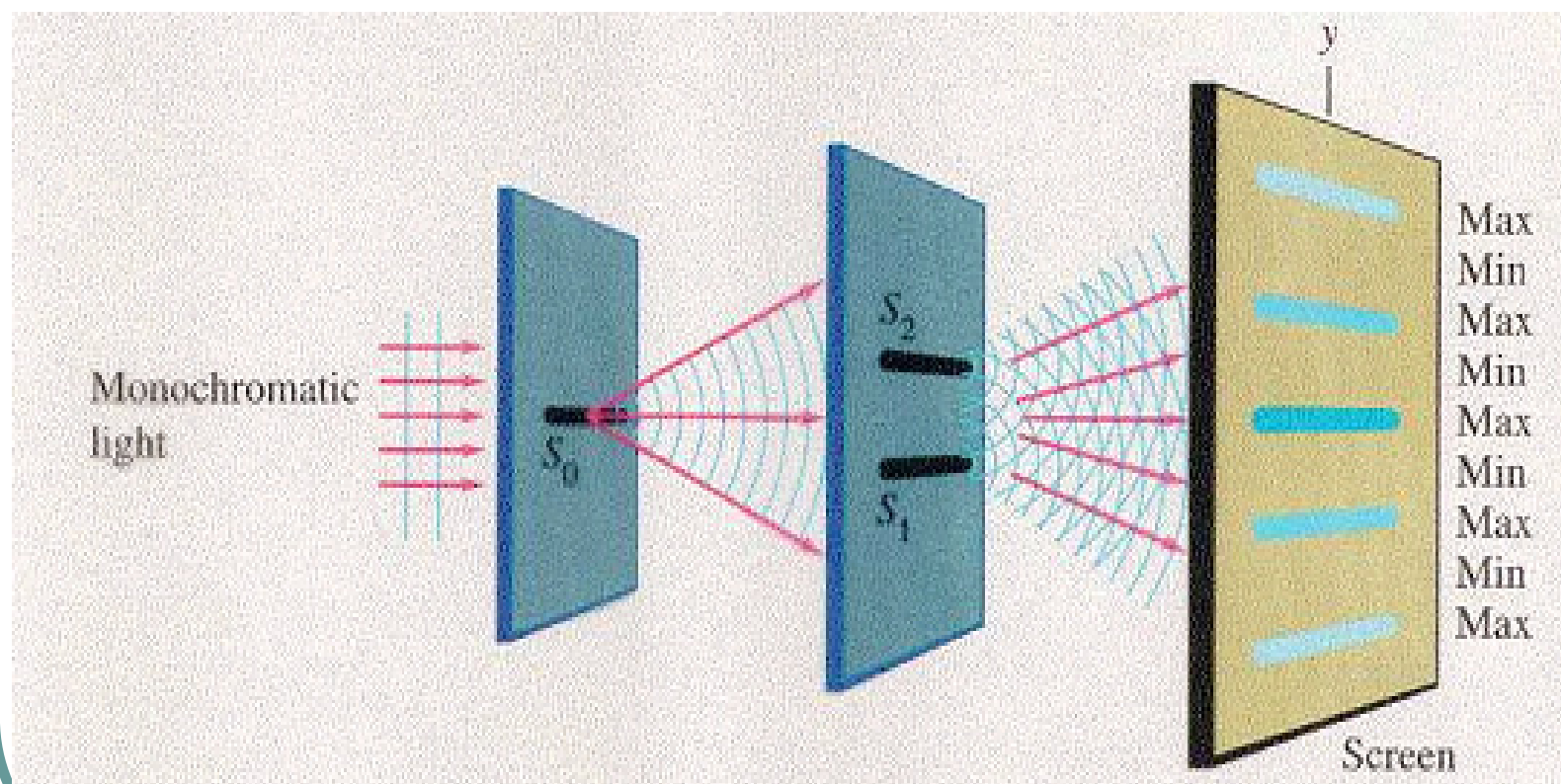
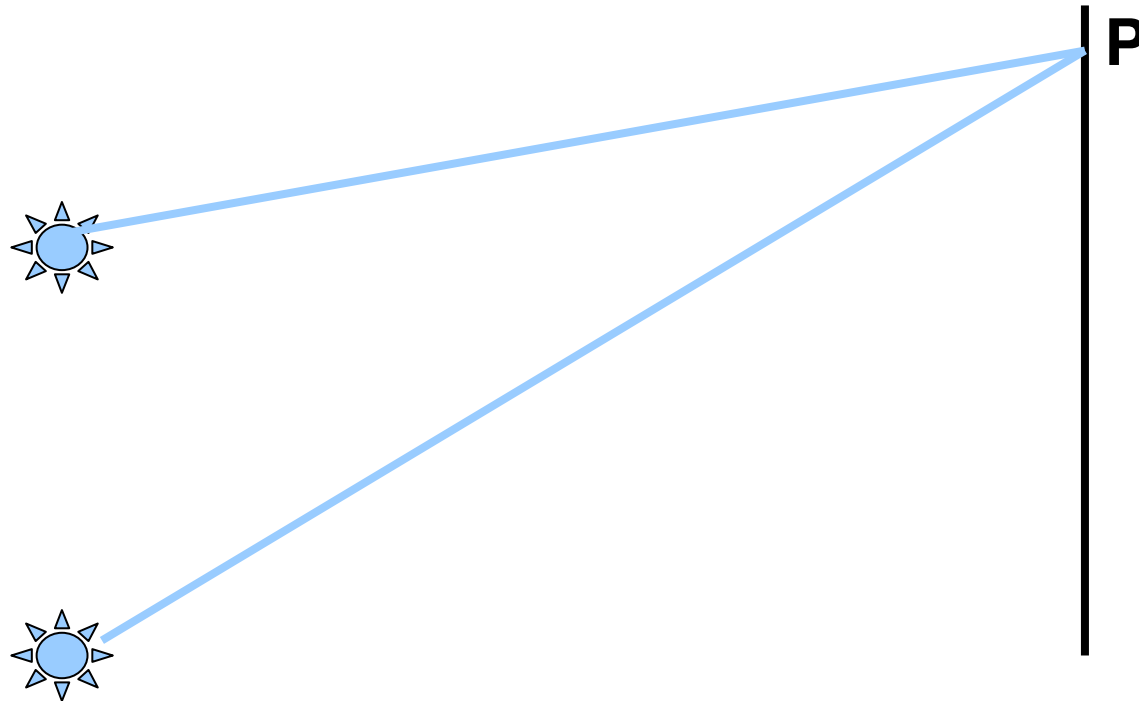
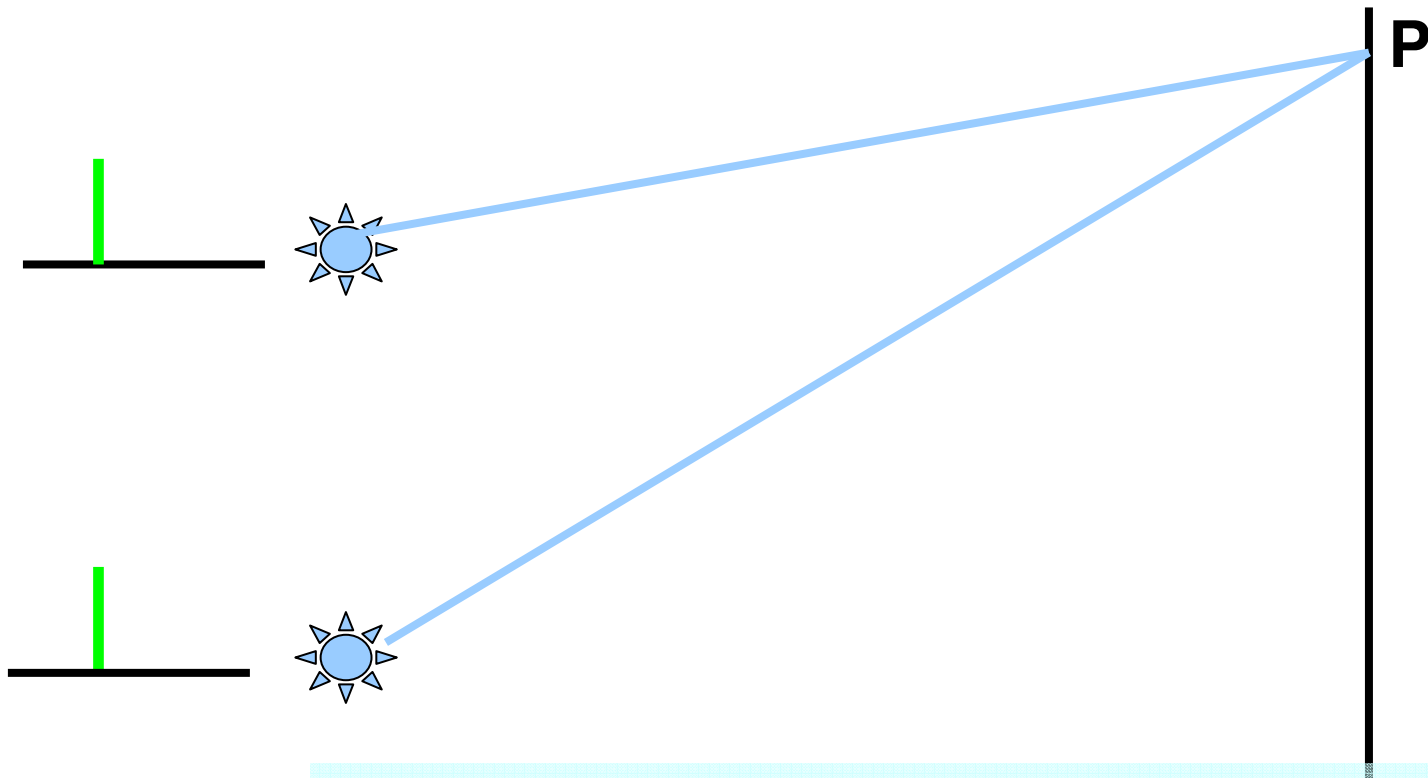


Гл. 3. Интерференция света

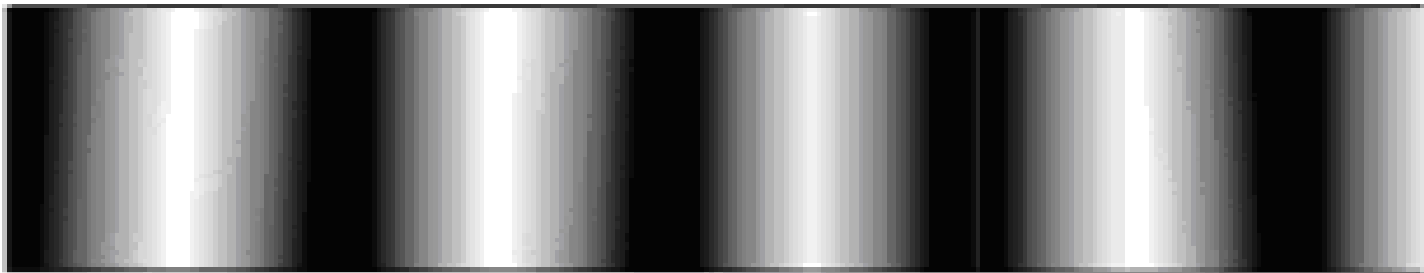
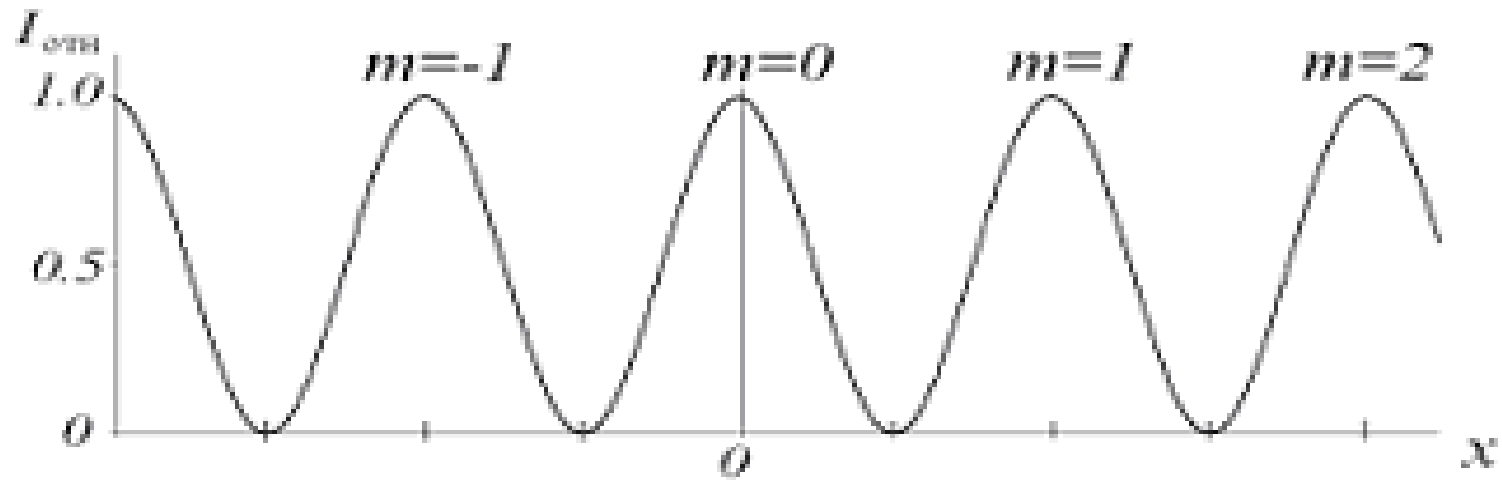




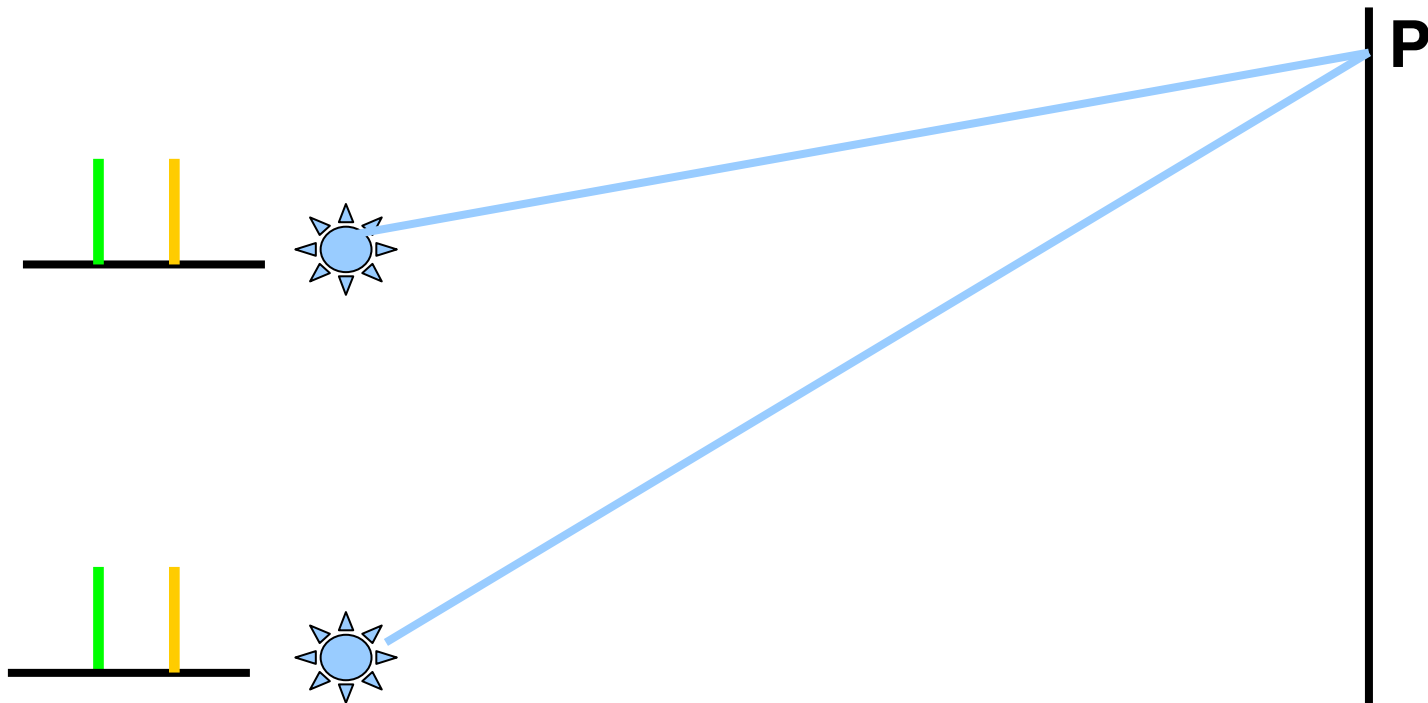
$$I(t) = I_1(t) + I_2(t) + 2\langle E_1(t)E_2(t) \rangle$$



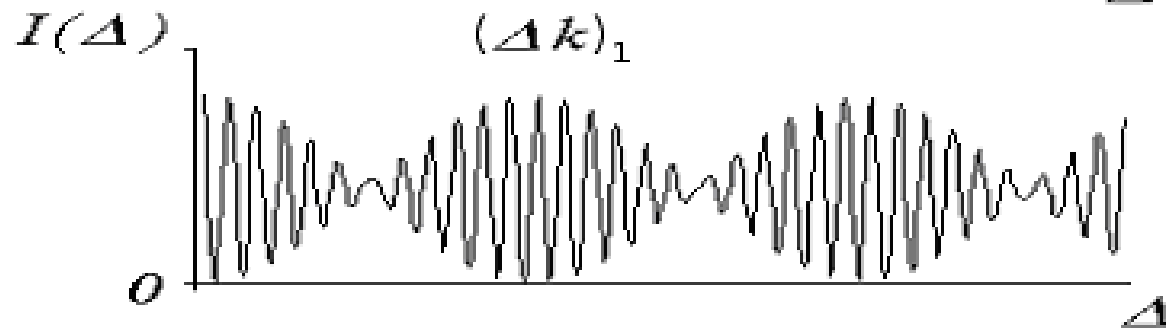
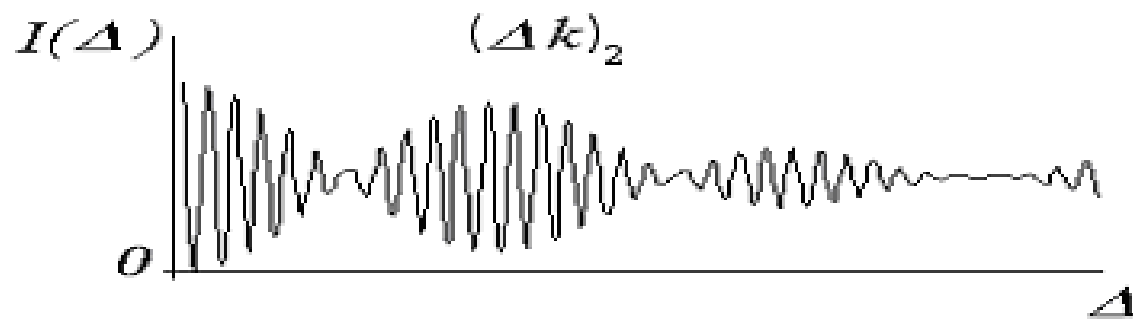
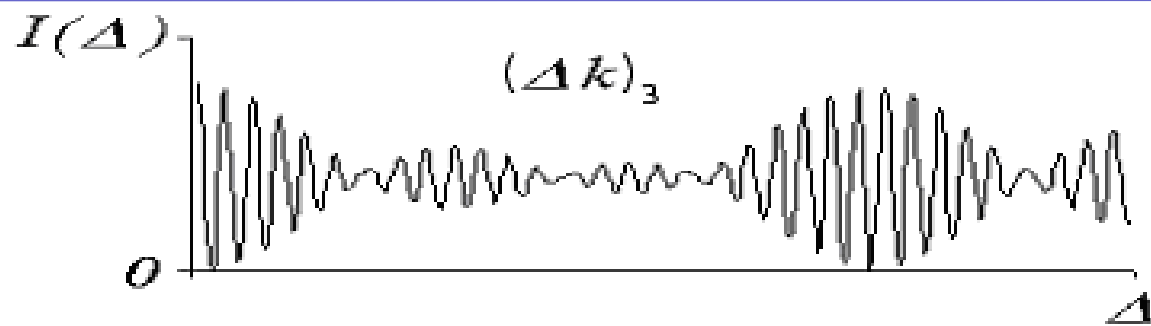
$$I = A^2 = 4I_0 \cos^2 \frac{k_0 \Delta}{2} = 2I_0 (1 + \cos k_0 \Delta).$$

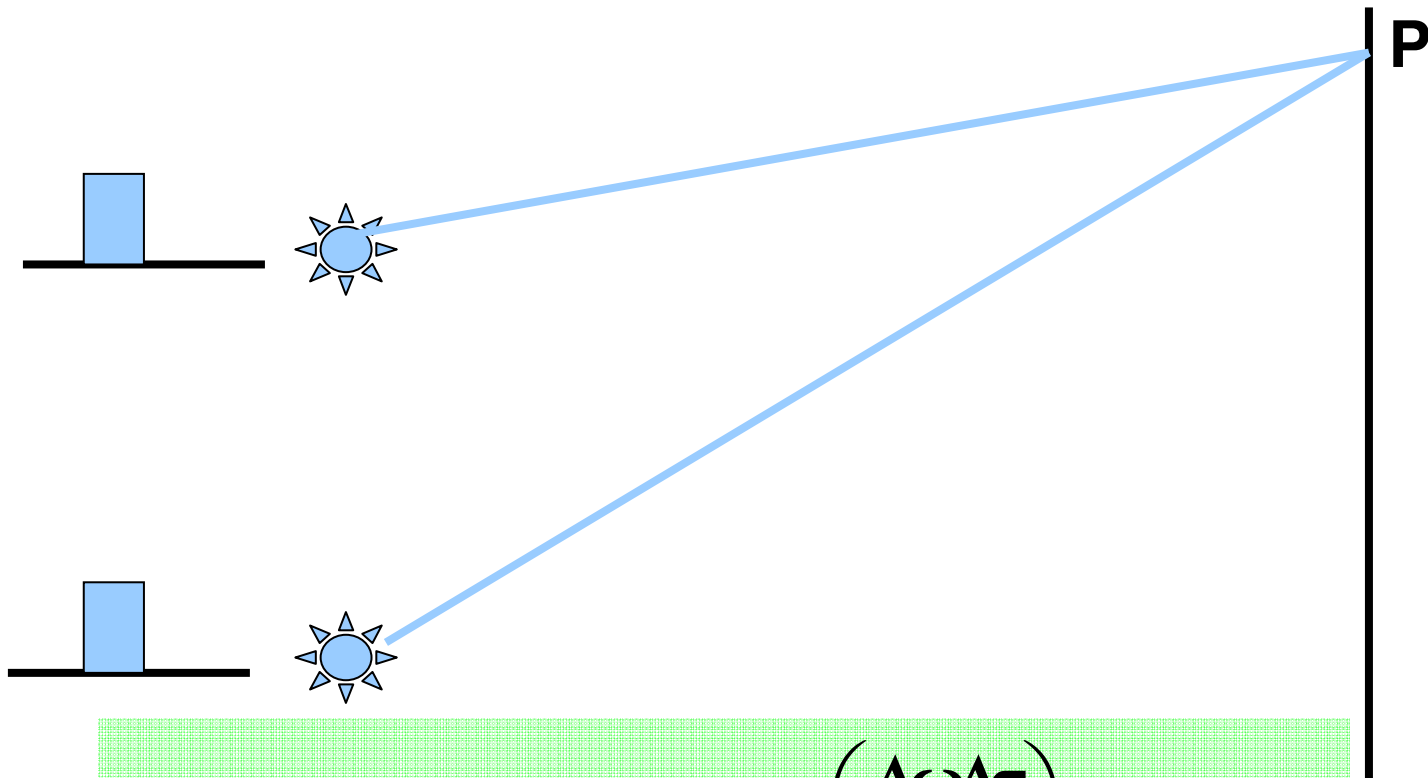


- 3.4. Интерференция квазимонохроматического света (спектральное и временное рассмотрение) функция взаимной корреляции. Основы Фурье-спектроскопии.



$$I = 2I_0 \left(2 + 2 \cos \frac{\Delta r}{2} (k_1 + k_2) \cos \frac{\Delta r}{2} (k_1 - k_2) \right)$$





$$I(\Delta\tau) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \operatorname{sinc}\left(\frac{\Delta\omega\Delta\tau}{2}\right) \cos(\omega_0\Delta\tau)$$

$$V(\Delta\tau) \equiv \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{2\sqrt{I_1 I_2}}{I_1 + I_2} \left| \operatorname{sinc}\left(\frac{\Delta\omega\Delta\tau}{2}\right) \right| =$$
$$= \frac{2\sqrt{I_1 I_2}}{I_1 + I_2} \gamma(\tau)$$

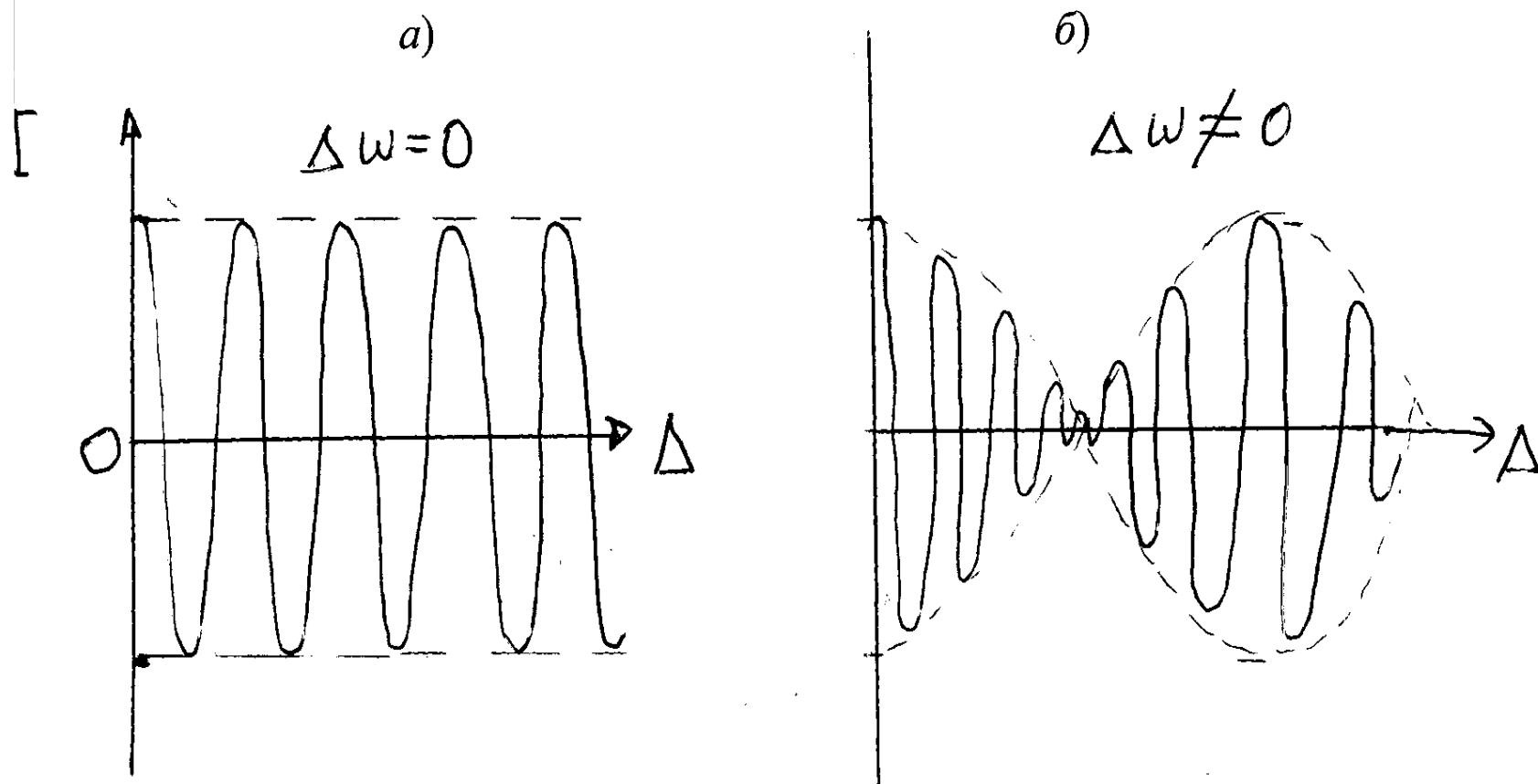


Рис.14.

Временное описание и уравнение интерференции.

Функция корреляции и ее свойства

- **функция пространственно-временной (взаимной) корреляции (корреляционная функция) колебаний в точках S_1 и S_2**

$$B_{12}(t_1, t_2) \equiv \langle E_1(t_1)E_2(t_2) \rangle$$

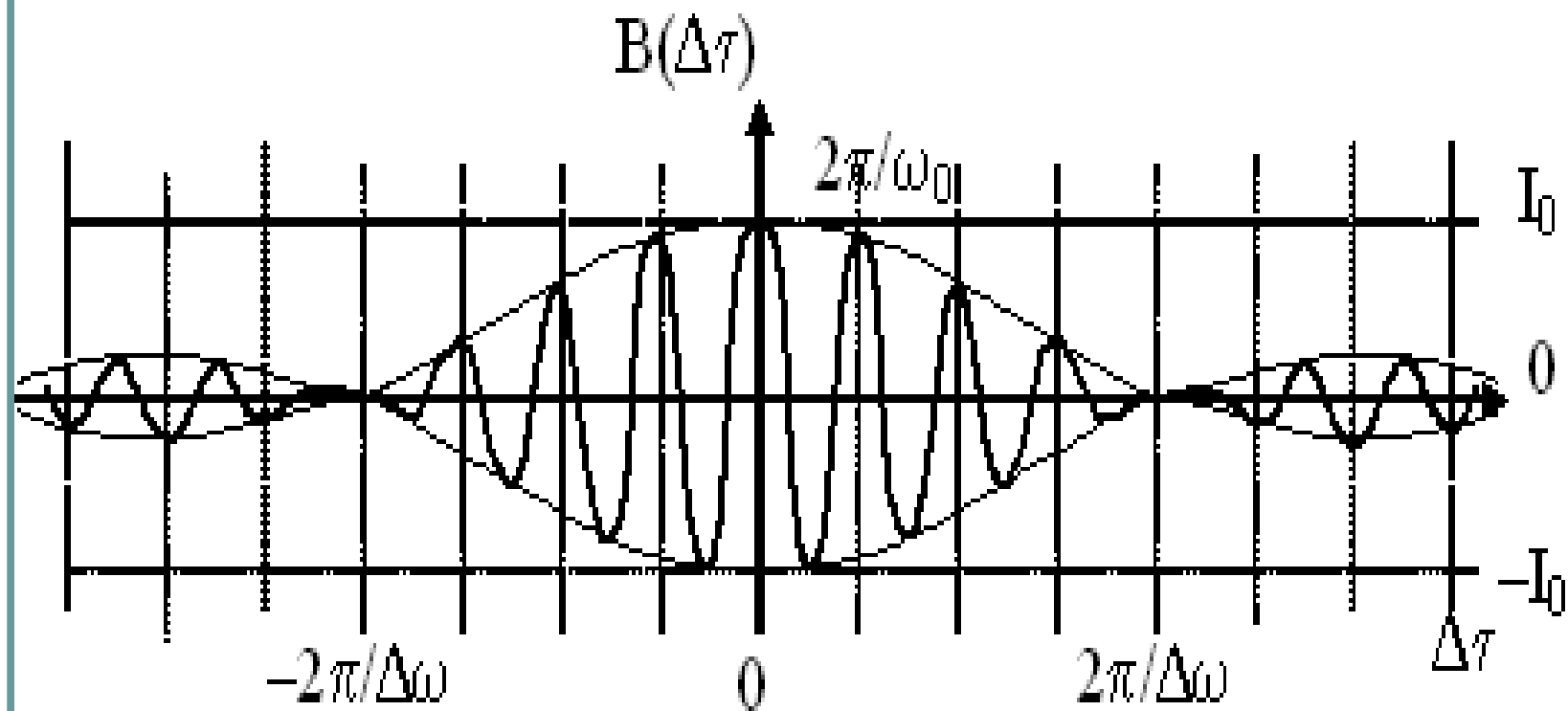
- **функция пространственно-временной (взаимной) корреляции (корреляционная функция) стационарных колебаний в точках S_1 и S_2**

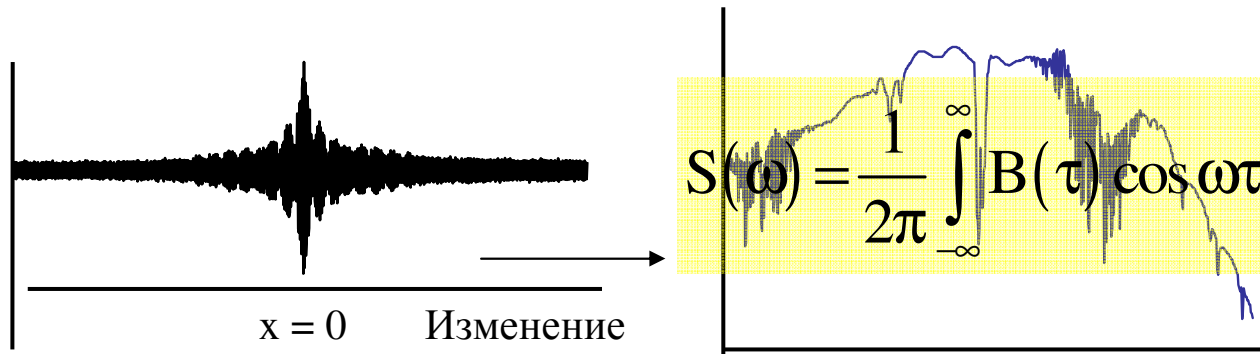
$$B_{12}(\Delta\tau) \equiv \langle E_1(t)E_2(t + \Delta\tau) \rangle$$

- функция временной (авто-)корреляции стационарных колебаний.

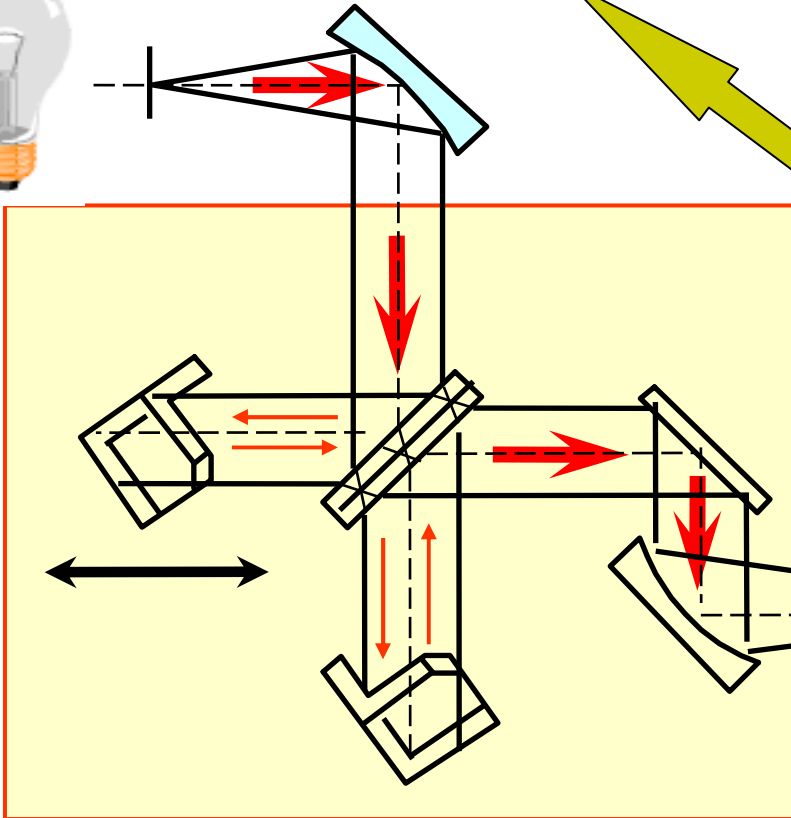
$$B(\Delta \tau) \equiv \langle E_0(t) E_0(t + \Delta \tau) \rangle$$

временной подход

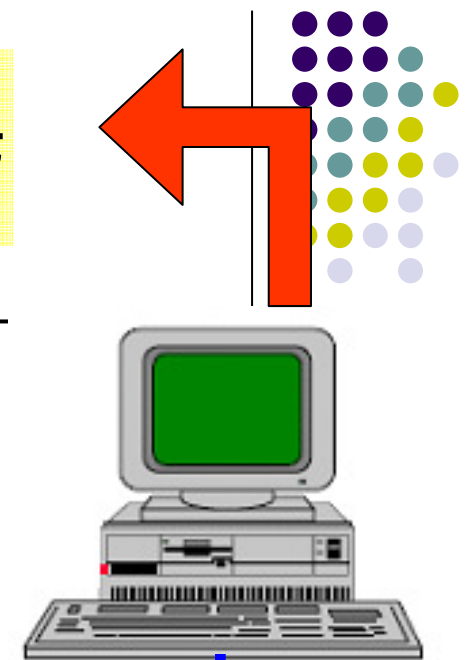




Изменение
Разности хода

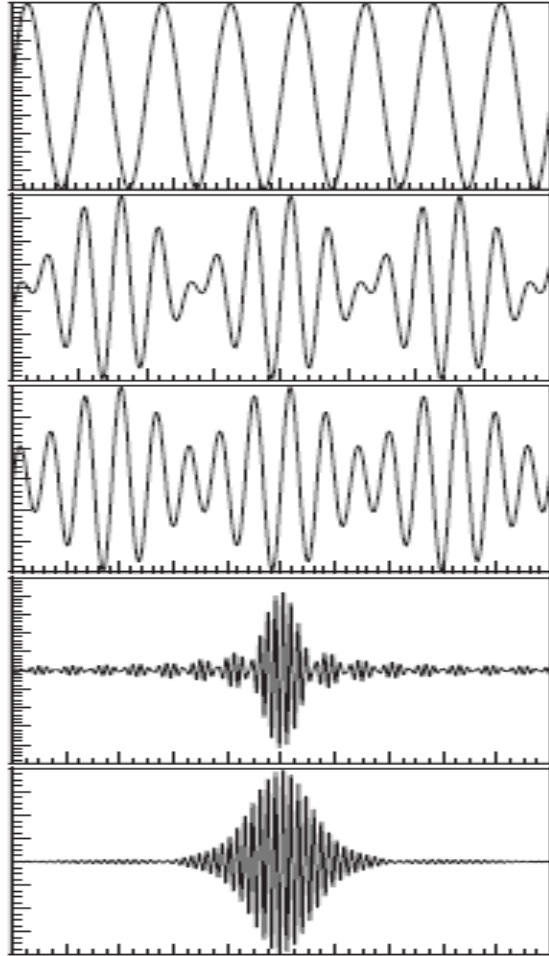


интерферометр

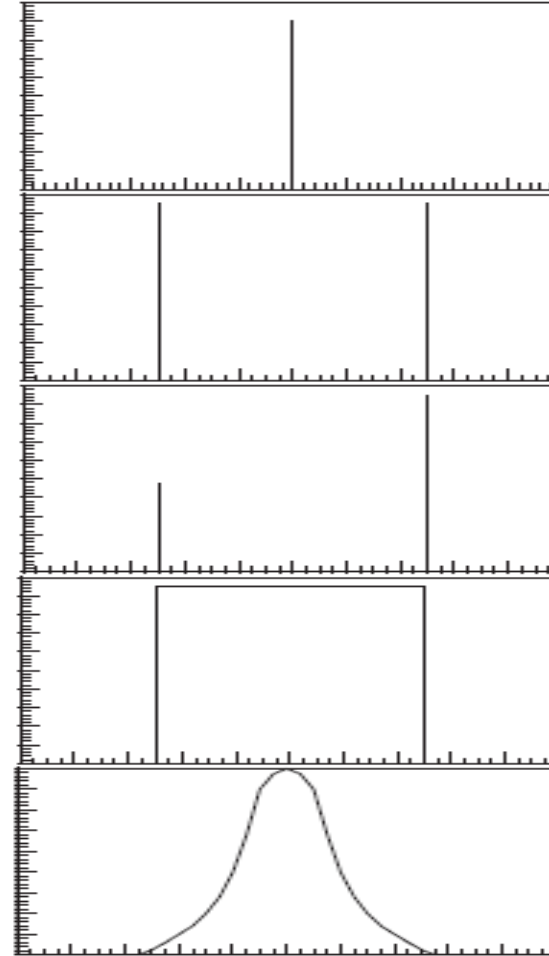


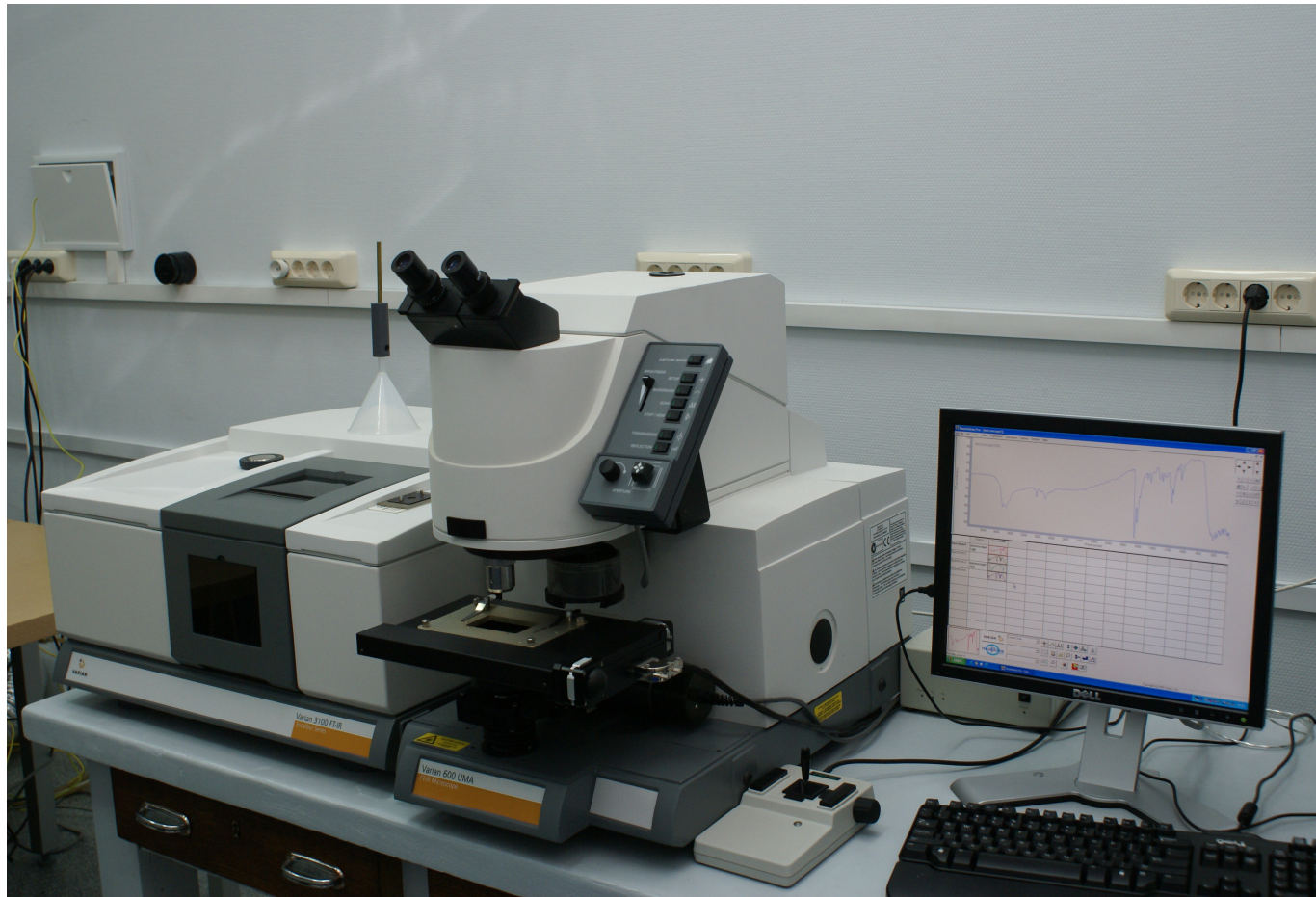
Приемник

Interferograms



Spectra







- **3.5. Интерференция от протяженного источника света. Пространственная когерентность.**

$$R_{\text{ког}} = d_{\text{max}} = \frac{\lambda L_1}{S_0} = \frac{\lambda}{\psi}$$

1. Источник света – Солнце. Место расположения экранов – Земля. В этом случае $\lambda \cong 500$ нм, $S_0 \cong 700$ тыс.км = $7 \cdot 10^8$ м, расстояние для наблюдателя $R \cong 149$ млн. км = $1.5 \cdot 10^{11}$ м:

$$R_{\text{ког}} = \frac{\lambda R}{S_0} \cong \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot 1.5 \cdot 10^{11}}{7 \cdot 10^8} \text{ м} \cong 10^{-4} \text{ м} = 10^{-2} \text{ см}.$$

Источник света – ртутная лампа. В этом случае
 $\lambda \cong 500$ нм, $S_0 \cong 1$ см = 10^{-2} м, $R \cong 2$ м:

$$R_{\text{КОГ}} = \frac{\lambda R}{S_0} \cong \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot 2}{10^{-2}} \text{ м} \cong 10^{-4} \text{ м} = 10^{-2} \text{ см}.$$

Тепловой источник. (В том числе и солнечный свет, рассеянный облаками в пасмурный день.) В этом случае $S_0 \sim R$,
 $\Omega = \frac{S_0}{R} \sim 1$. Для длины волны $\lambda = 500 \text{ нм}$
имеем

$$R_{\text{ког}} = \frac{\lambda R}{s} \sim \lambda \cong 0.5 \text{ мкм}.$$

- **Лазер.** Свет когерентен по всему поперечному сечению пучка S_0 . Пусть $S_0=2\text{мм}$. При распространения луча в пространстве его сечение за счет дифракции увеличивается. Причем для ближней зоны дифракции ($R<2\text{м}$) диаметр пучка не изменяется, для дальней зоны диаметр пучка меняется

$$S(R) = 2 \frac{\lambda}{S_0} R$$

1. $R=2\text{м}$. $R_{\text{ког}} \cong S_0 = 2 \text{ мм}$,

$$2.R = 100 \text{ м.}$$

$$\begin{aligned} S(R) &\cong 2 \frac{\lambda}{S_0} R = \\ &= 2 \cdot \frac{0.5 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{2 \cdot 10^{-3}} = 5 \text{ см} \end{aligned}$$

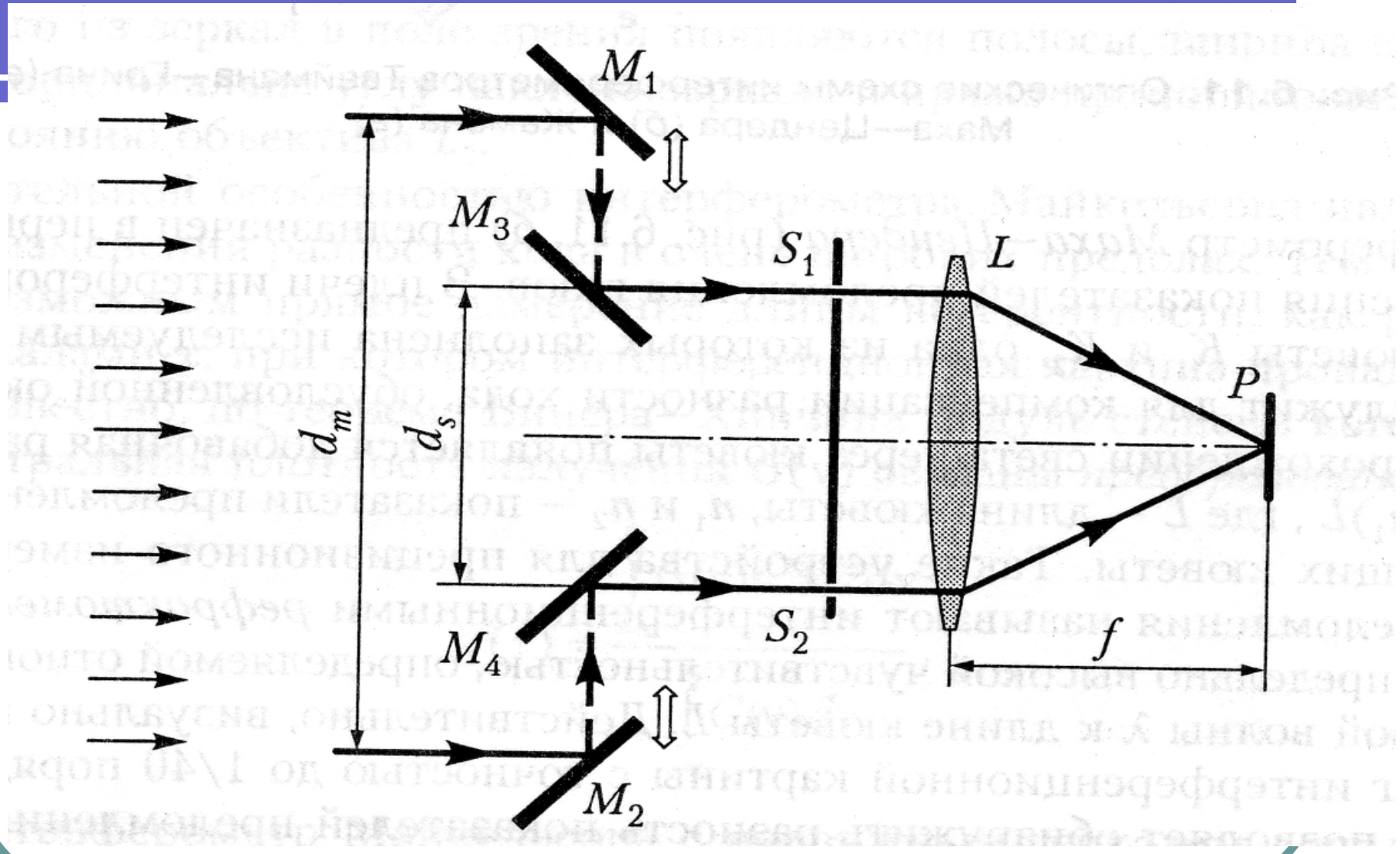
$$R_k = \frac{\lambda R}{S} = \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot 100}{5 \cdot 10^{-2}} = 10^{-3} \text{ м} = 1 \text{ мм}$$

Источник света – звезда Бетельгейзе, угловой размер которой был впервые определен с помощью звездного интерферометра Майкельсона. Место расположение экранов – Земля. В этом случае $\lambda \cong 500$ нм и $\Omega \cong 0.0047''$.

$$R_{\text{ког}} = \frac{\lambda R}{S_0} = \frac{\lambda}{\Omega} \cong \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 360}{0.0047 \cdot 2 \cdot 3.14} \text{ м} \cong 22 \text{ м}.$$

$$I = 2I_0 \left[1 + \operatorname{sinc} \left(\frac{kS_0\Omega}{2} \right) \cos \left(\frac{kxd}{L} \right) \right]$$

$$V = \operatorname{sinc} \left(\frac{kS_0\Omega}{2} \right)$$



Dalekohled 1

Dalekohled 2

Nasmythovo
ohnisko

Nasmythovo
ohnisko

Coudé
ohnisko

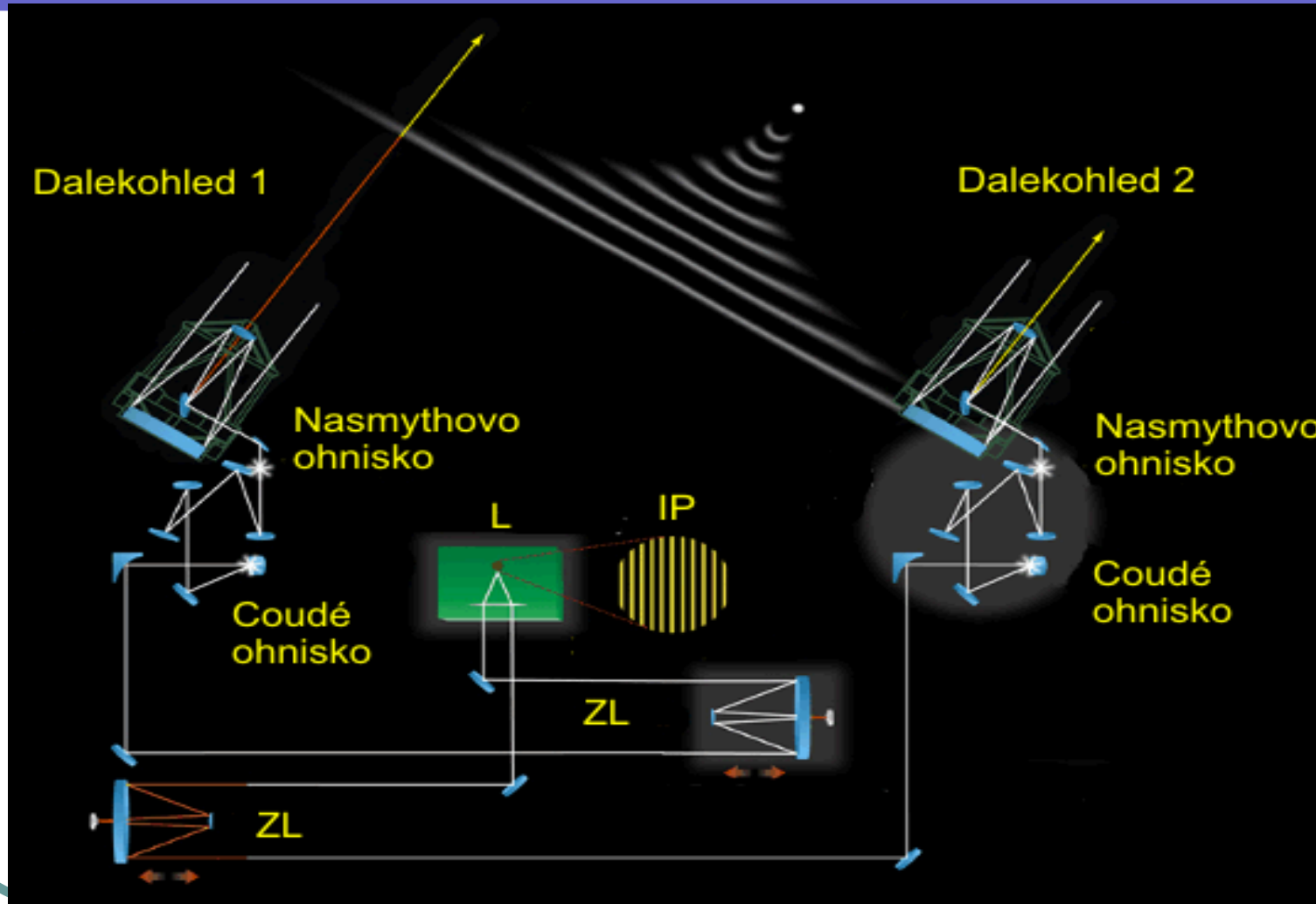
Coudé
ohnisko

L

IP

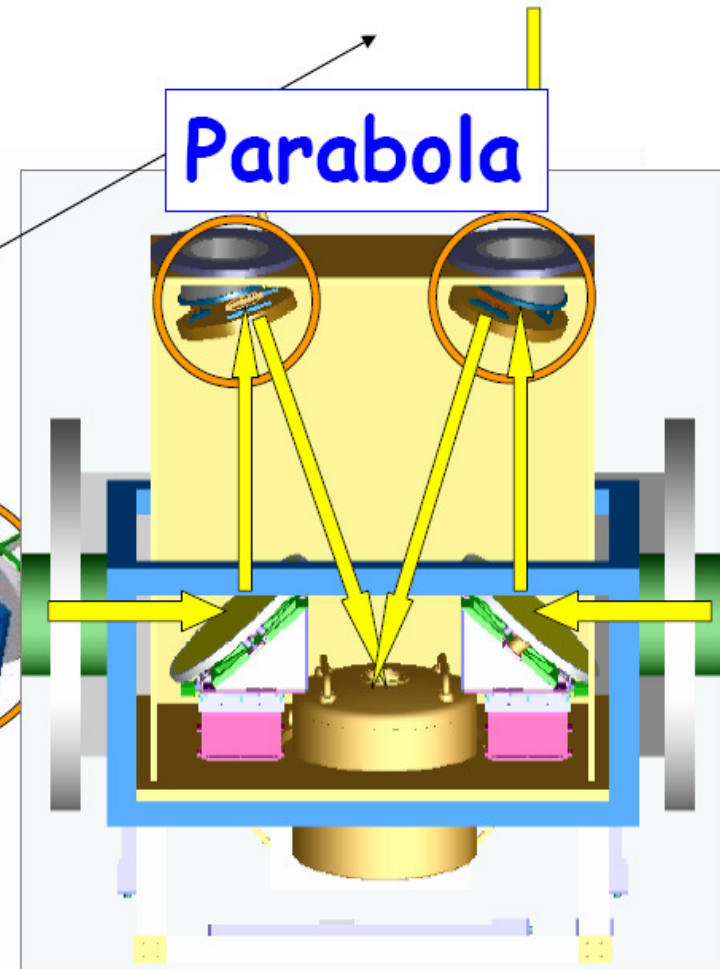
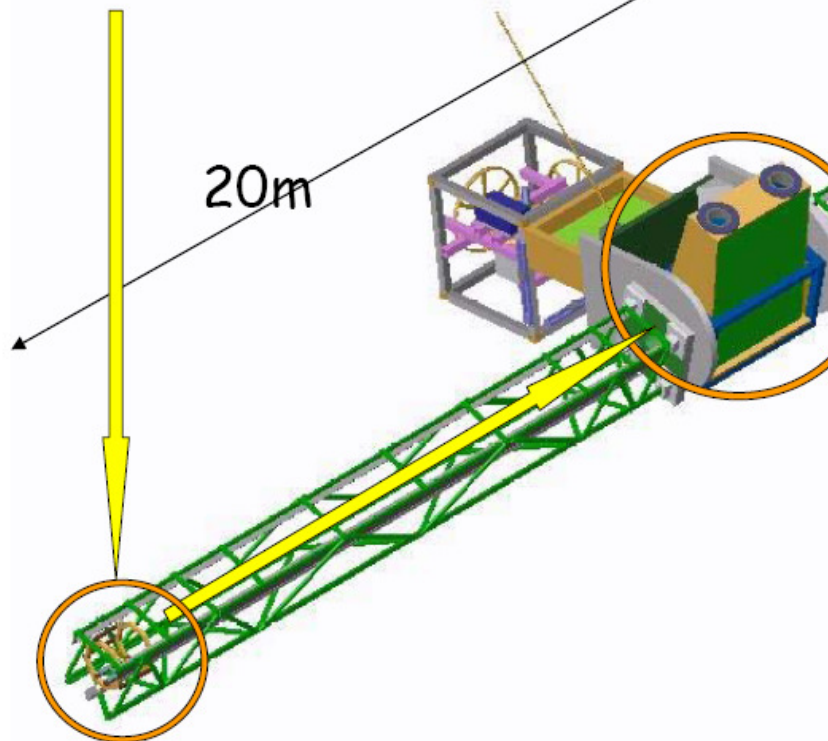
ZL

ZL

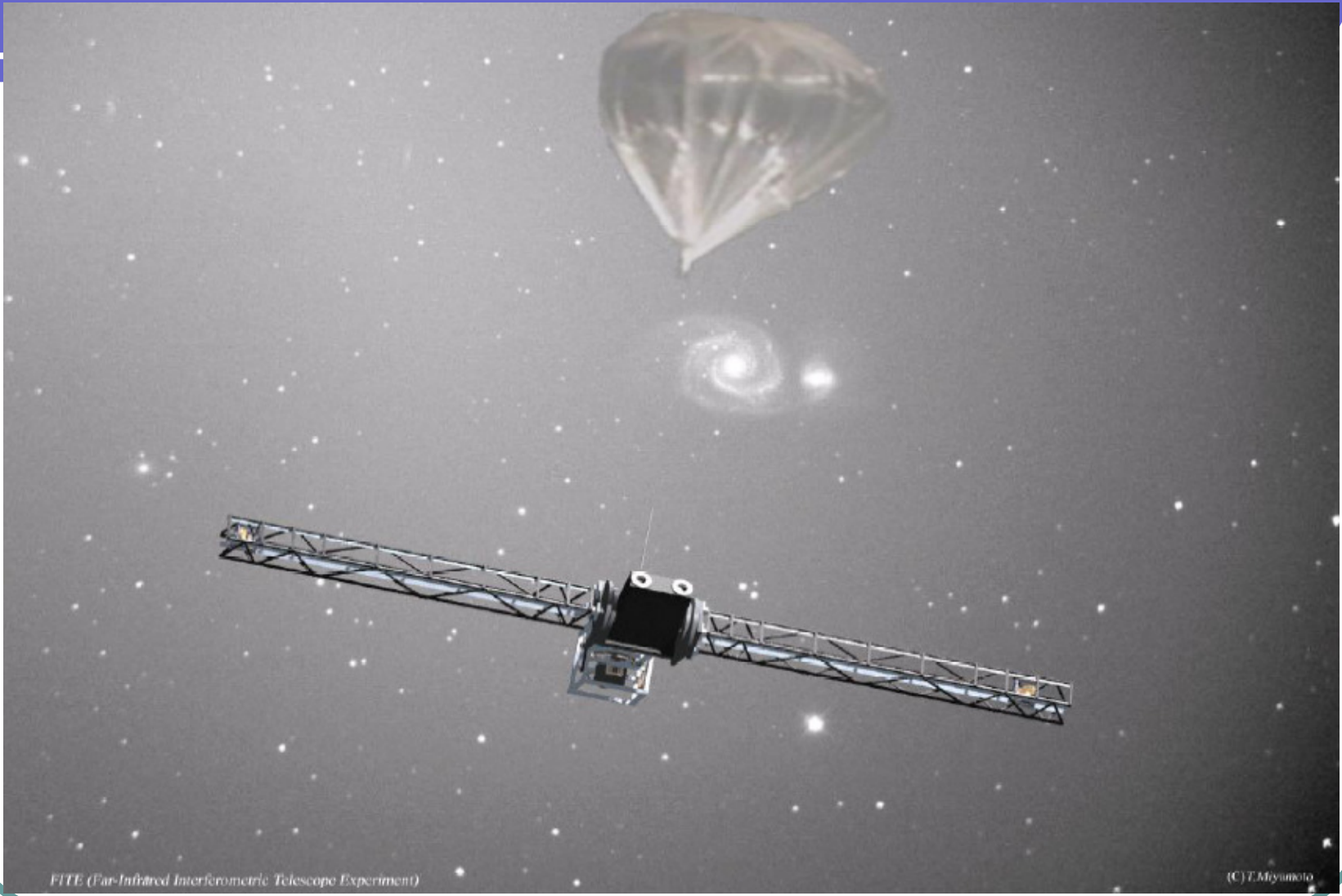


Optical Design

Interferometer Optics



Sensor Optics



FITE (Far-Infrared Interferometric Telescope Experiment)

(C) T. Miyamoto

- **3.6. Функция пространственно-временной корреляции. Степень пространственно-временной когерентности.**

- **комплексная функция пространственно-временной (взаимной) корреляции колебаний в точках S_1 и S_2**

$$\Gamma_{12}(\Delta \tau) \equiv \langle E_1(t) E_2^*(t + \Delta \tau) \rangle$$

- **комплексная степень пространственно-временной (взаимной) когерентности колебаний в точках S_1 и S_2**

$$\mathcal{C}_{12}(\Delta \tau) \equiv \frac{\mathfrak{E}_{12}(\Delta \tau)}{2\sqrt{I_1 I_2}} =$$

- **степень пространственно-временной (взаимной) когерентности колебаний в точках S_1 и S_2**

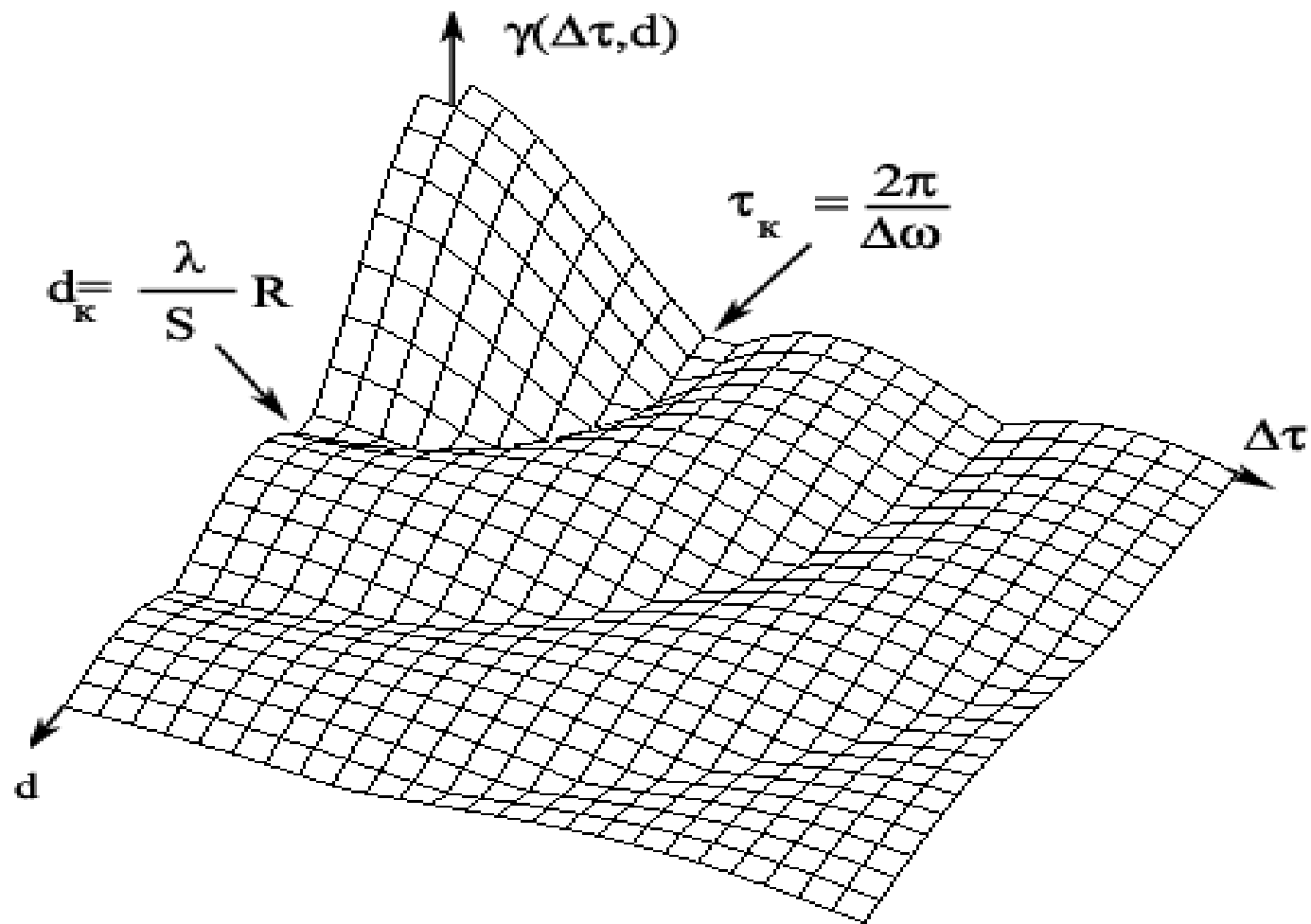
$$\gamma_{12}(\Delta \tau) \equiv |\mathcal{K}_{12}(\Delta \tau)| > 0$$

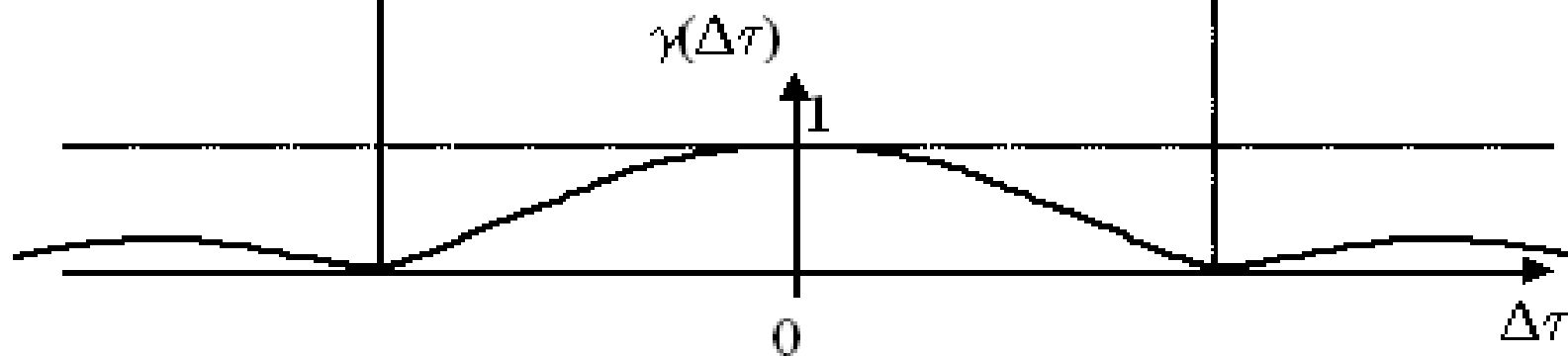
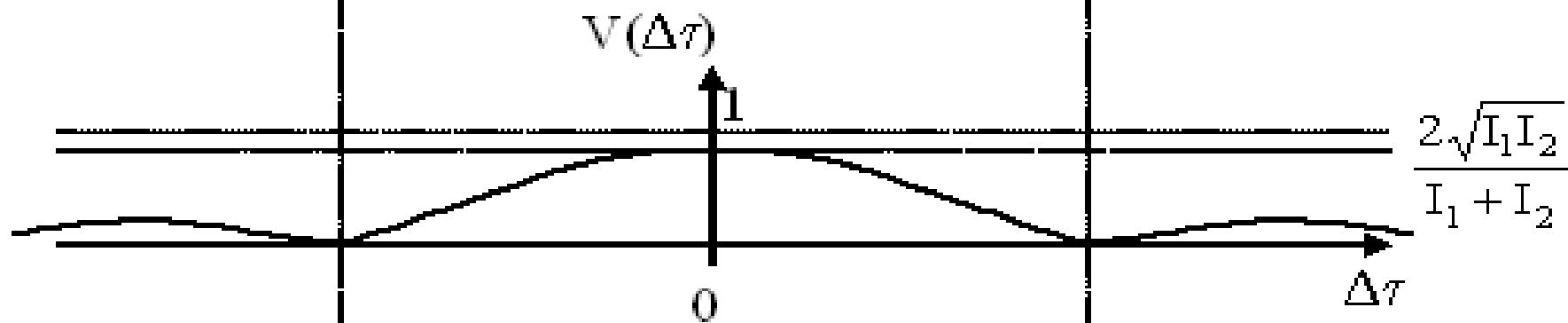
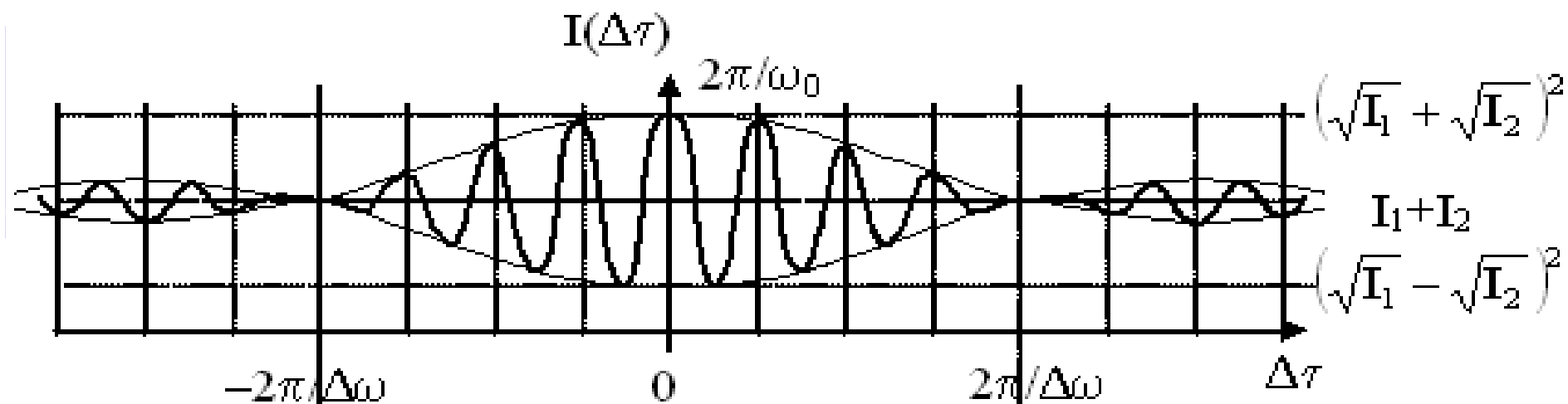
- *стационарное, однородное и изотропное световое поле*

$$\hat{\mathbf{E}}_{12}(\Delta\tau) = \hat{\mathbf{E}}(\Delta\tau, d)$$

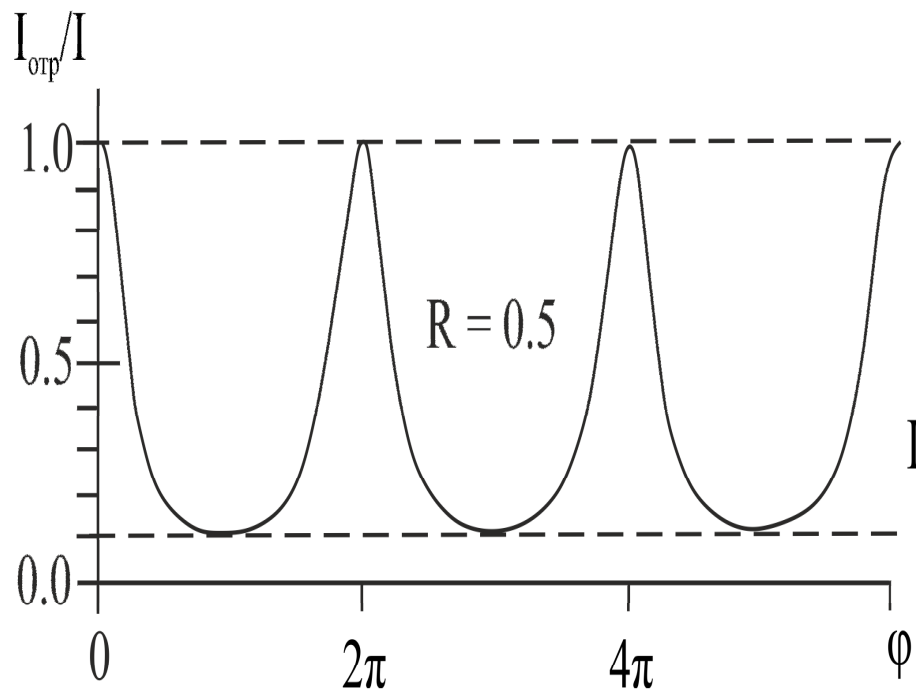
$$\hat{\mathcal{E}}_{12}(\Delta\tau) = \hat{\mathcal{E}}(\Delta\tau, d) = \gamma(\Delta\tau, d) e^{-i(\omega_0 \Delta\tau - \Psi(\Delta\tau, d))}$$

$$V(\Delta\tau, d) \equiv \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{2\sqrt{I_1 I_2}}{I_1 + I_2} \gamma(\Delta\tau, d)$$

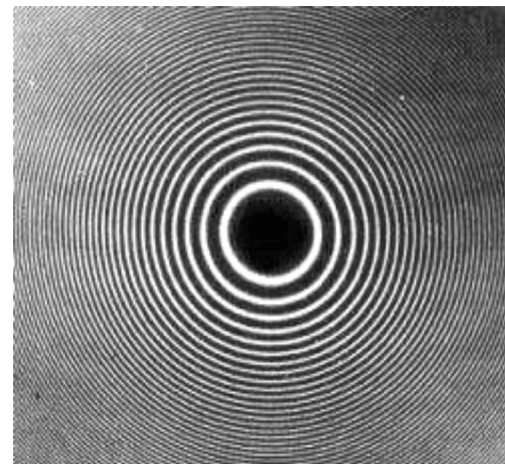


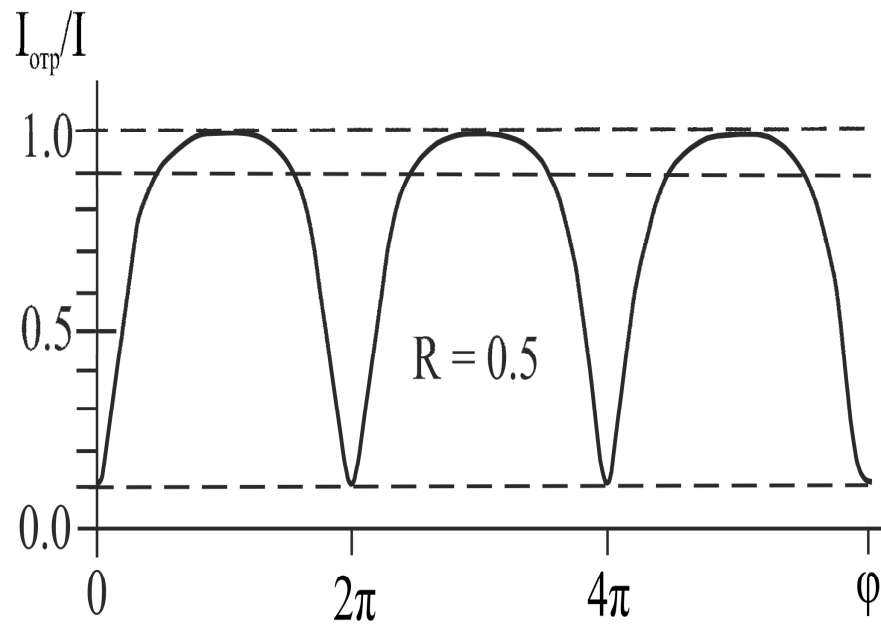


- **3.7. Многоволновая интерференция.**

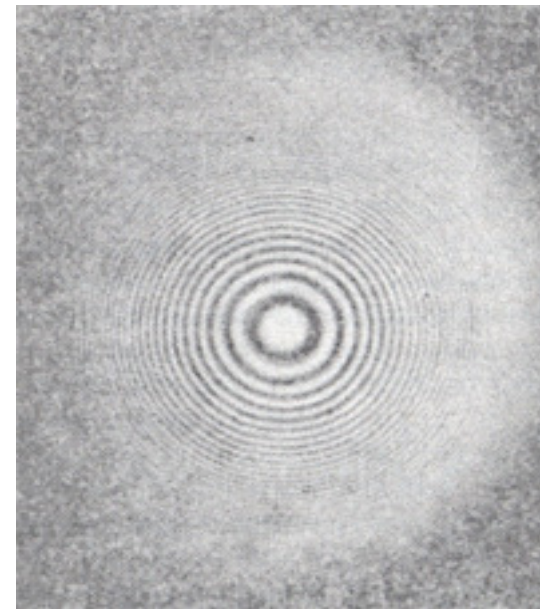


$$I_{\text{min}} = I \left(\frac{1-R}{1+R} \right)^2$$





$$I_{\text{max}} = I \frac{4R}{(1+R)^2}$$



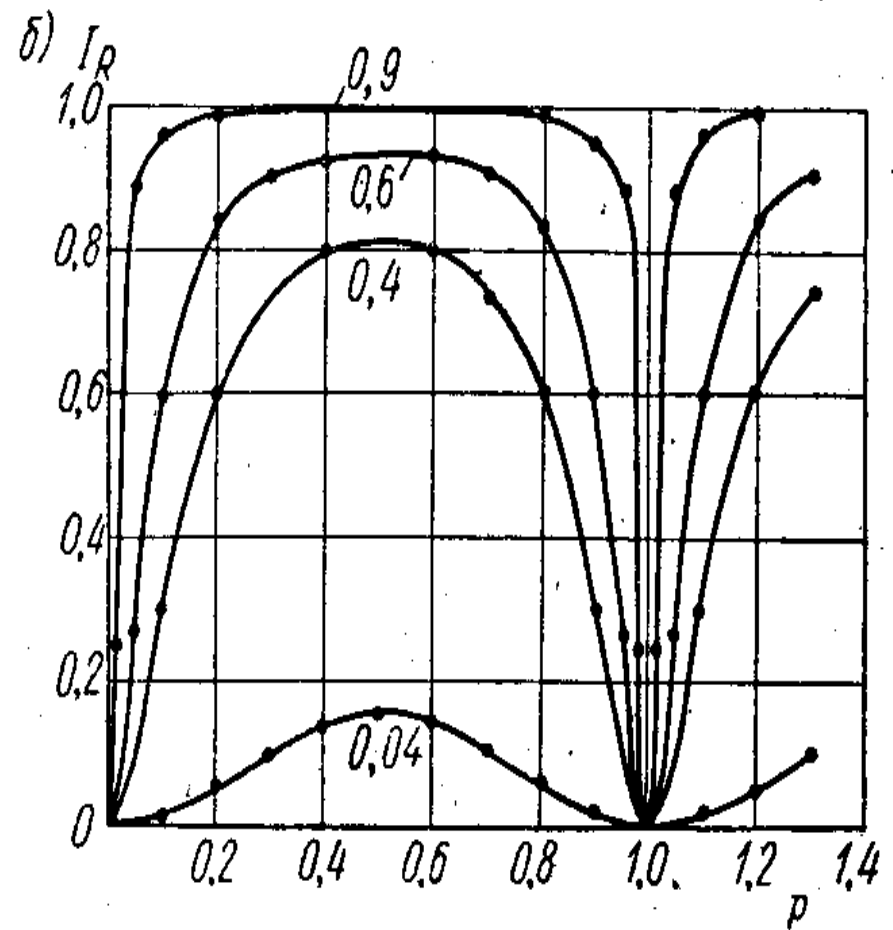
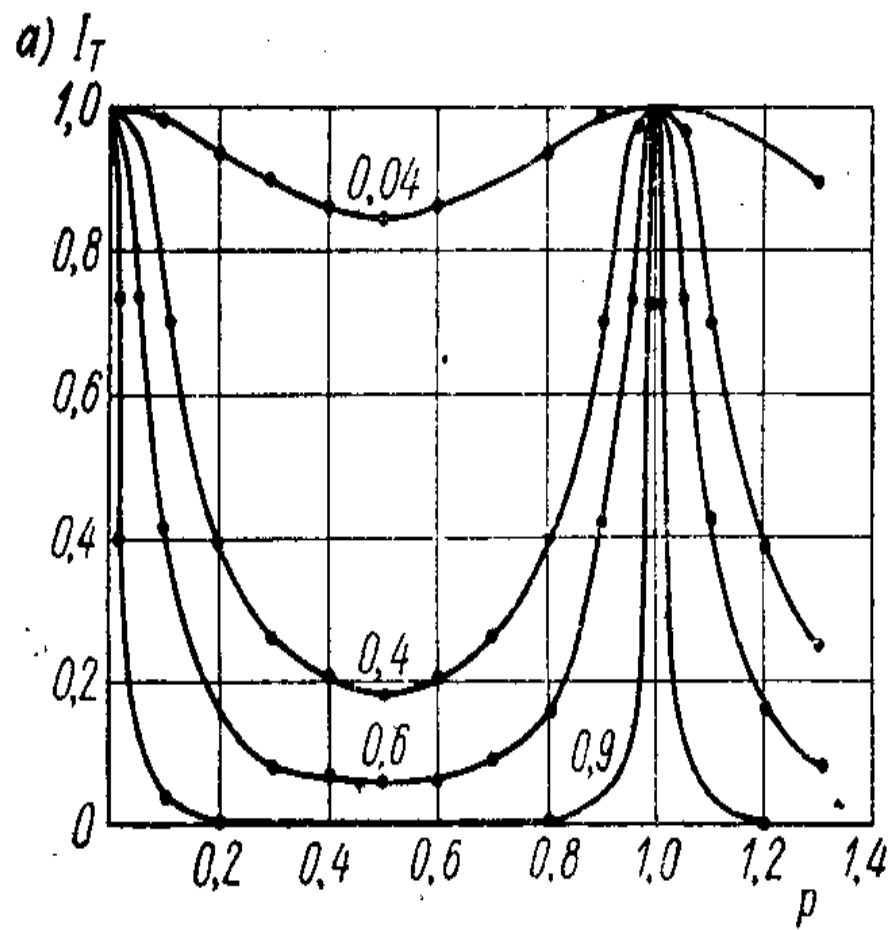
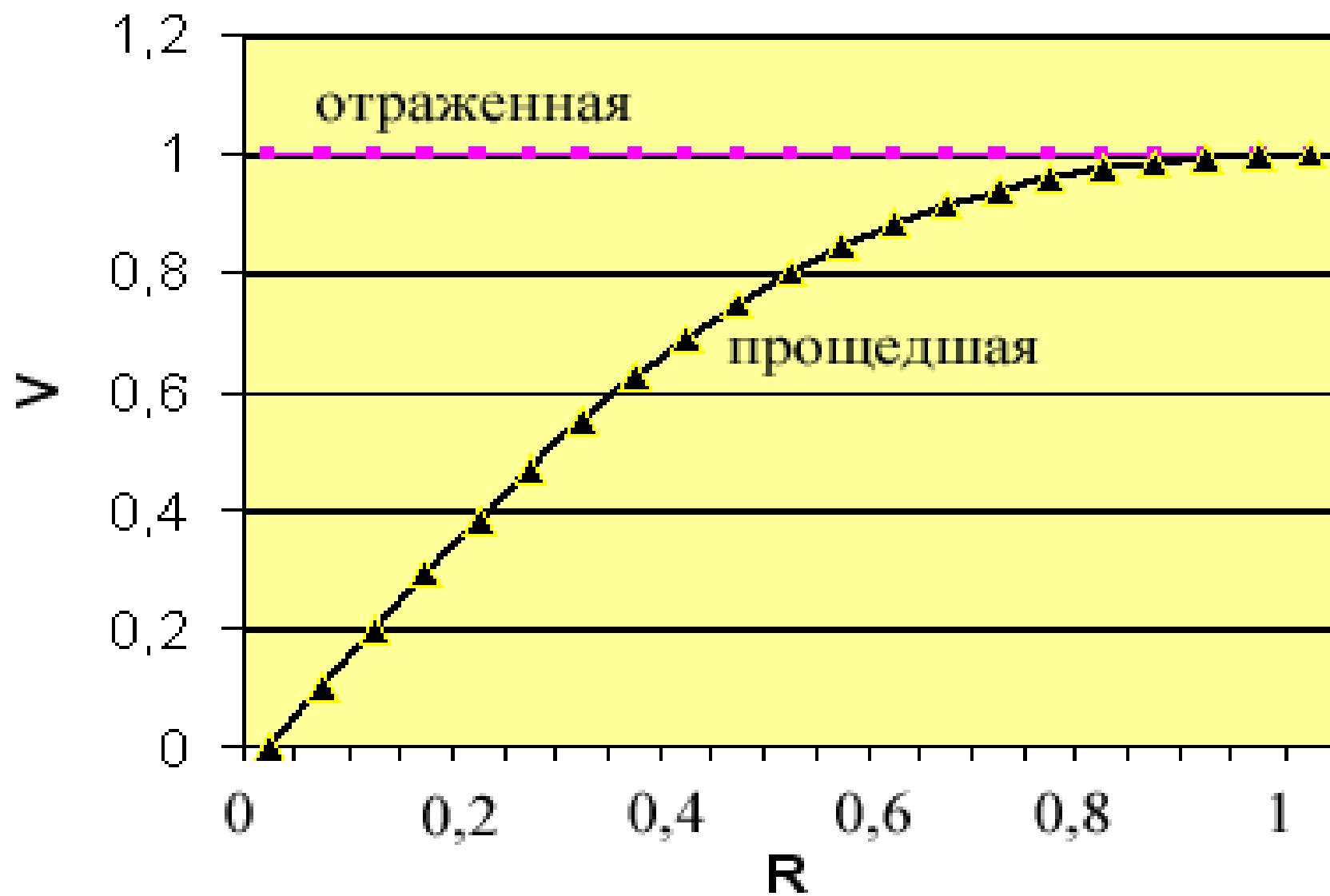
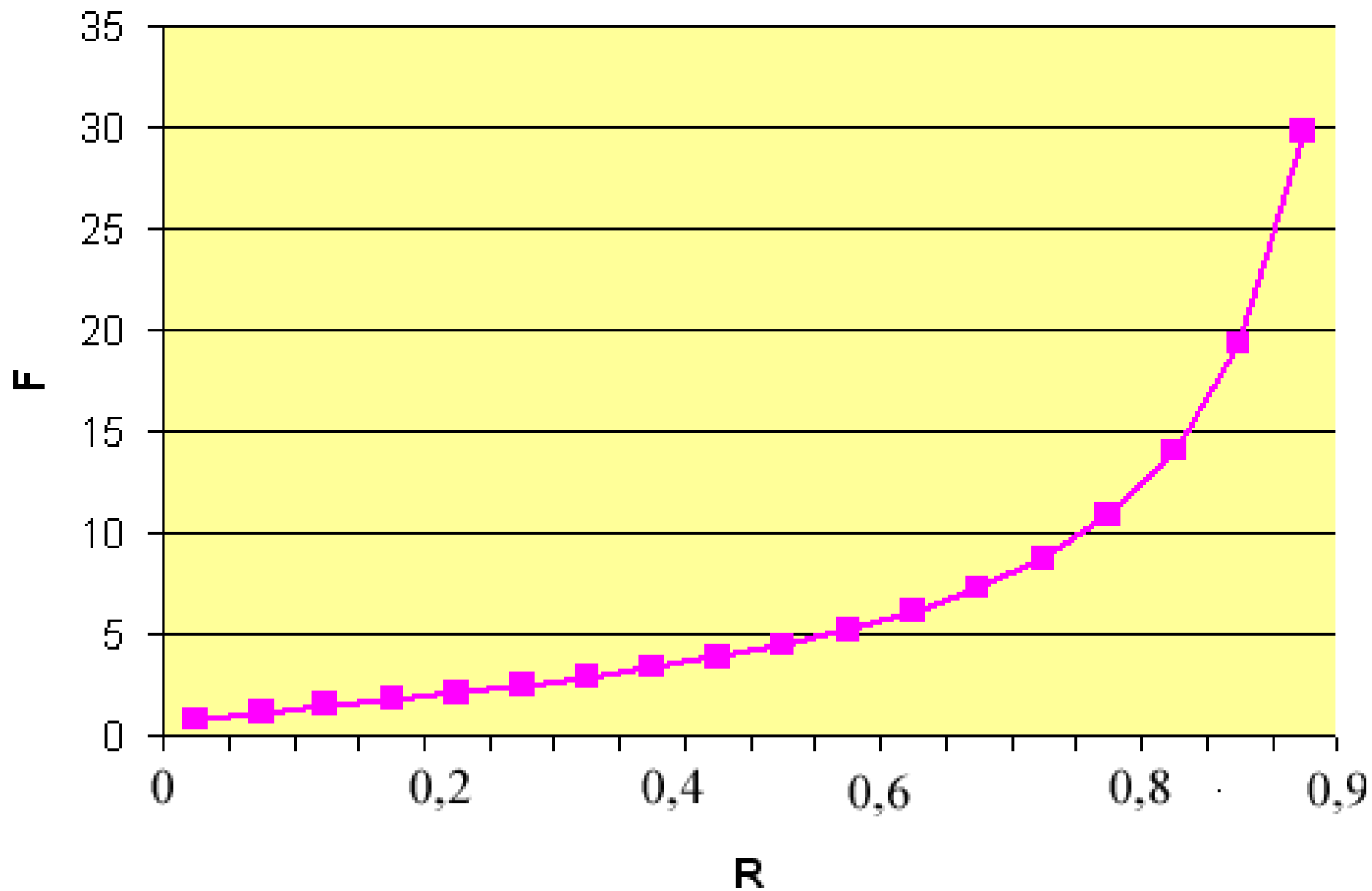


Рис 14. Распределение итерационности в корнях мюровской интерференции.





- $R=0,8$

$$F = \frac{4R}{(1-R)^2}$$

- $F=(4 \times 0,8) : (1-0,8)^2 = (4 \times 0,8) : 0,04 = 80$ $F=80.$

$$N = \frac{(1+R)^2}{(1-R)^2}$$

- $N=(1+0,8)^2 : (1-0,8)^2 = 1,82 : 0,04 = 81$
- $N=81.$

$$\wp = \frac{\pi\sqrt{F}}{2}$$

- $\wp = (\pi\sqrt{F}) : 2 = (3,14\sqrt{80}) : 2 = 14.$

$$\varepsilon = \frac{4}{\sqrt{F}}$$

- $\varepsilon = 4 : \sqrt{F} = 4/9 = 0,45.$ $\varepsilon=0,45.$

- $R=0,95.$

- $F=1520.$

- $N=1520.$

- $\mathfrak{J}=60.$

- $\varepsilon=0,1.$

Дуплет натрия

$$\lambda_1 = 589.0 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 589.6 \text{ nm}$$

$$\Delta\lambda = 0.6 \text{ nm}$$

$$\lambda/\Delta\lambda \sim 1000$$

$$\text{CRP} < 1000$$

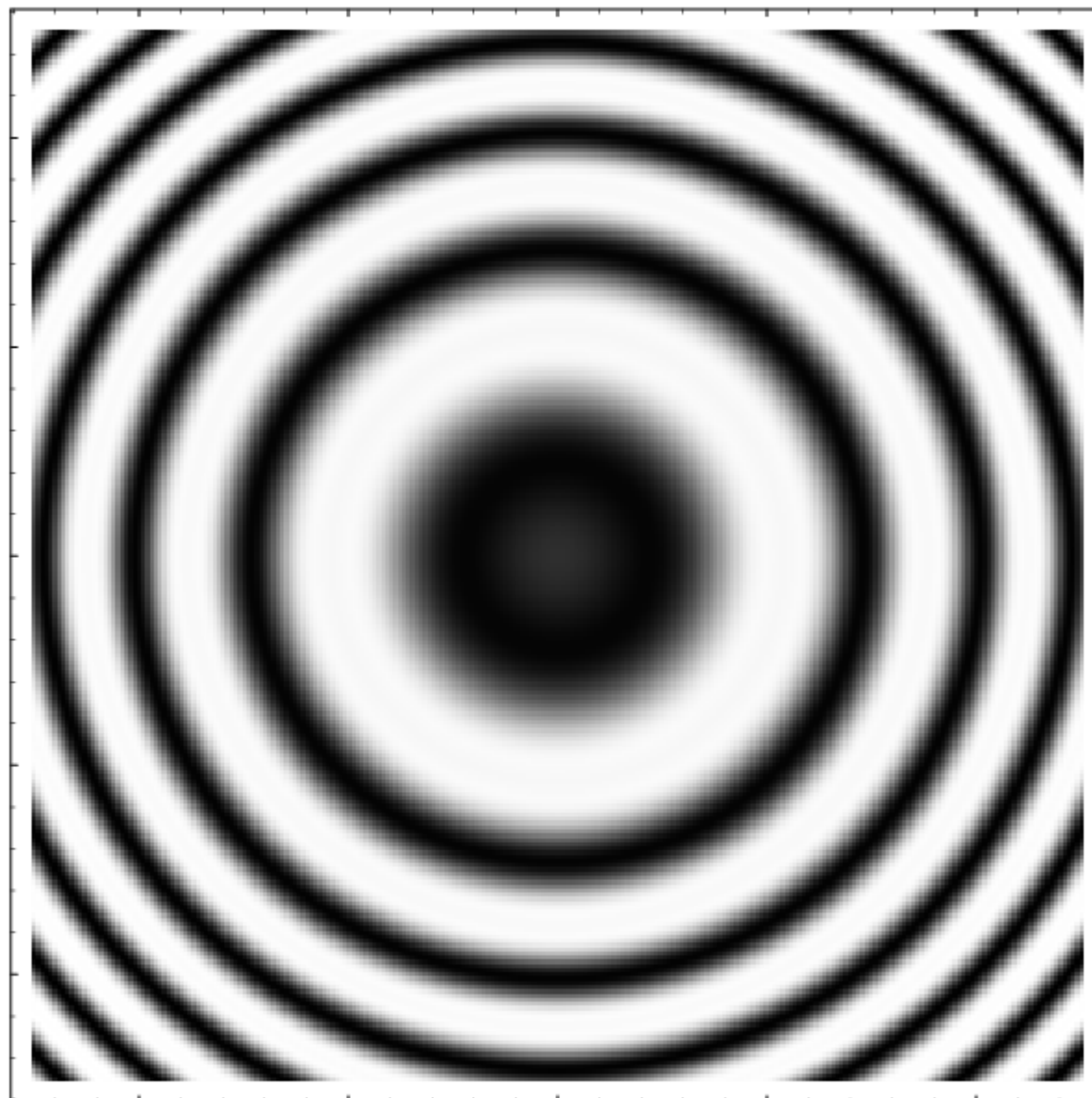
0.02

0.01

0

-0.01

-0.02



-0.02

-0.01

0

0.01

0.02

Дуплет натрия

$$\lambda_1 = 589.0 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 589.6 \text{ nm}$$

$$\Delta\lambda = 0.6 \text{ nm}$$

$$\lambda/\Delta\lambda \sim 1000$$

$$\text{CRP} \sim 1000$$

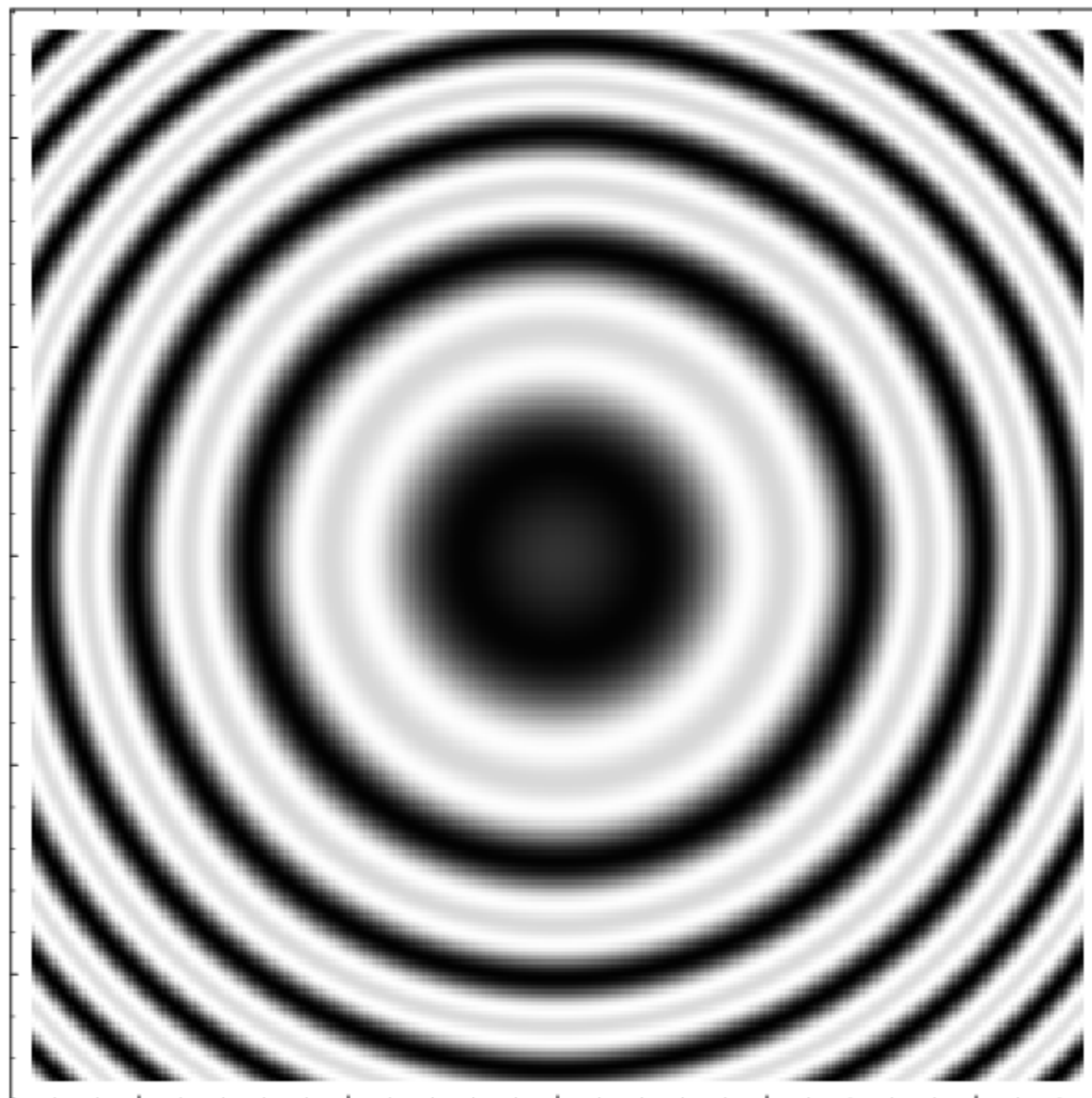
0.02

0.01

0

-0.01

-0.02



-0.02 -0.01 0 0.01 0.02

Дуплет натрия

$$\lambda_1 = 589.0 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 589.6 \text{ nm}$$

$$\Delta\lambda = 0.6 \text{ nm}$$

$$\lambda/\Delta\lambda \sim 1000$$

$$\text{CRP} > 1000$$

0.02

0.01

0

-0.01

-0.02



-0.02

-0.01

0

0.01

0.02

Дуплет натрия

$$\lambda_1 = 589.0 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 589.6 \text{ nm}$$

$$\Delta\lambda = 0.6 \text{ nm}$$

$$\lambda/\Delta\lambda \sim 1000$$

$$\text{CRP} \gg 1000$$

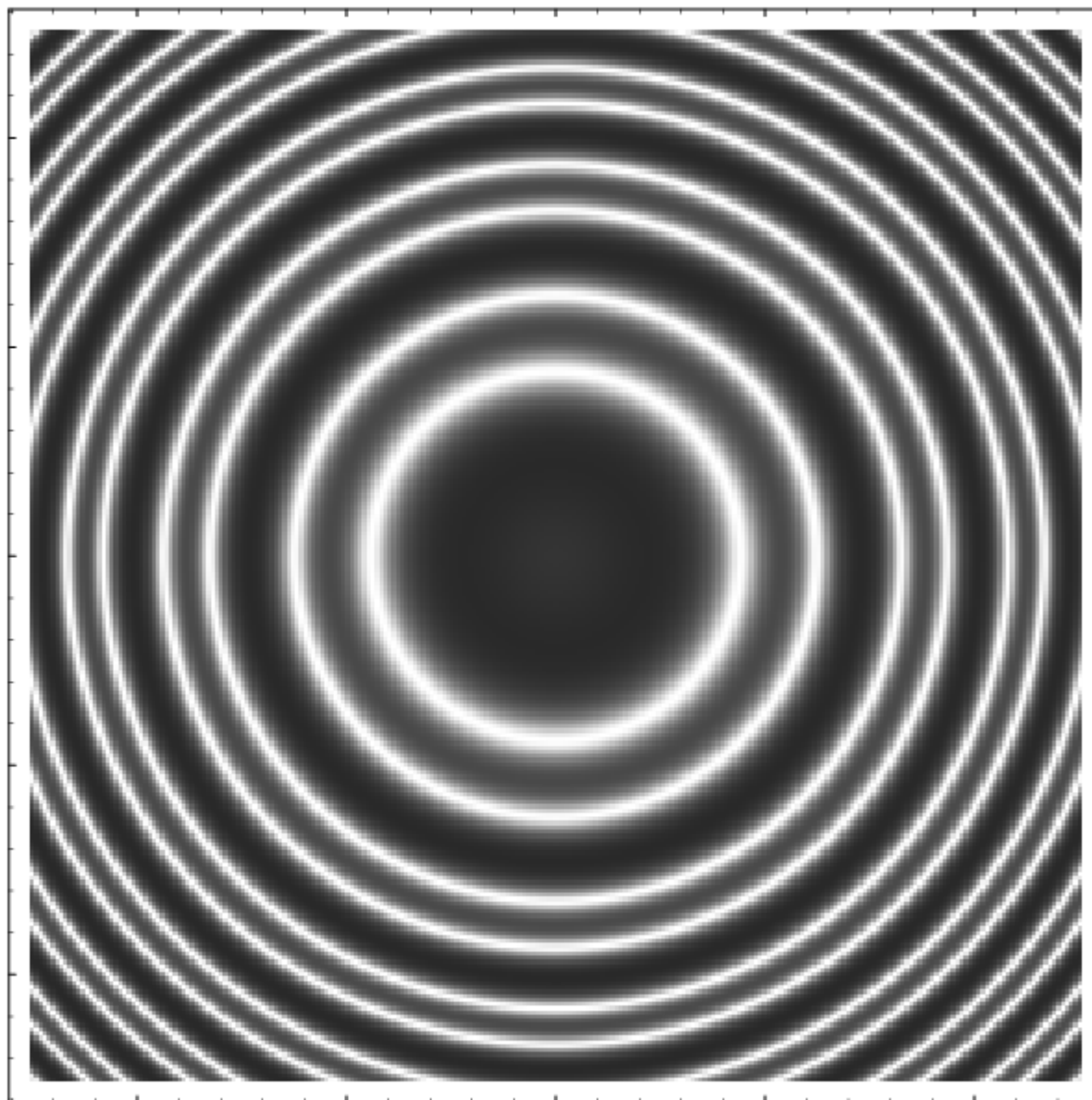
0.02

0.01

0

-0.01

-0.02



-0.02

-0.01

0

0.01

0.02

Дуплет натрия

$$\lambda_1 = 589.0 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 589.6 \text{ nm}$$

$$\Delta\lambda = 0.6 \text{ nm}$$

$$\lambda/\Delta\lambda \sim 1000$$

$$\text{CRP} \gg \gg 1000$$

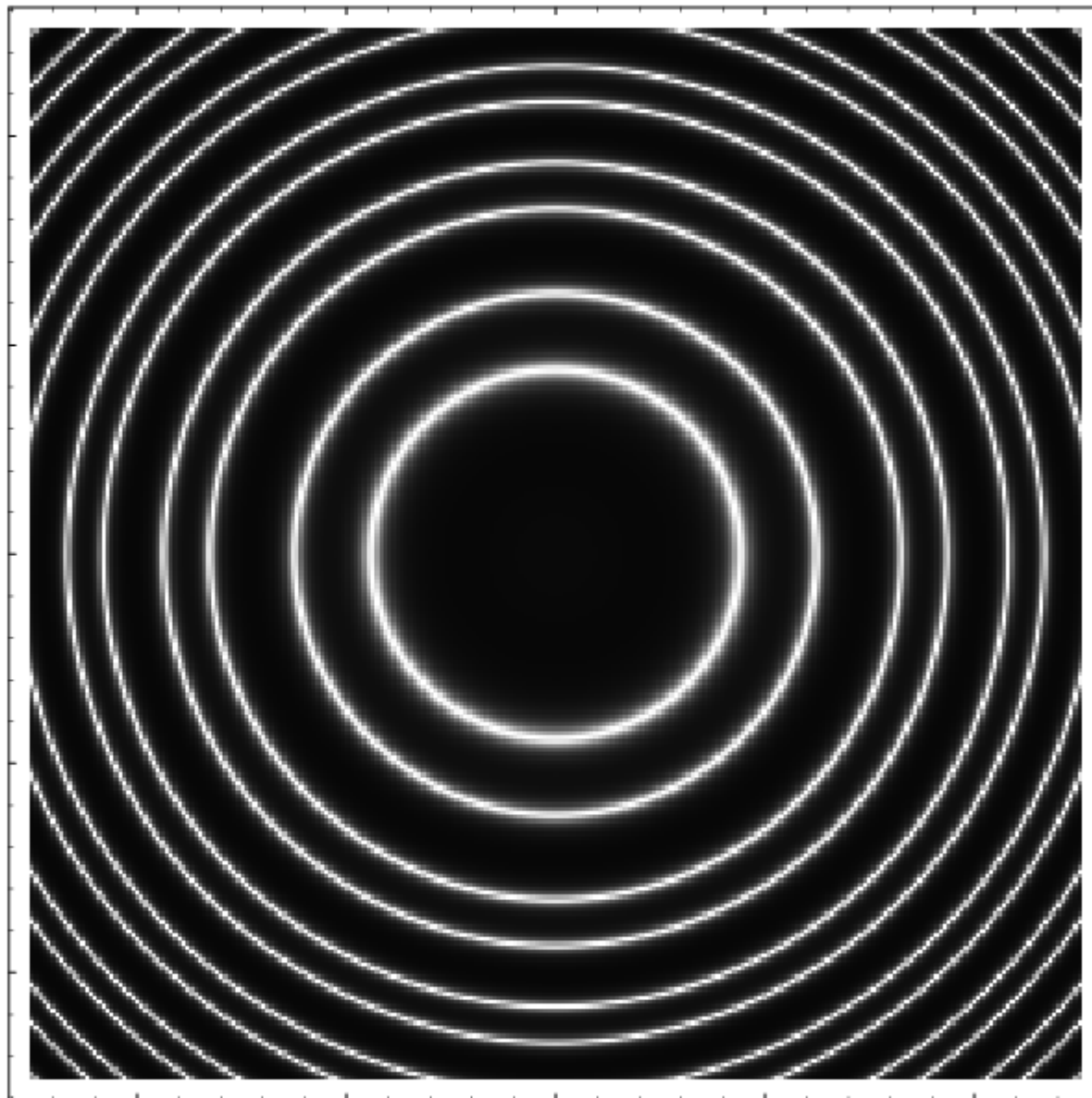
0.02

0.01

0

-0.01

-0.02



-0.02

-0.01

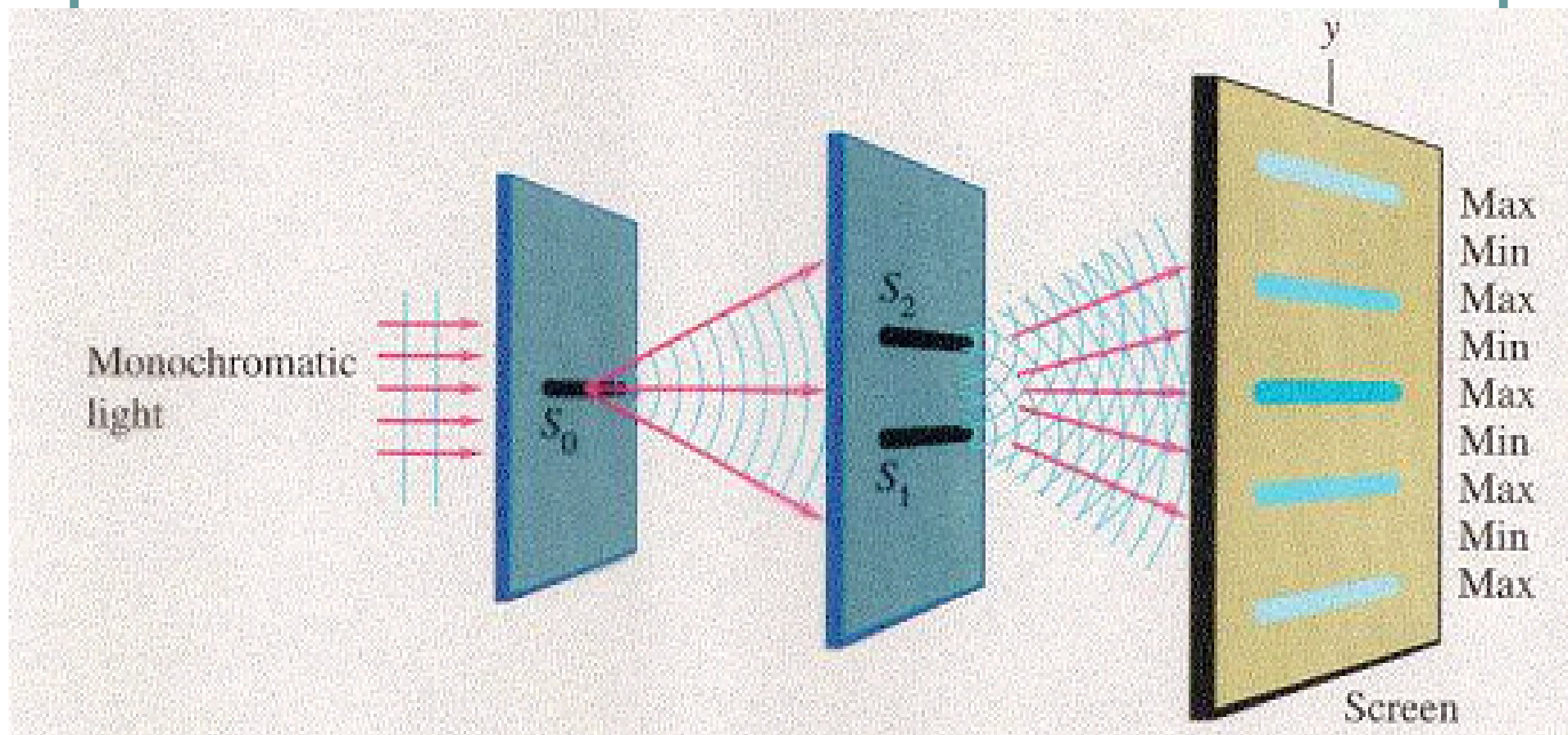
0

0.01

0.02

- 3.8. Методы получения интерференционных картин - деление волнового фронта и амплитуды.

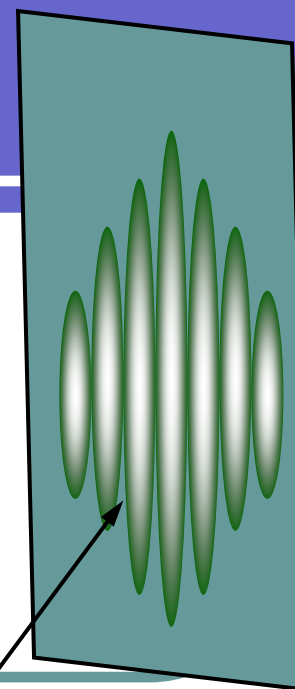
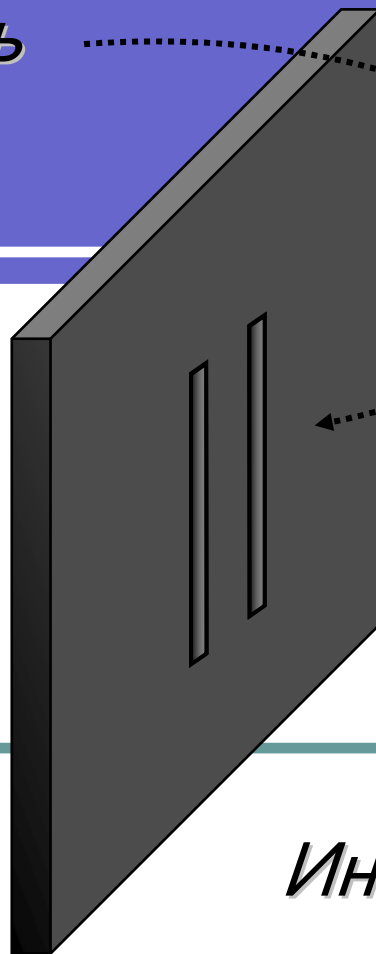
Схема Юнга (1802г.)



Опыт Юнга

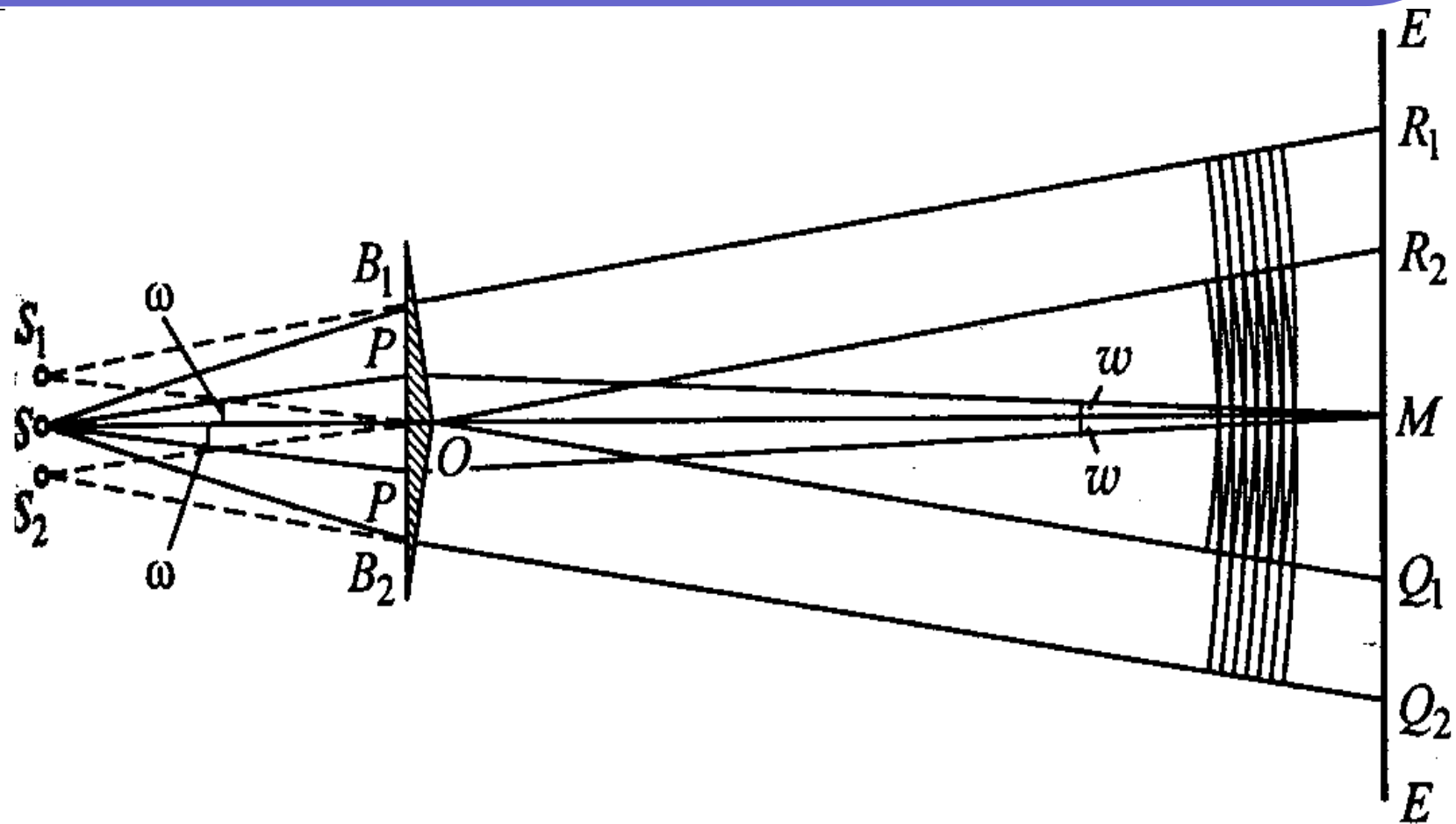
Щель

*Источник
света*

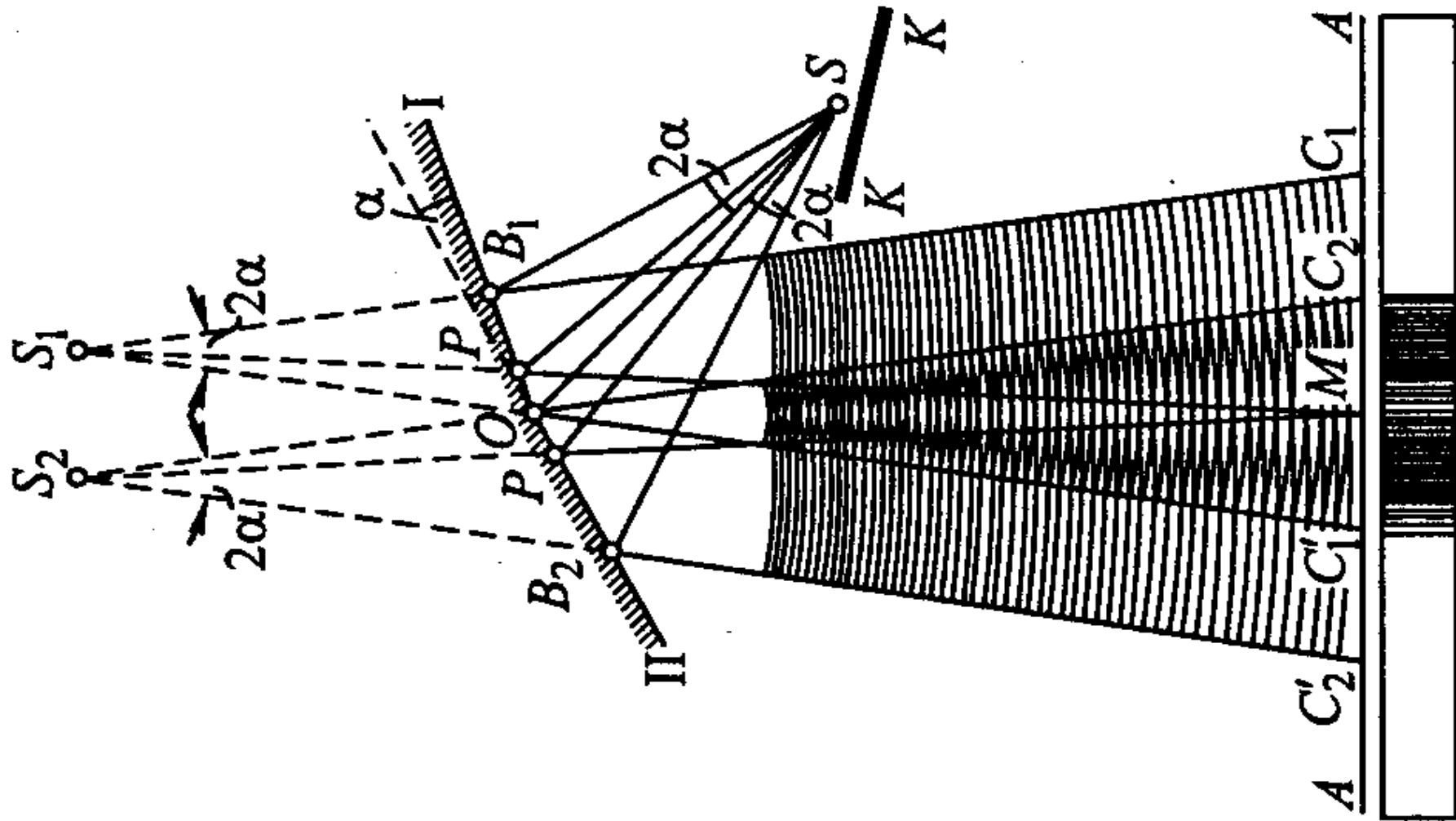


*Интерференционная
картина*

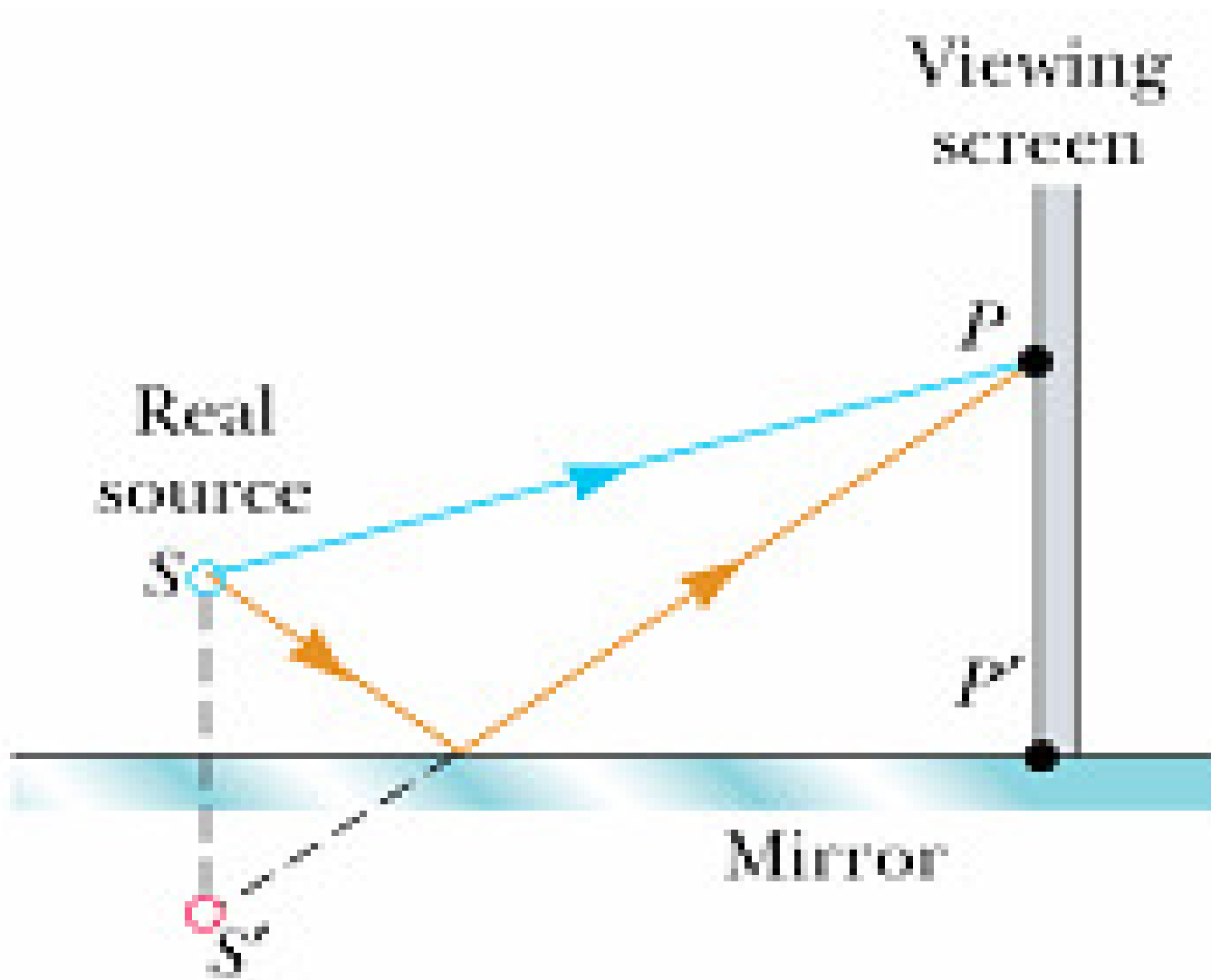
Бипризма Френеля



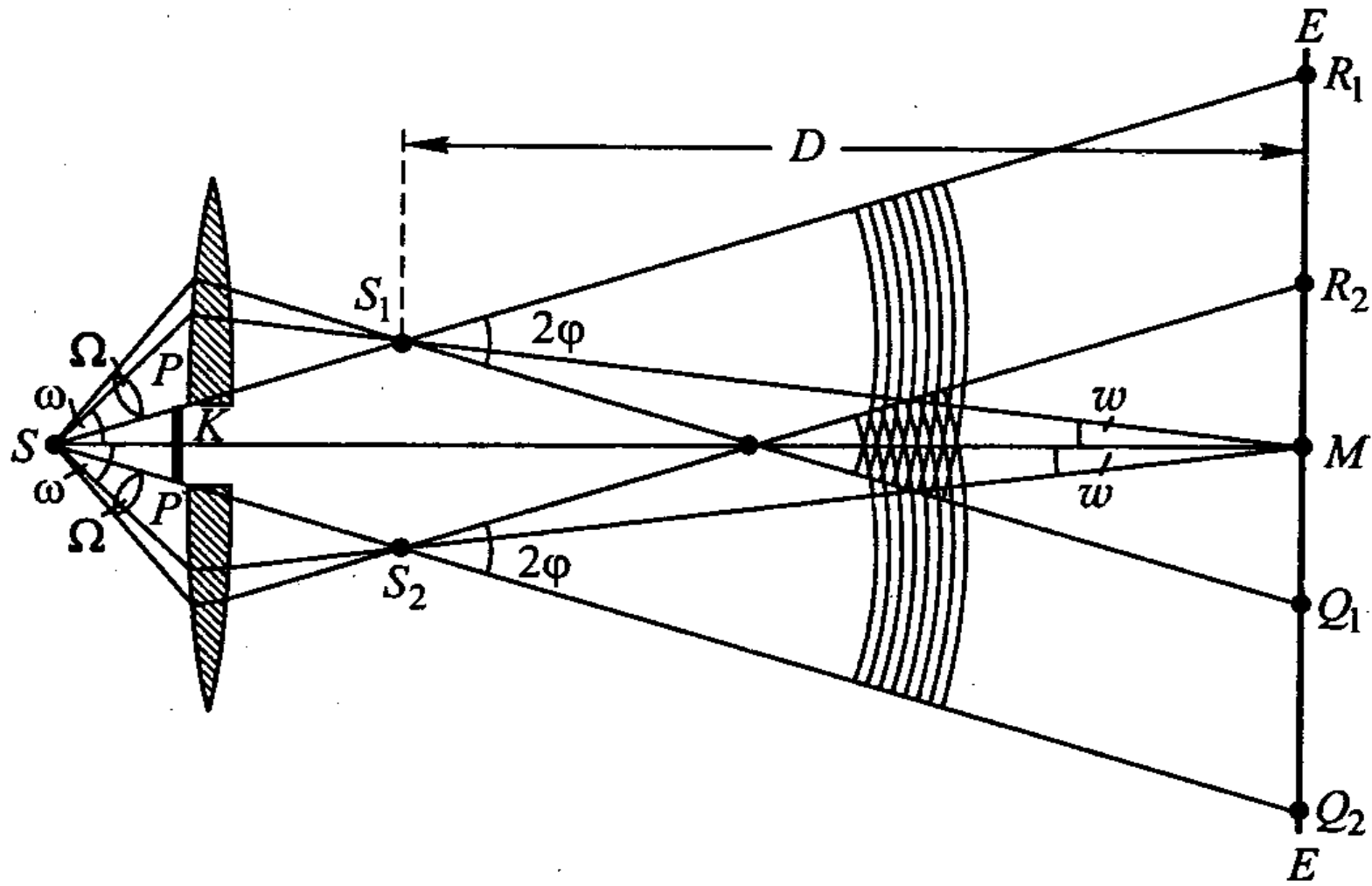
Бизеркала Френеля



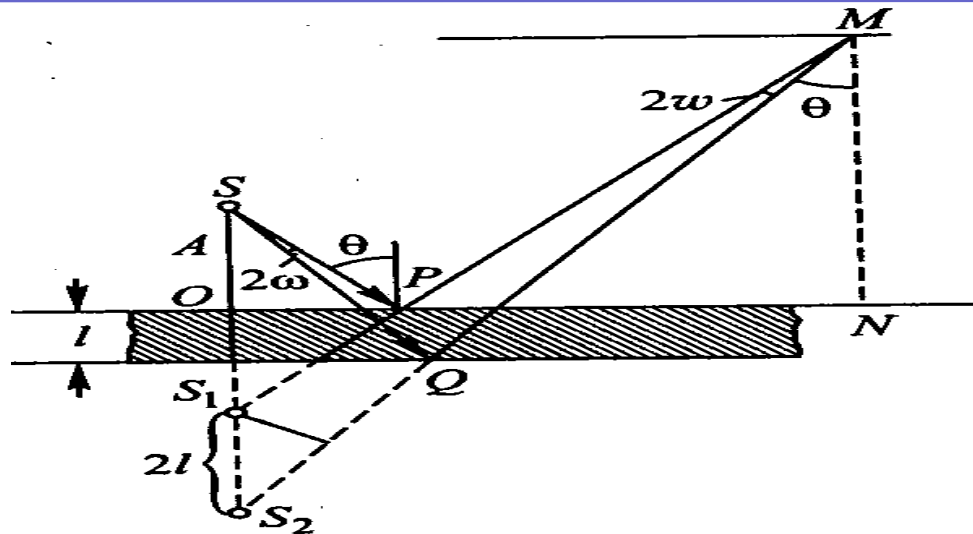
Зеркало Ллойда



Билинза Бийе

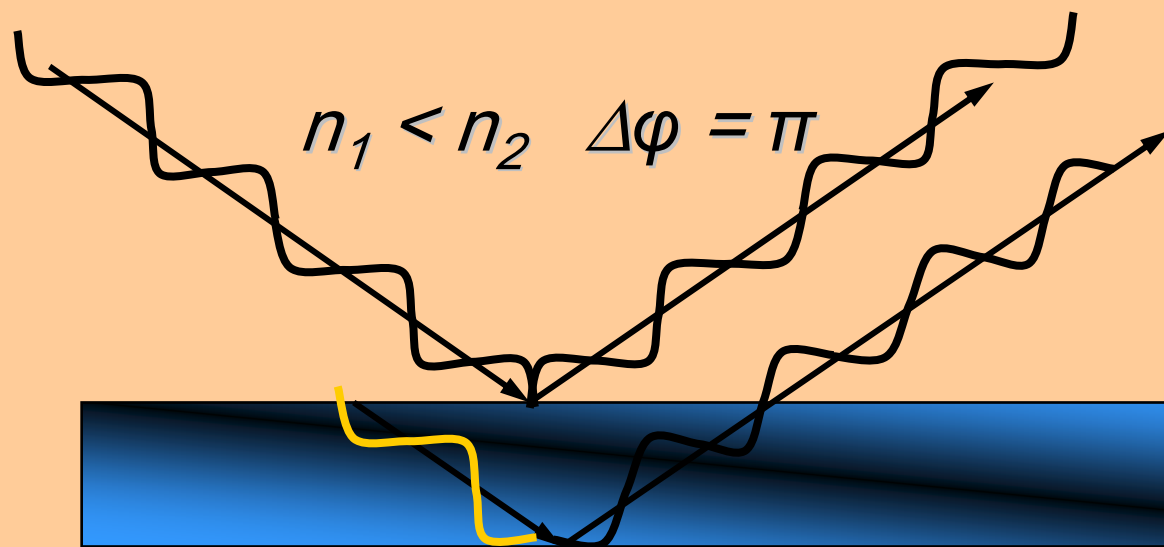


- Практические схемы с делением амплитуды



Интерференция при отражении света двумя
поверхностями тонкой пластинки (опыт Поля)

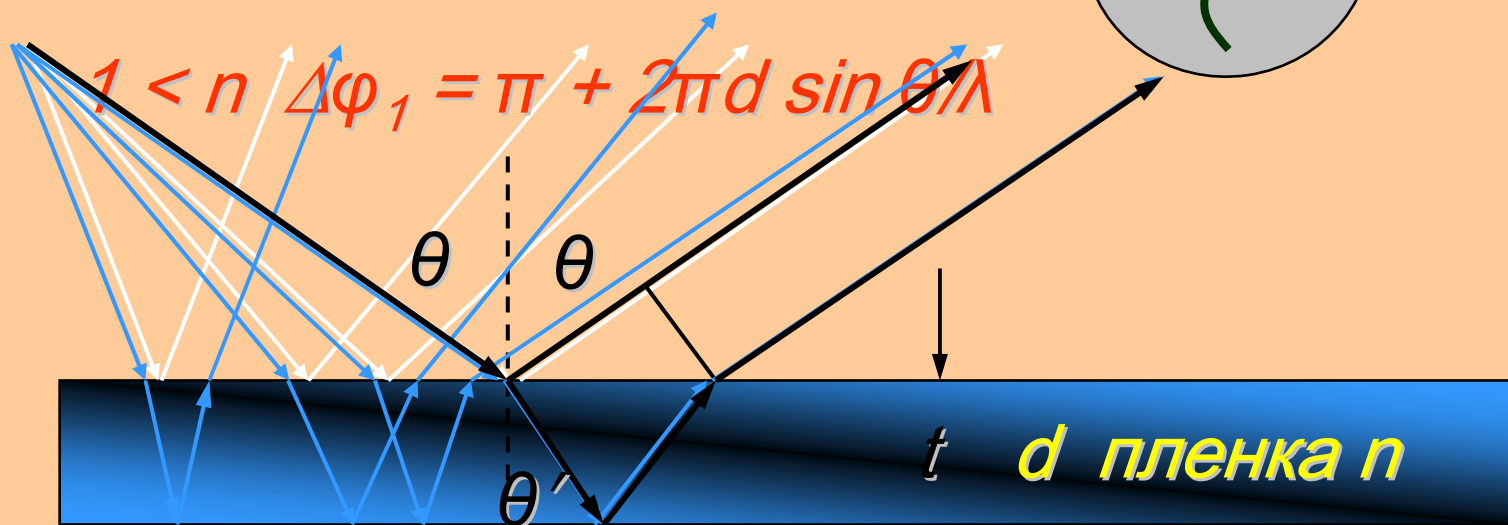
Изменение фазы после отражения



$$n_1 < n_2 \quad \Delta\varphi = \pi$$

$$n_1 > n_2 \quad \Delta\varphi = 0$$

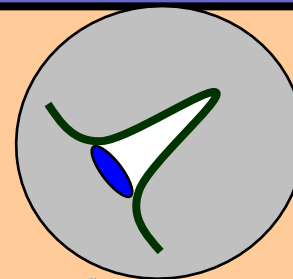
Интерференция света на тонких пленках



$$1 < n \quad \Delta\varphi_1 = \pi + 2\pi d \sin \theta / \lambda$$

$$n > 1 \quad \Delta\varphi_2 = 0 + 2\pi (2t / \cos \theta') / (\lambda/n)$$

$$d = 2t \tan \theta'$$



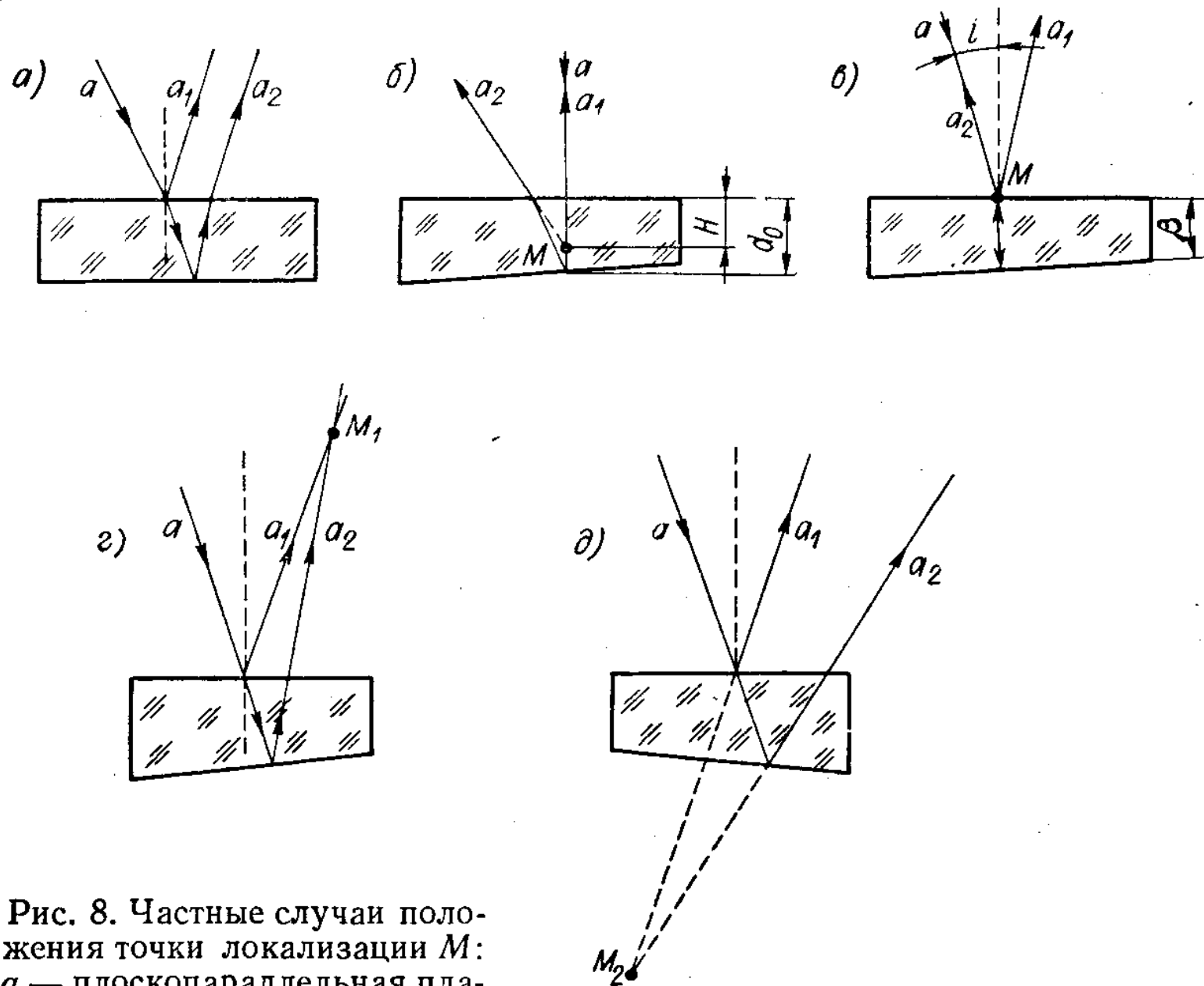


Рис. 8. Частные случаи положения точки локализации M :
 a — плоскопараллельная пла-

