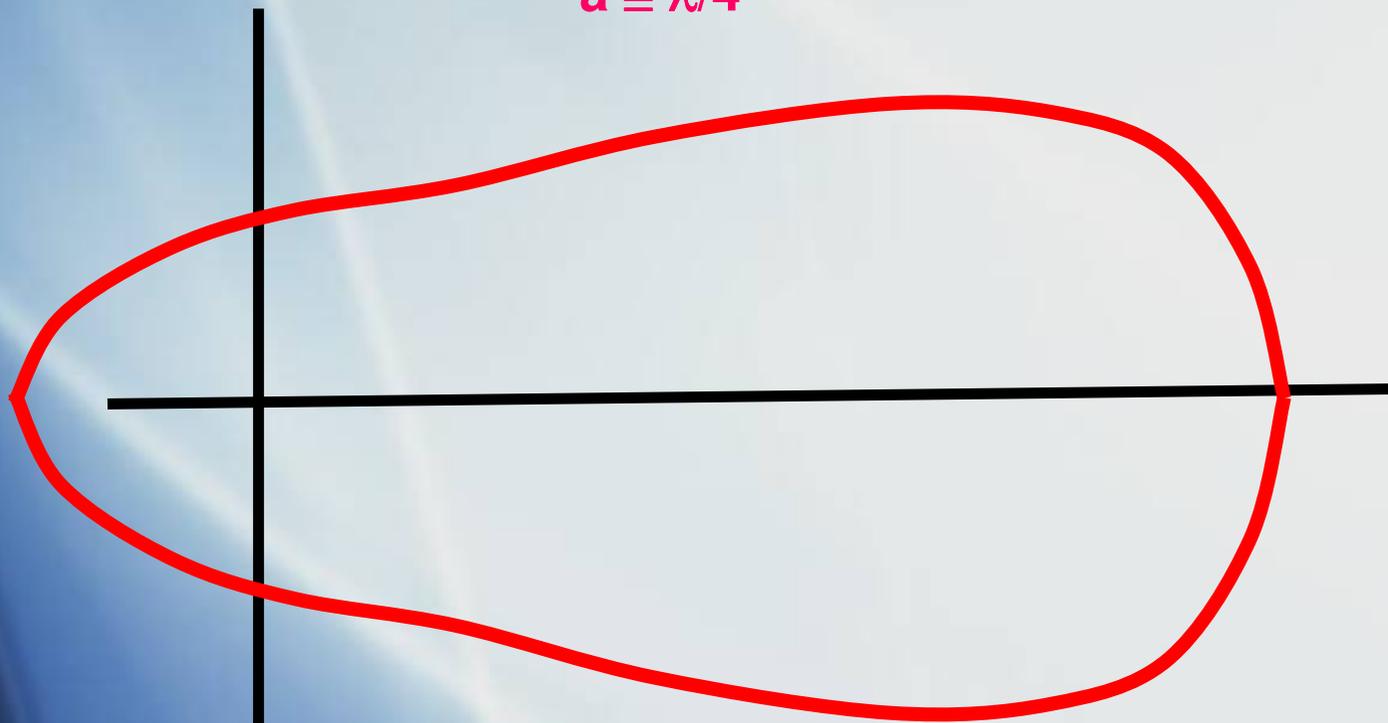
5 – сильная зависимость от разности диэлектрических проницаемостей рассеивающего вещества ϵ_1 и окружающей среды $\epsilon - (\epsilon_1 - \epsilon)^2$.

Глава 8. Рассеяние света

8.3. Рассеяние Ми

Глава 8. Рассеяние света

$$a \cong \lambda/4$$



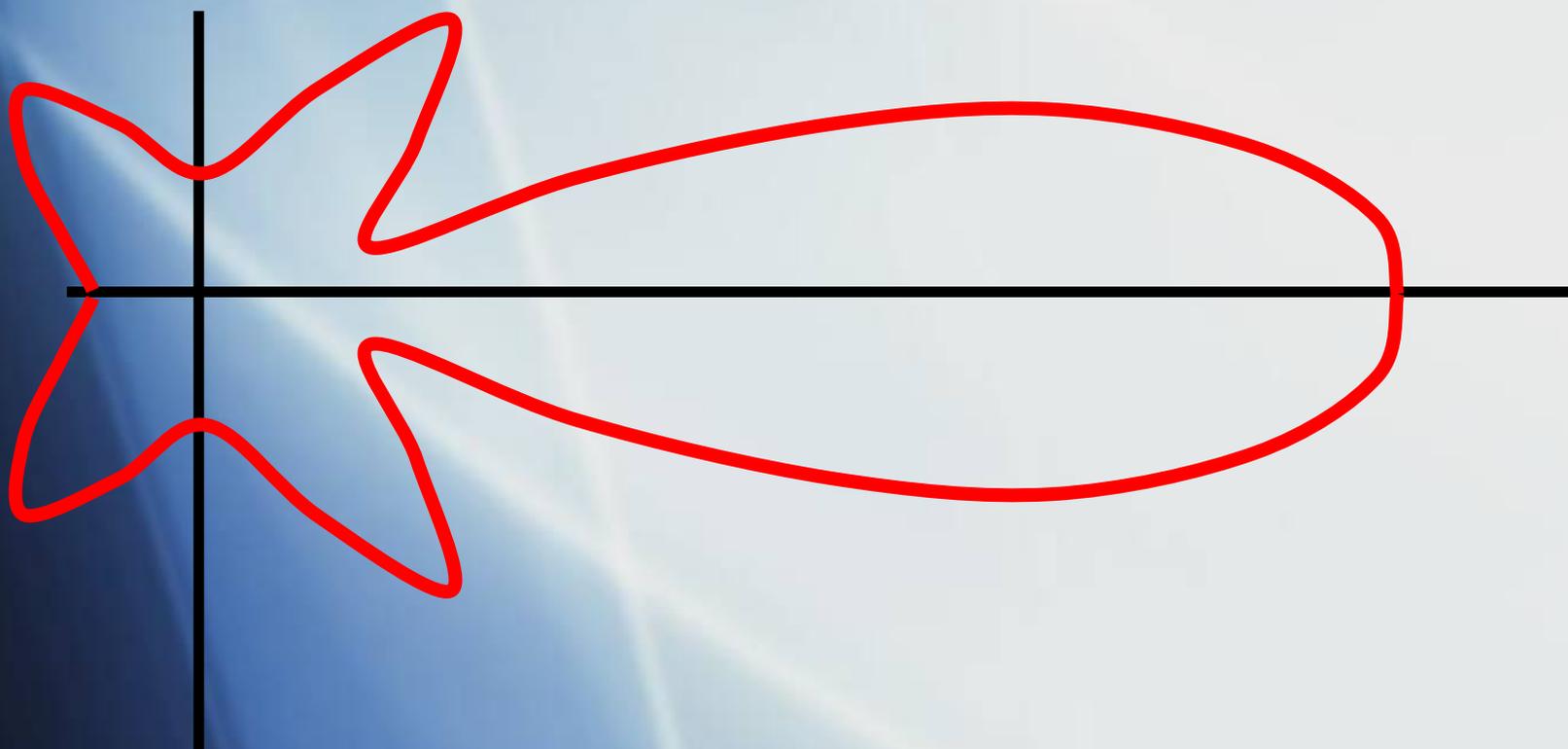
Глава 8. Рассеяние света

$$a \cong \lambda$$

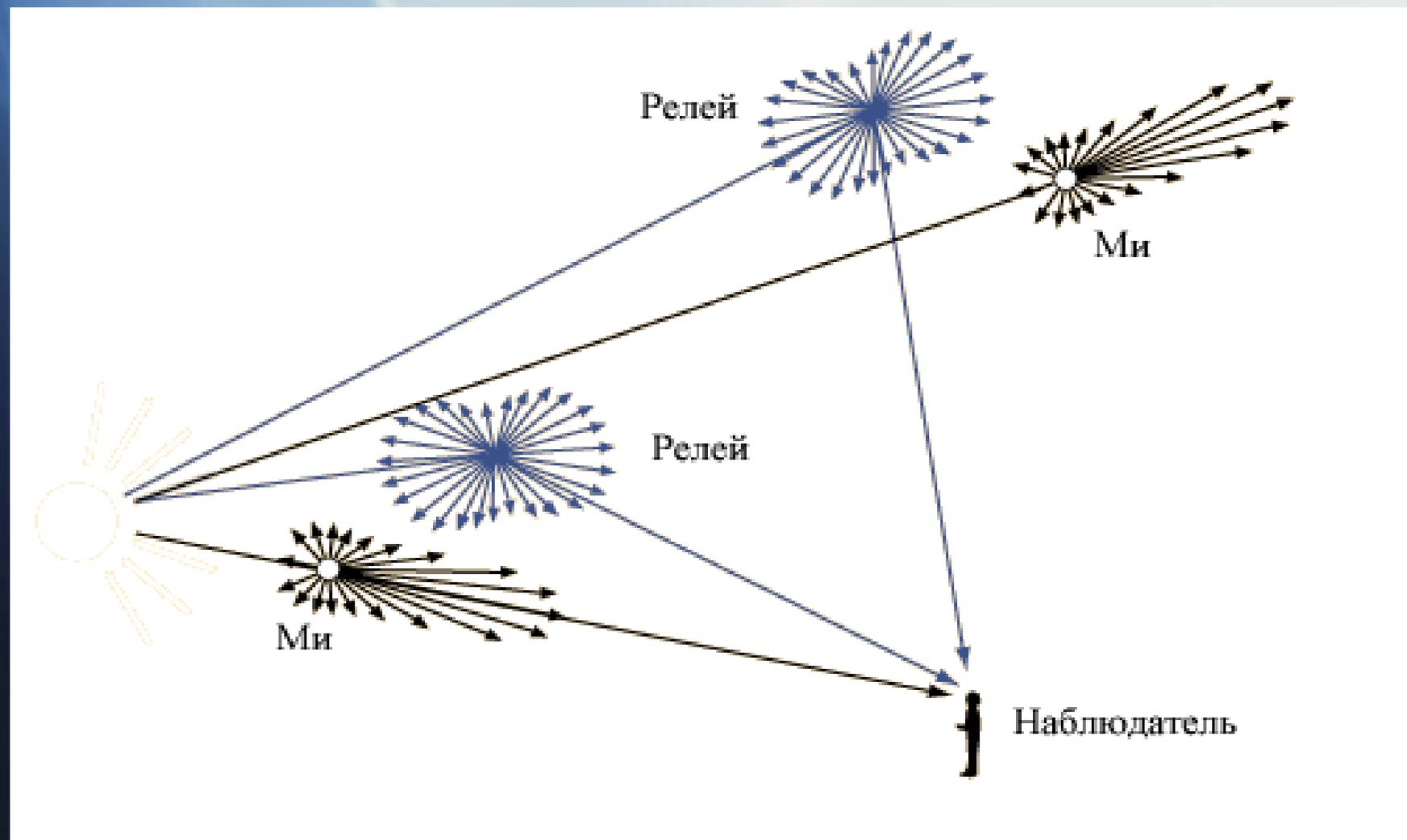


Глава 8. Рассеяние света

$$a > \lambda$$



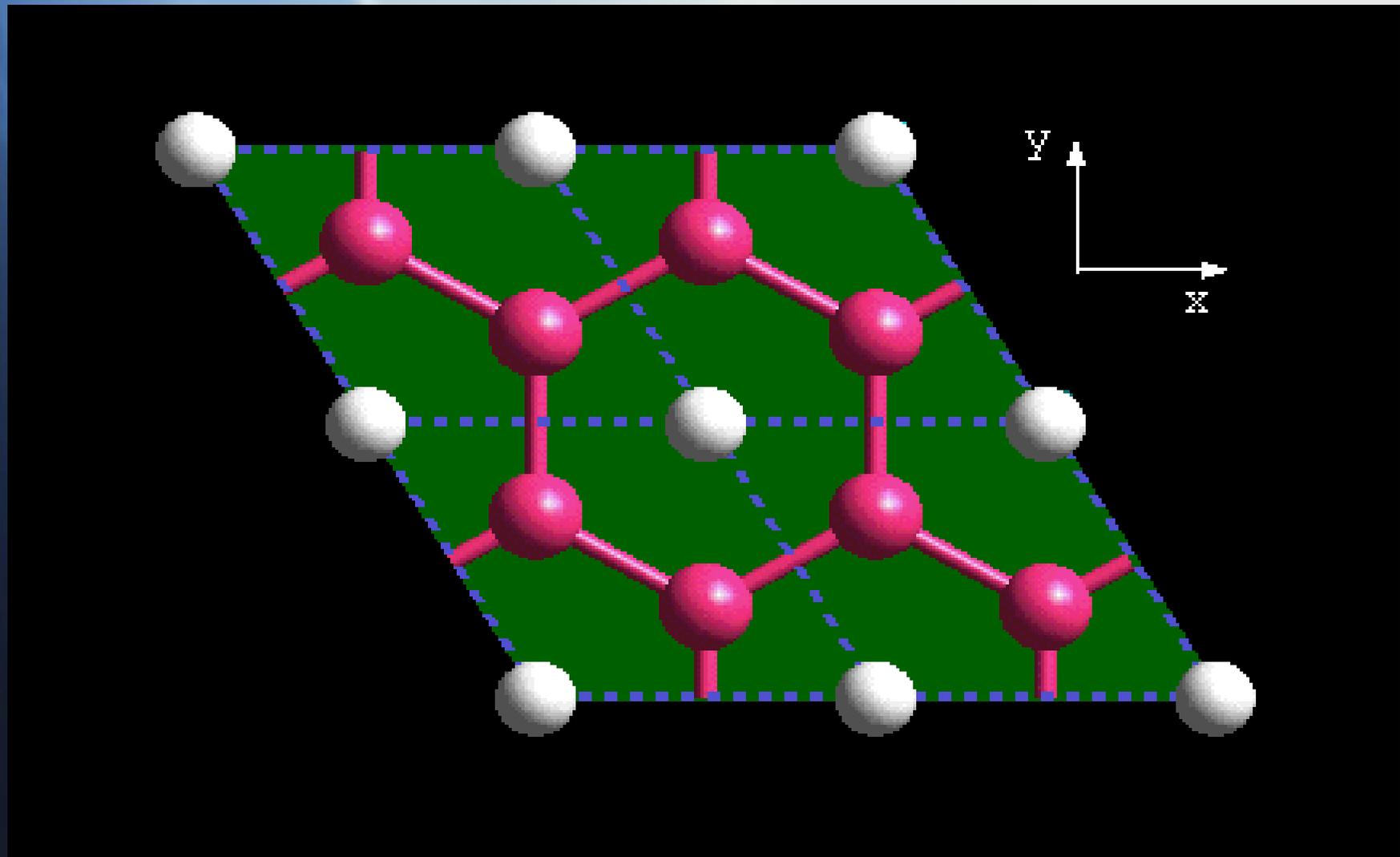
Глава 8. Рассеяние света

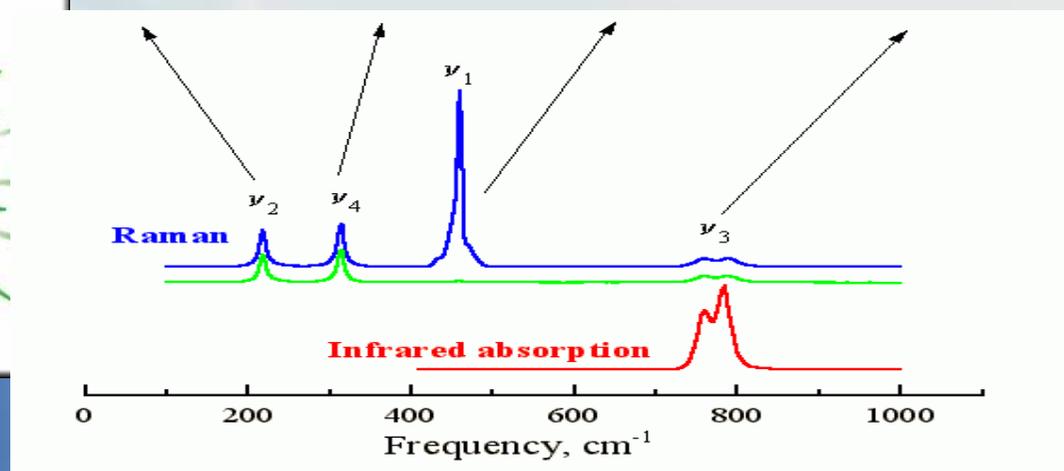
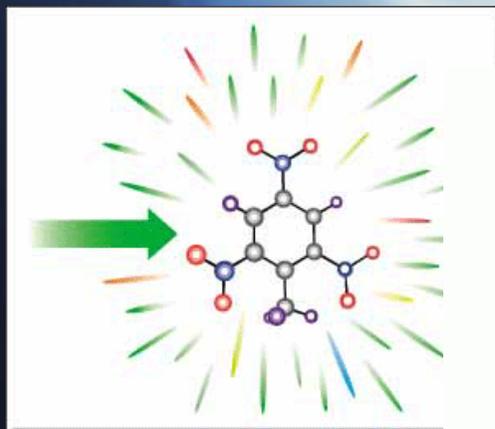
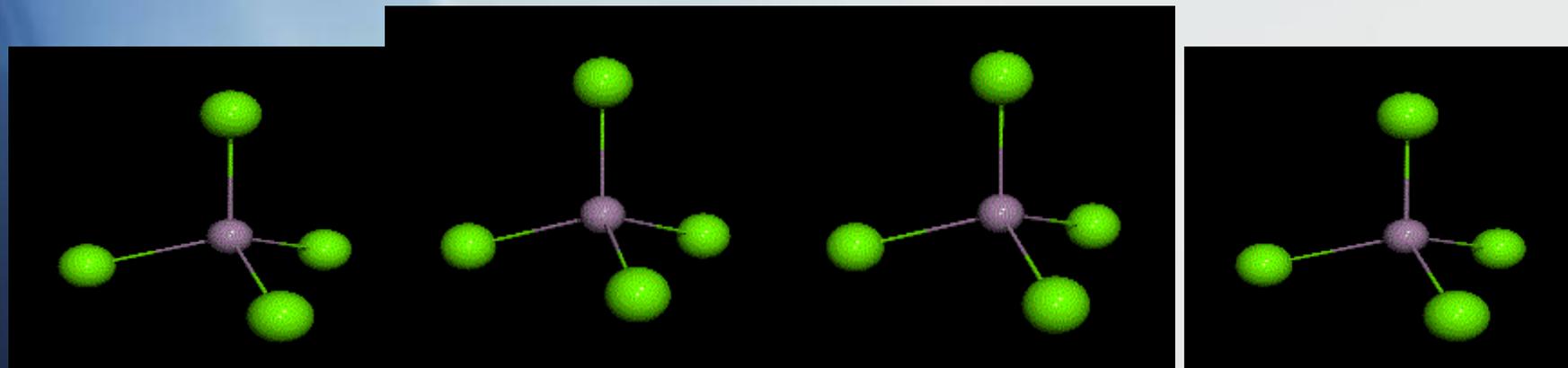


Глава 8. Рассеяние света

8.4. Тонкая структура линии Релея.
Рассеяние Мальденштама-Брюллезна

8.8. Комбинационное (рамановское)
рассеяние света





$$E = E_0 \cos \omega_0 t$$

$$P = \beta E = \beta E_0 \cos \omega_0 t. \quad \omega_m$$

$q = q_0 \cos \omega_m t$. Для малых амплитуд,

$$\beta = \beta_0 + \left(\frac{\partial \beta}{\partial q} \right)_0 q_0 + \dots$$

$$P = \beta E_0 \cos \omega_0 t = \beta_0 \cos \omega_0 t + \left(\frac{\partial \beta}{\partial q} \right)_0 q_0 E_0 \cos \omega_0 t =$$

$$\beta_0 \cos \omega_0 t + \left(\frac{\partial \beta}{\partial q} \right)_0 q_0 E_0 \cos \omega_0 t \cdot \cos \omega_m t =$$

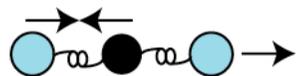
$$\beta_0 \cos \omega_0 t + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \beta}{\partial q} \right)_0 q_0 E_0 [\cos (\omega_0 + \omega_m) t + \cos (\omega_0 - \omega_m) t]$$

СТОКС

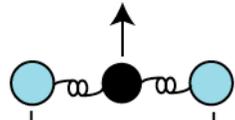
CO₂



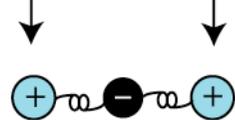
Raman: 1335 cm⁻¹



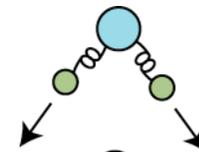
IR: 2349 cm⁻¹



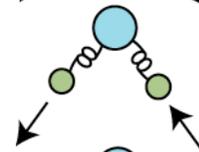
IR: 667 cm⁻¹



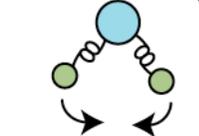
H₂O



Raman + IR: 3657 cm⁻¹

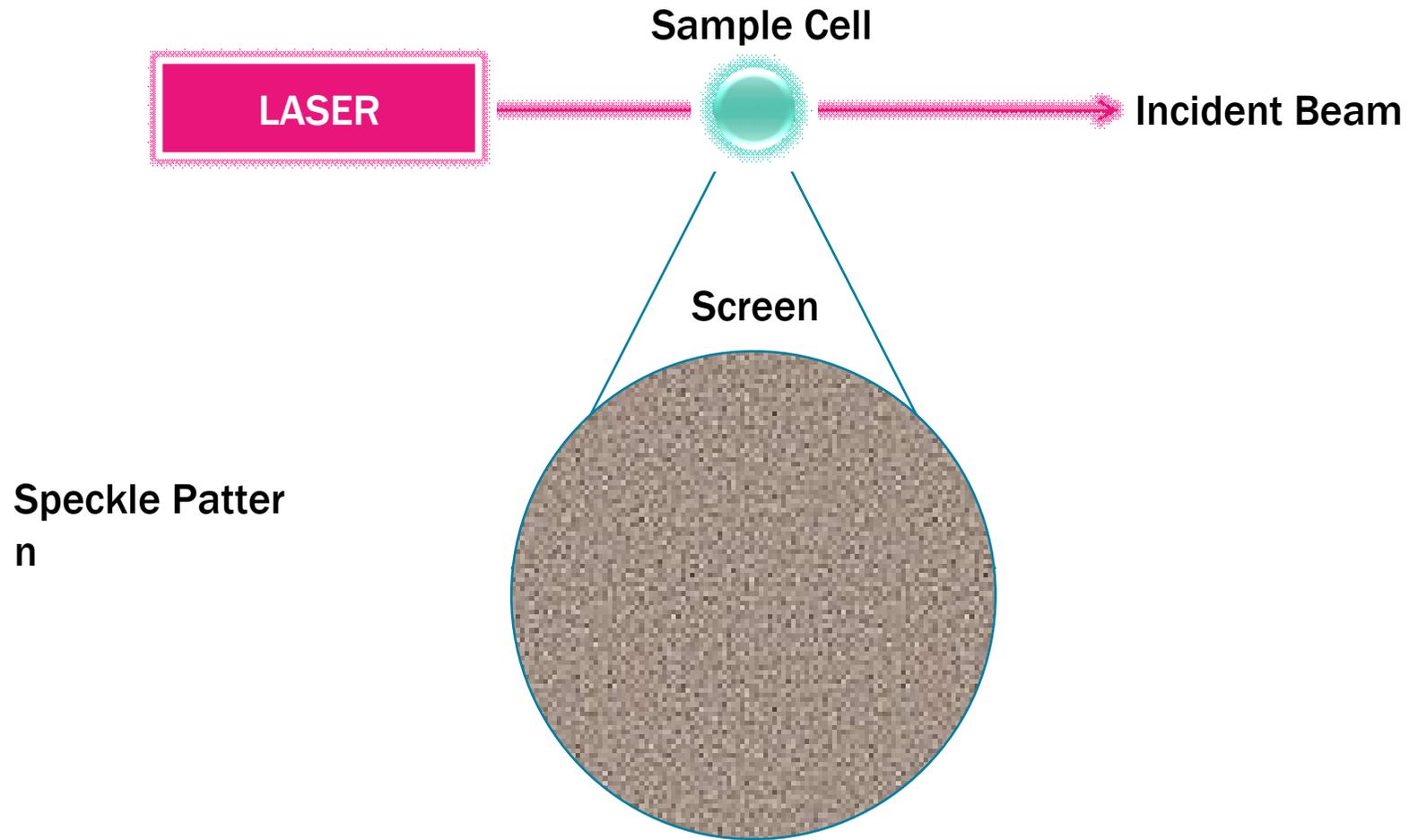


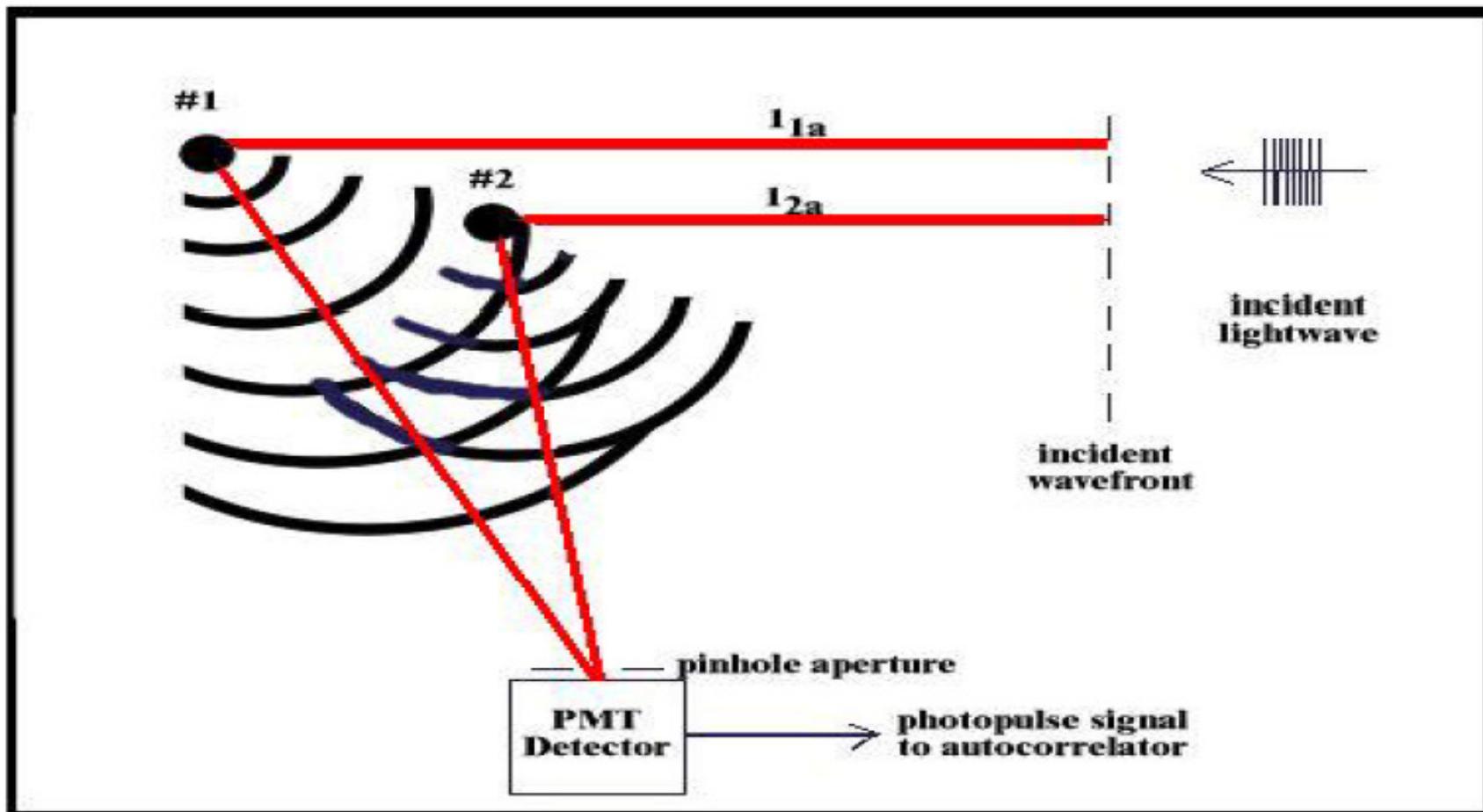
Raman + IR: 3756 cm⁻¹



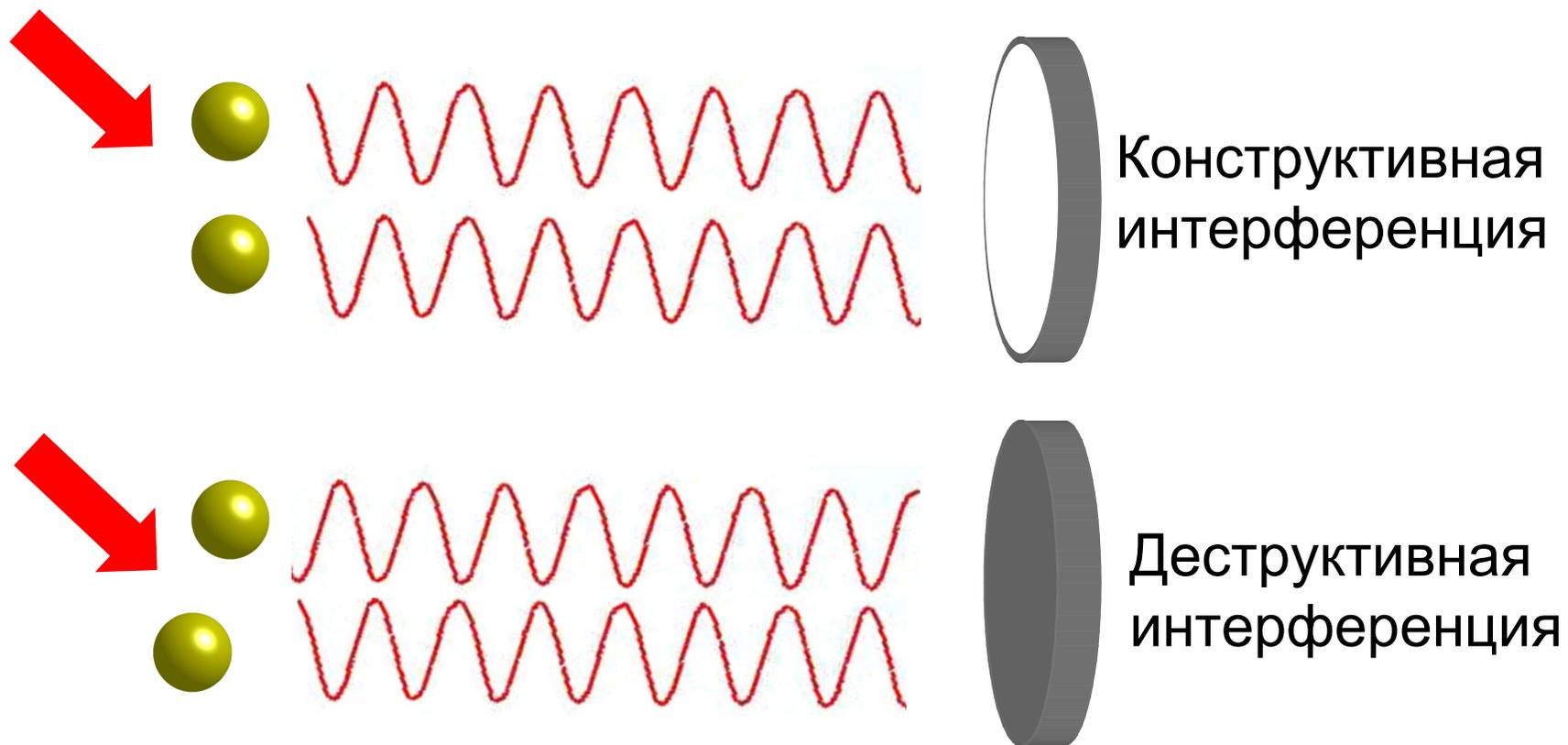
Raman + IR: 1594 cm⁻¹

Dynamic Light Scattering

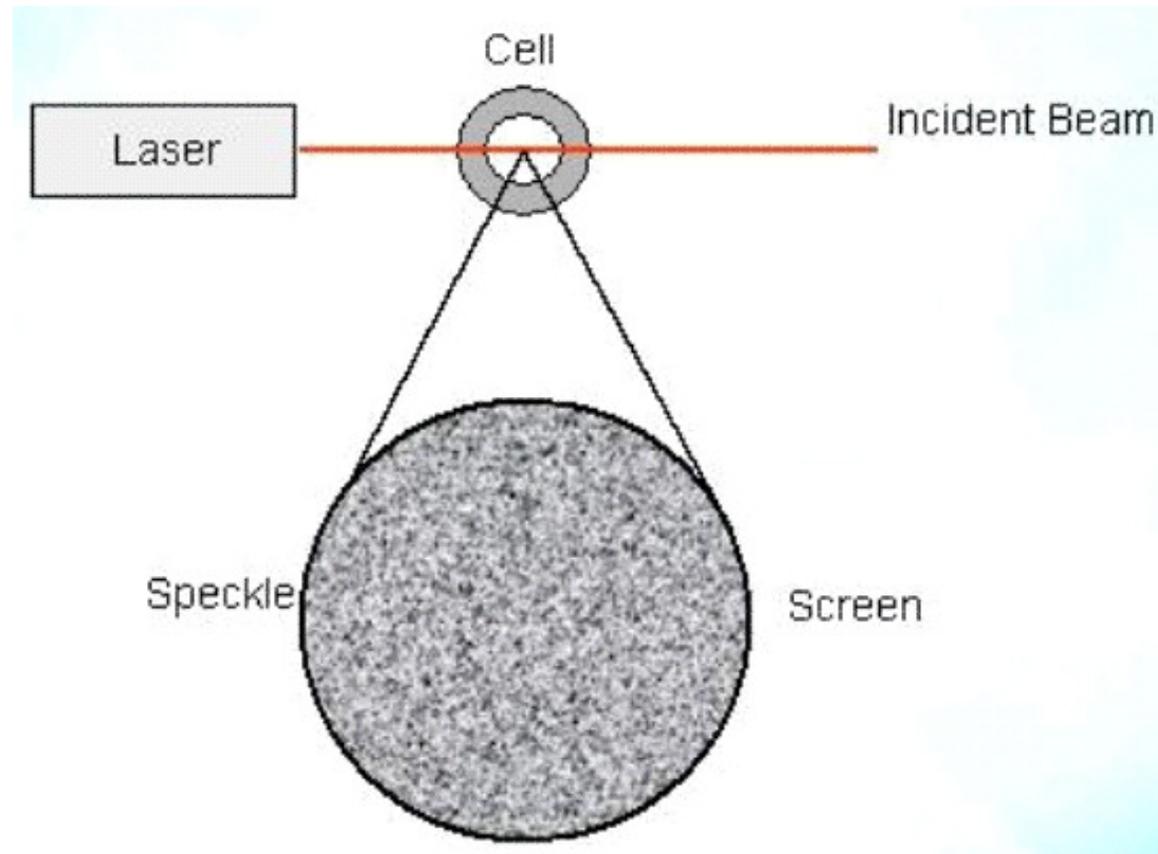




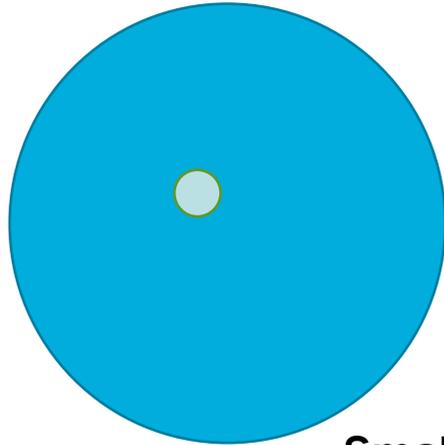
Броуновское движение и рассеяние



Броуновское движение и рассеяние многими частицами

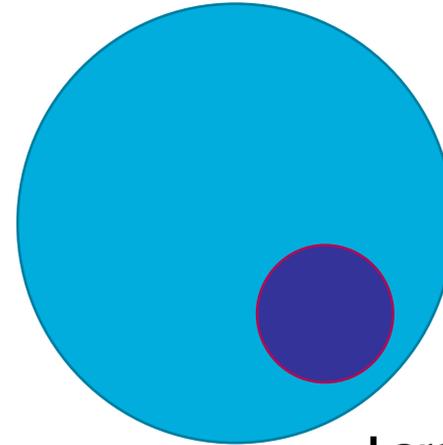


Dynamic Light Scattering



Small Particle

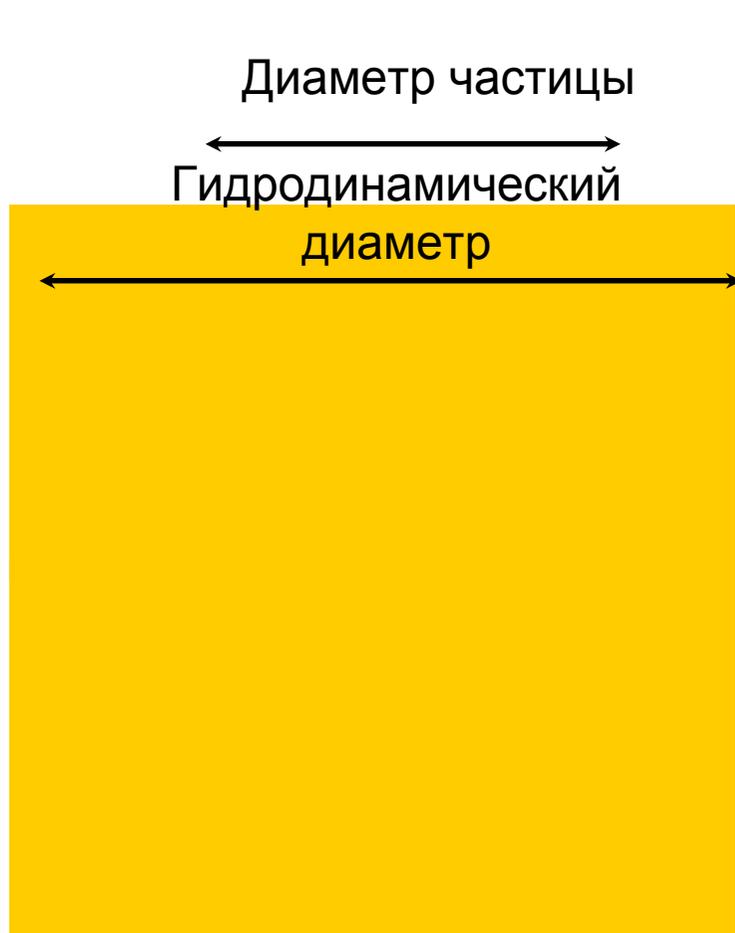
Intensity



Large Particle

Intensity

■ Гидродинамический диаметр



$$d_H = \frac{kT}{3\pi\eta D}$$

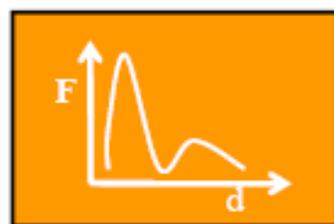
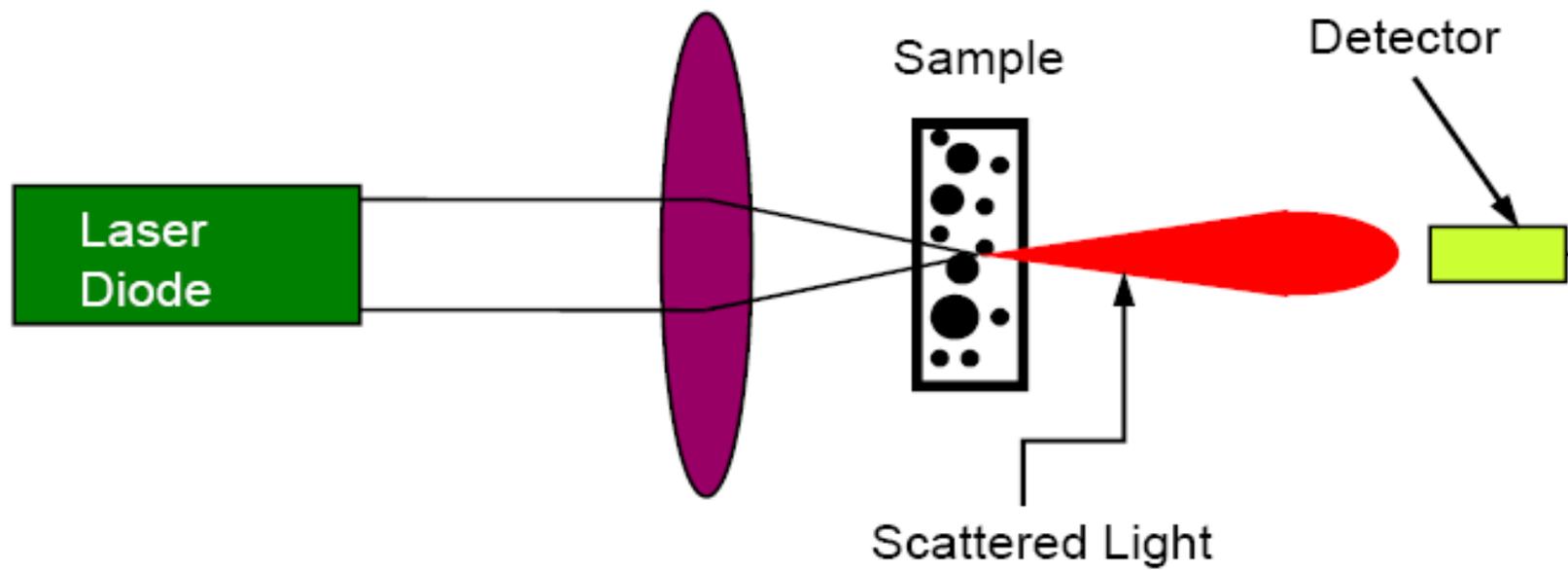
d_H = гидродинамический диаметр

D = коэффициент трансляционной диффузии

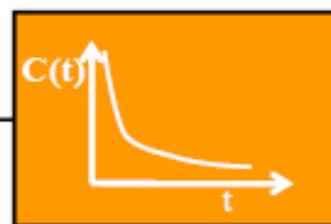
k = константа Больцмана

T = температура

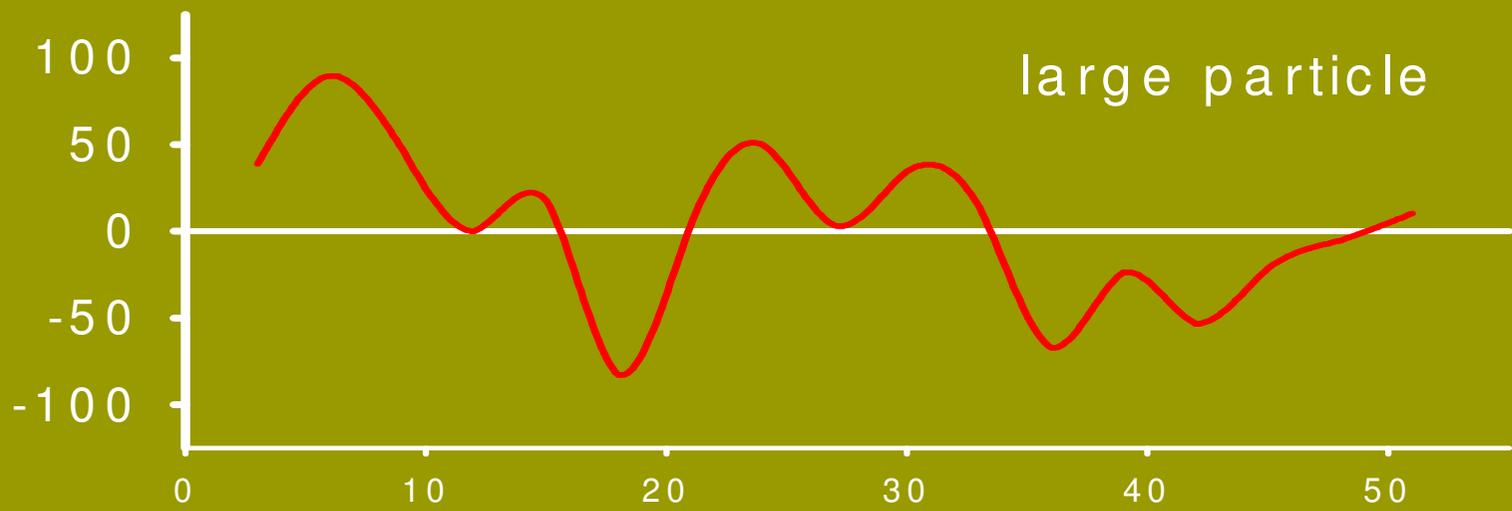
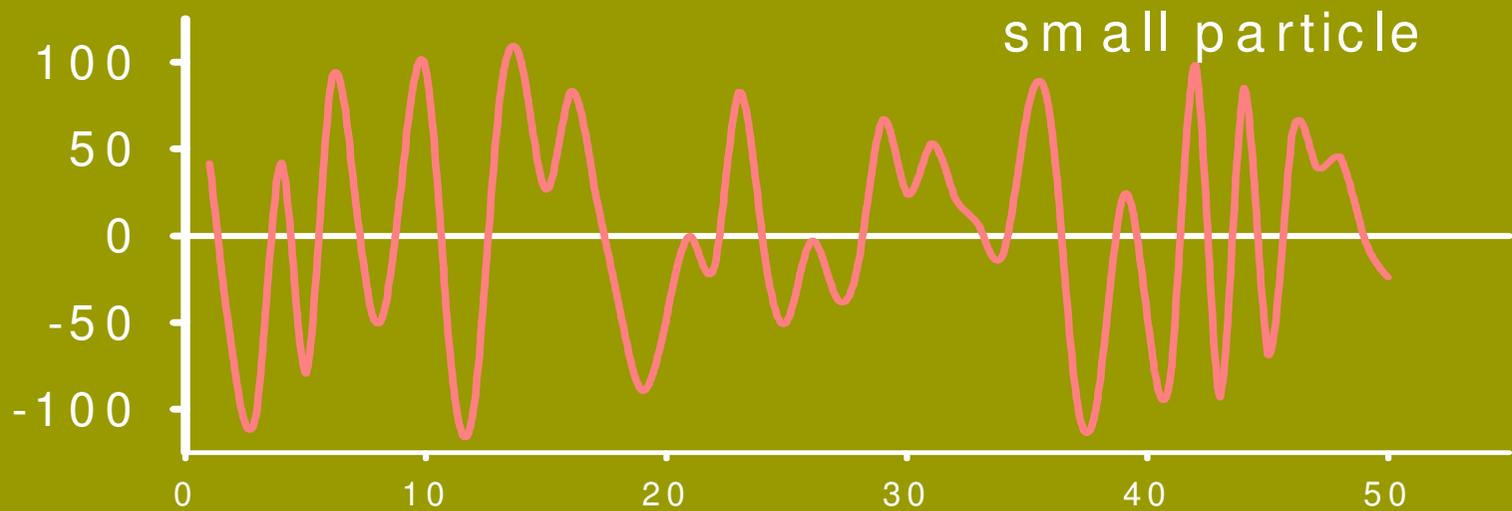
η = вязкость



Deconvolution



Autocorrelator



time (μs)

$$g(\tau) = \langle I(t)I(t+\tau) \rangle$$

$$g(\tau) = \exp(-k^2 D \tau)$$

