

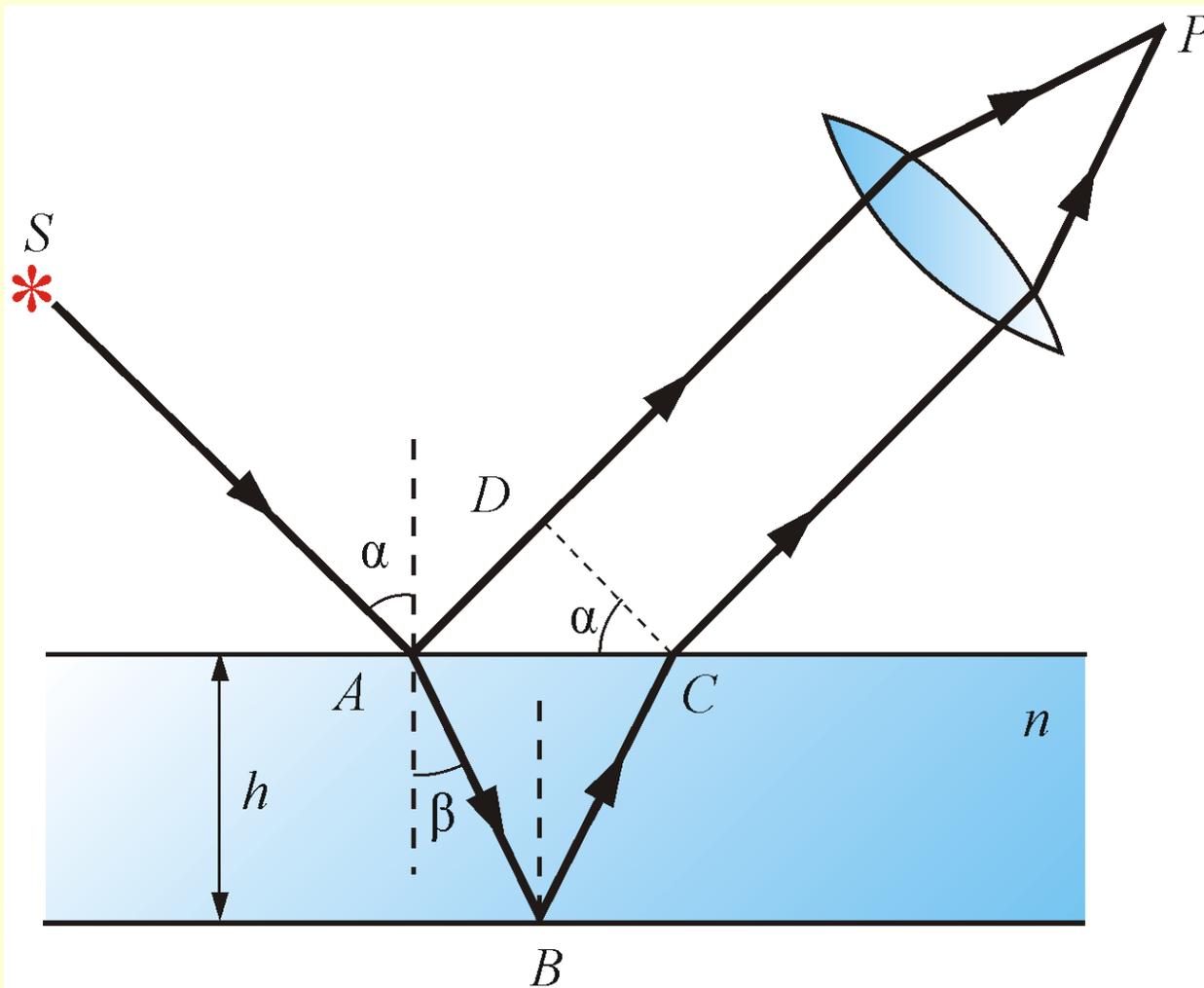
● Практические схемы с делением
амплитуды



Интерференция в тонких пленках

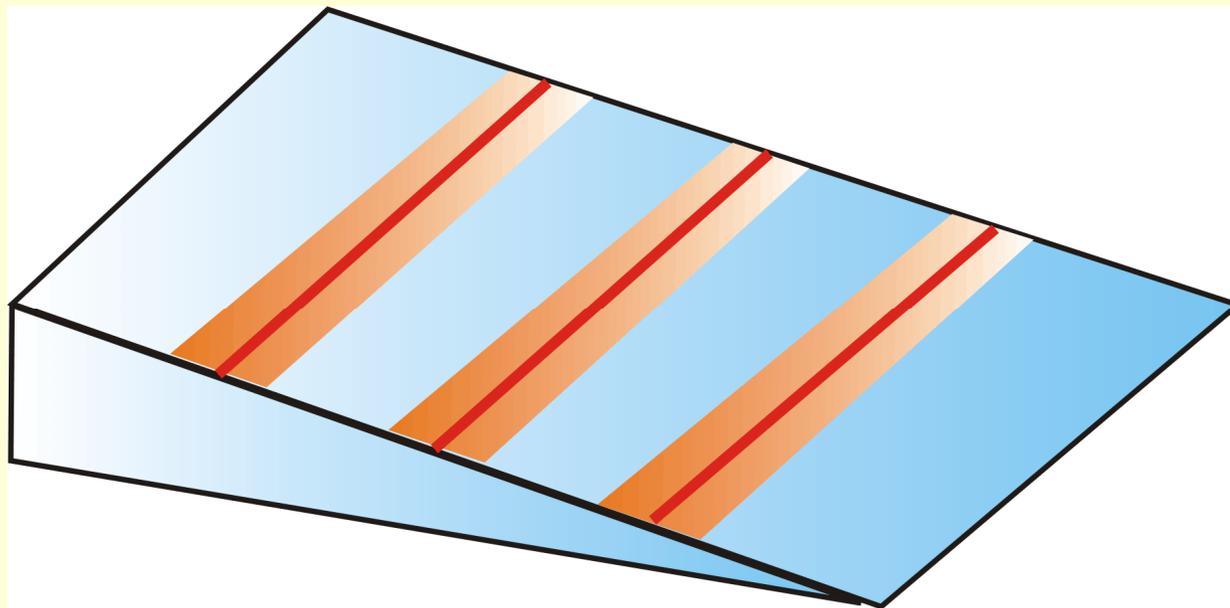
Интерференционные *полосы равного наклона*

*Оптическая
разность хода
с учетом потери
полуволны:*



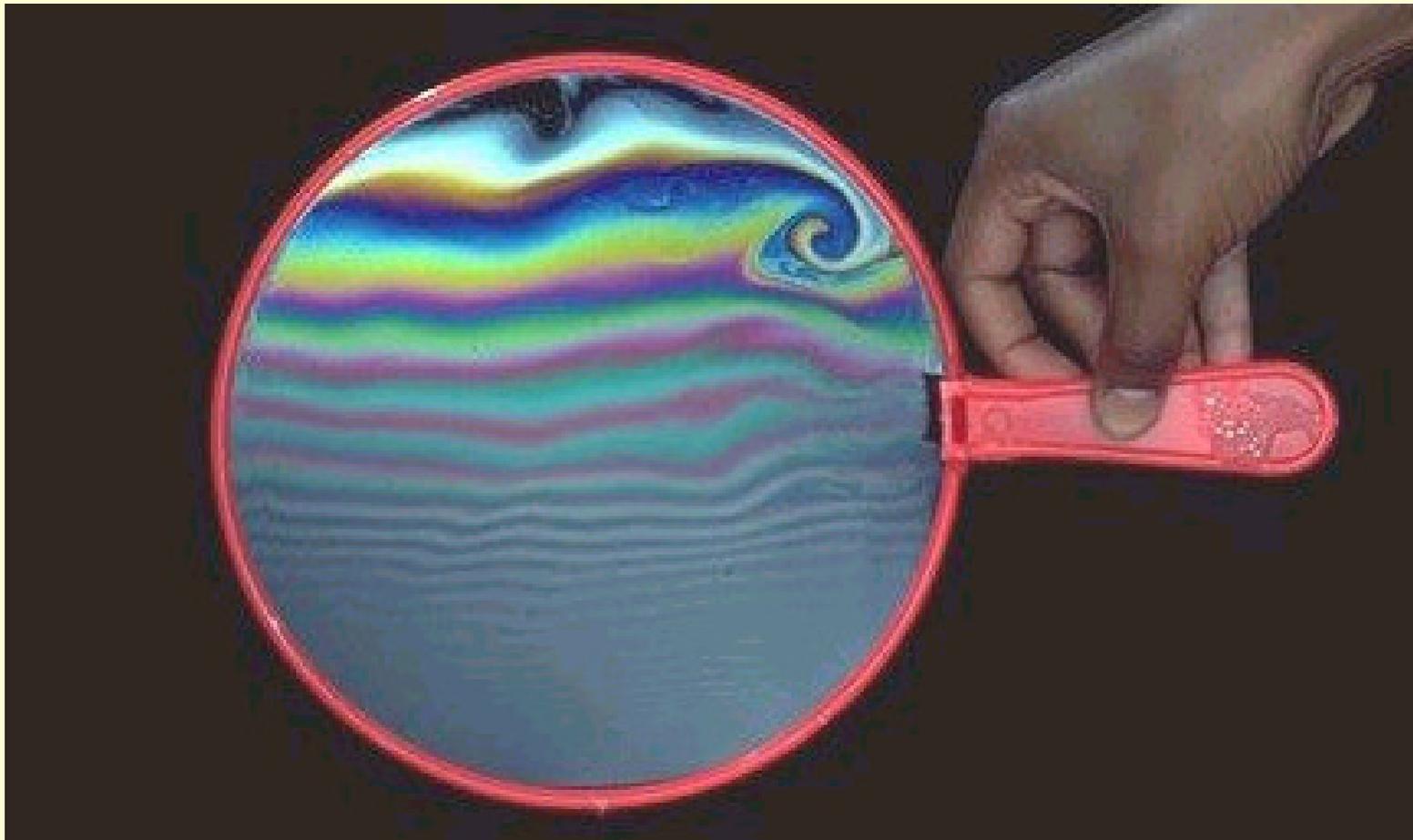
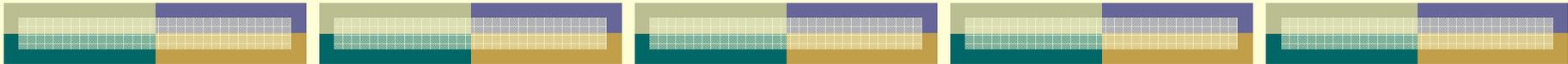
$$\Delta = 2nh \cos \beta \pm \frac{\lambda_0}{2} = 2h \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \pm \frac{\lambda_0}{2}$$

Каждая из интерференционных полос возникает в результате отражения от участков клина с одинаковой толщиной, поэтому их называют ***полосами равной толщины***.



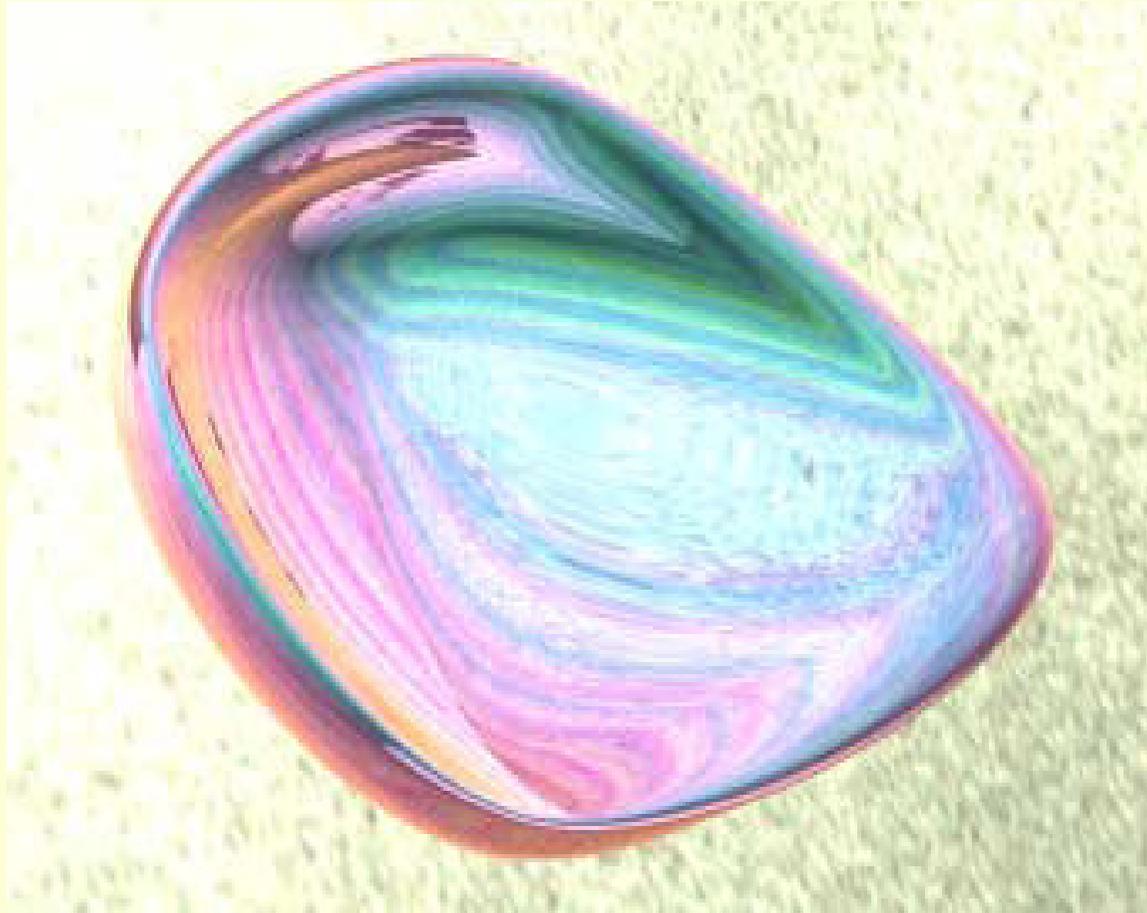
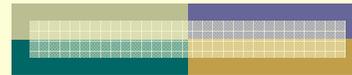
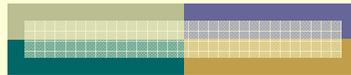
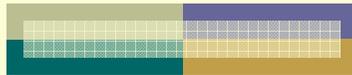
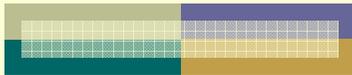
Интерференция при естественных условиях в тонких пленках





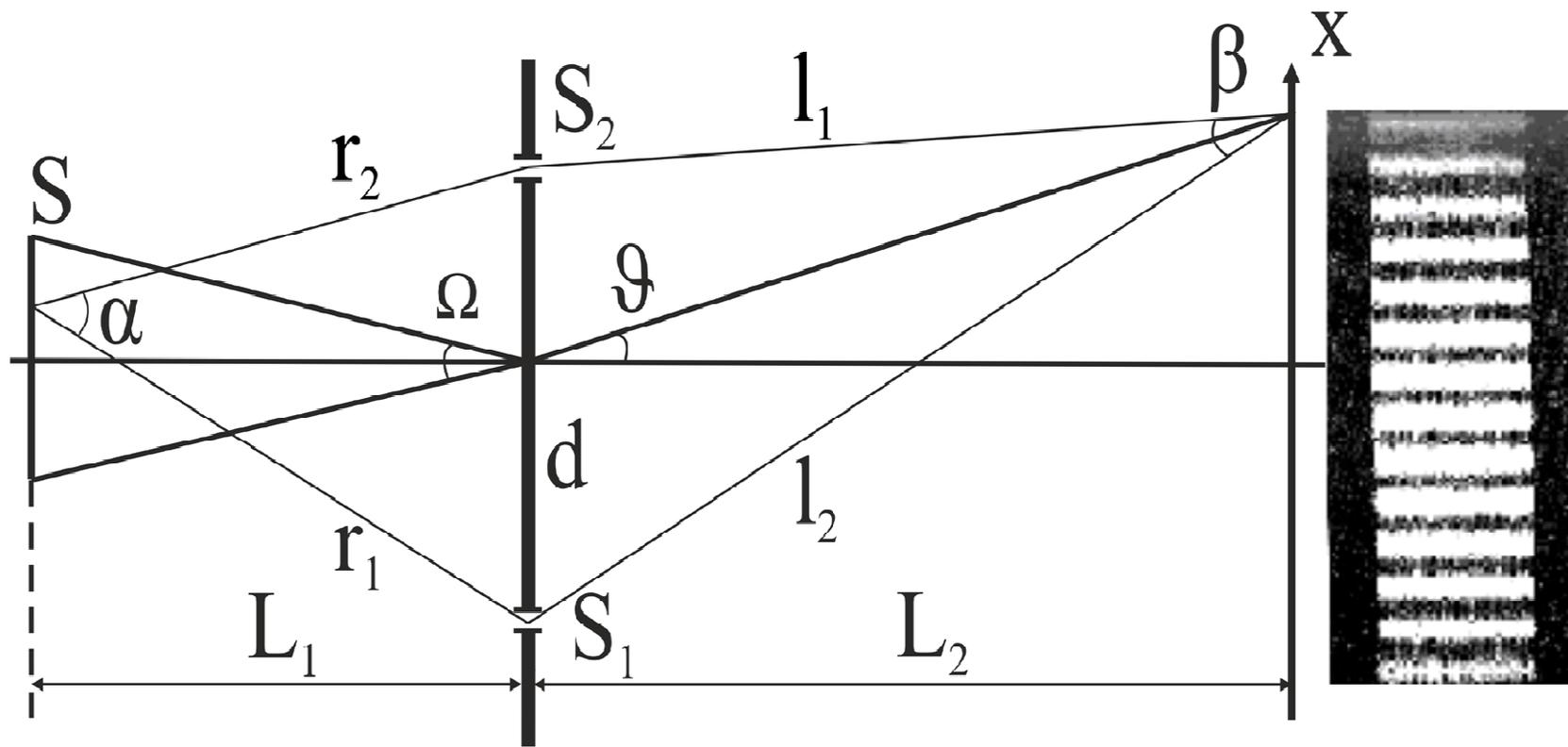




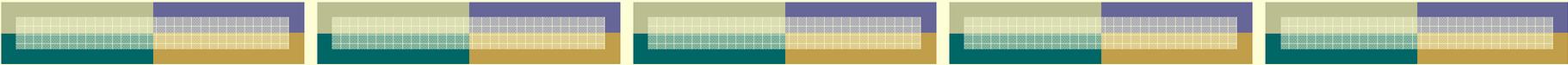


Характерные особенности методов реализации двухволновой интерференции

Характеристика	Метод деления	
	фронта волны	амплитуды
Углы интерференции α и сходимости β	$\alpha \neq 0, \beta \neq 0$	$\alpha \cong 0, \beta \cong 0$
Локализация интерференционной картины	Не локализована	Локализована
Образование интерференционной картины	Пучками от одной точки источника	Пучками от всех точек источника



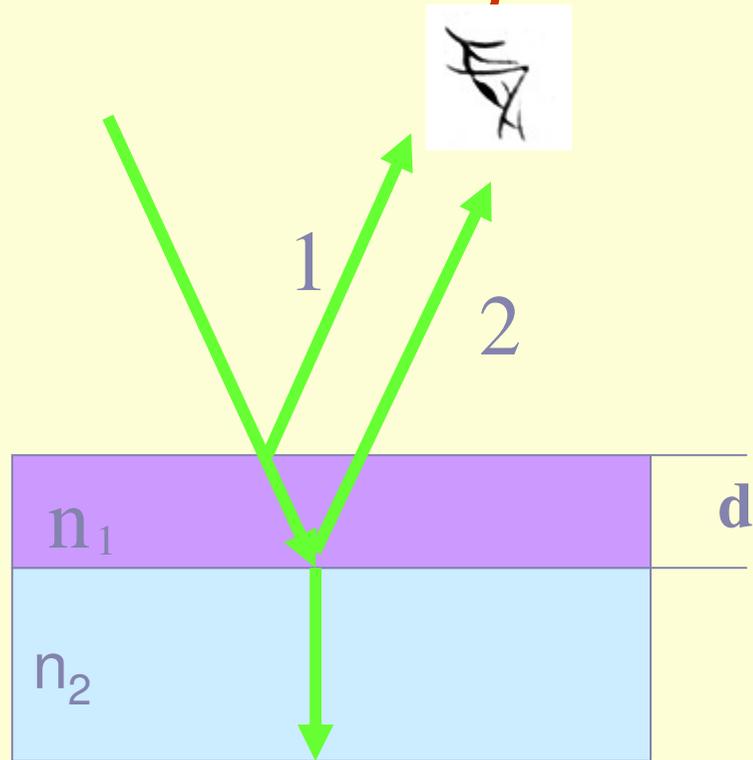
угол интерференции α и угол сходимости интерферирующих лучей β



Интенсивность интерференционной картины	Мала	Велика
Увеличение размера источника	Ухудшает видимость	Не ухудшает видимость
Увеличение ширины спектра $\Delta\omega$ или $\Delta\tau$ ($\Delta l, m$)	Ухудшает видимость	Ухудшает видимость



Просветление оптики

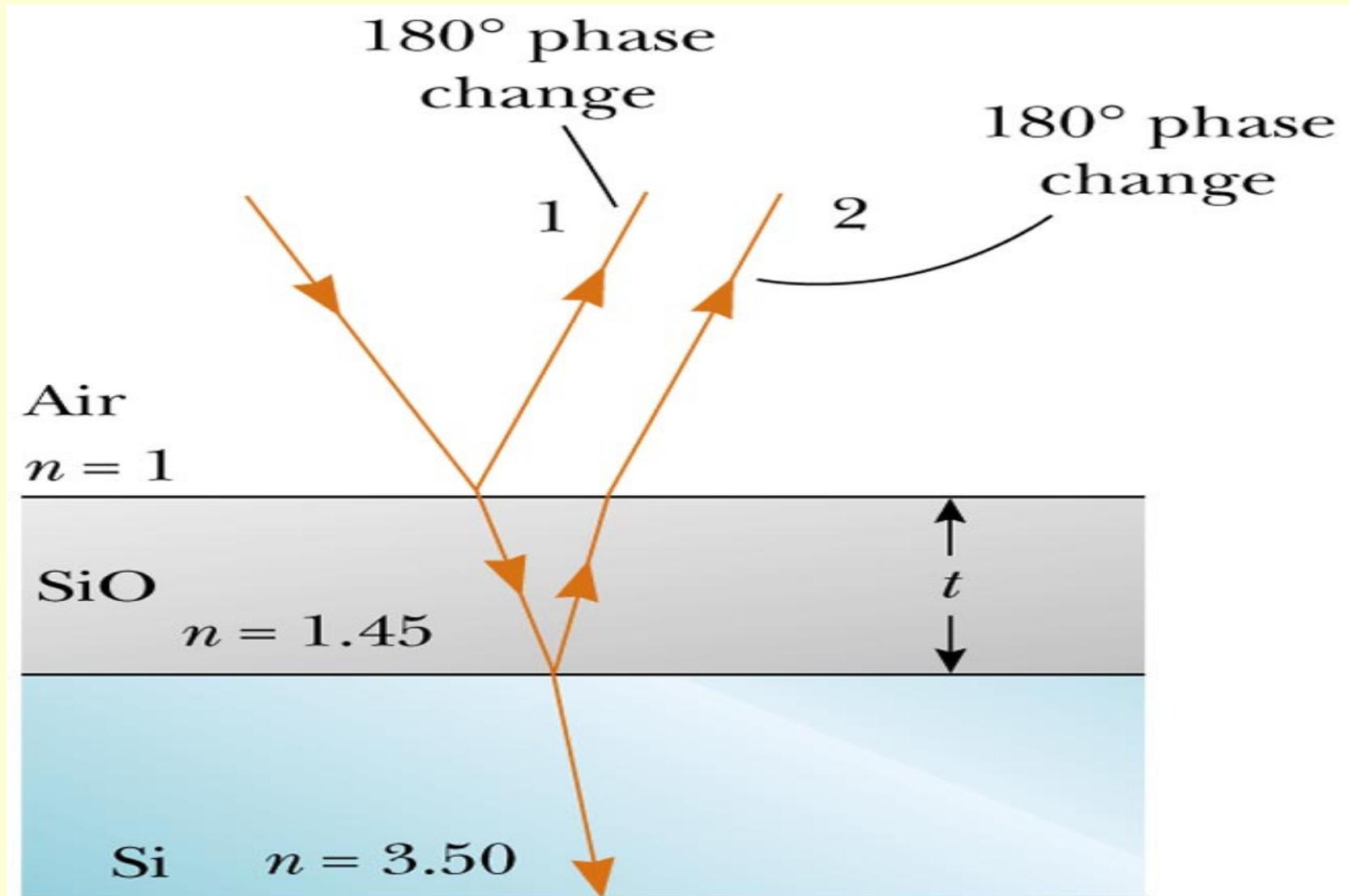


$$n_1 < n_2$$

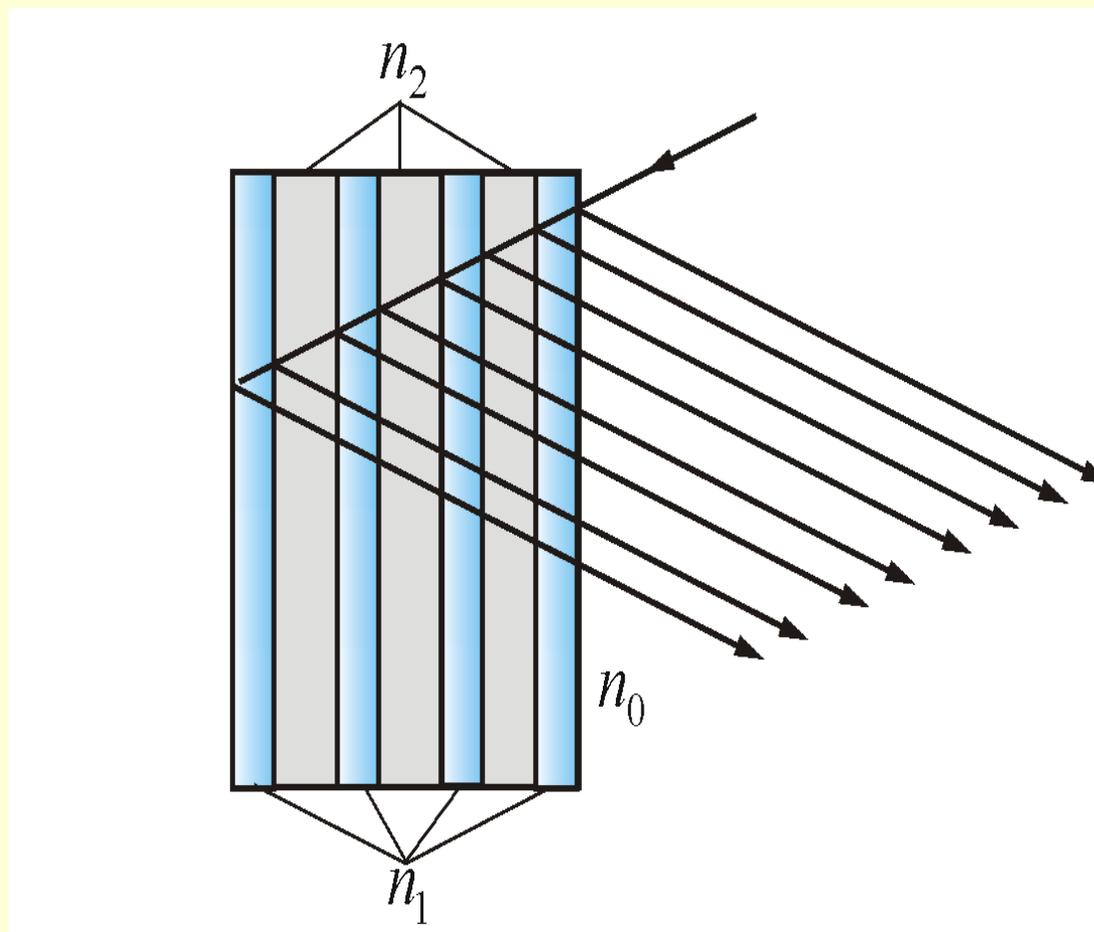
$$d n_1 = \frac{\lambda}{4}$$

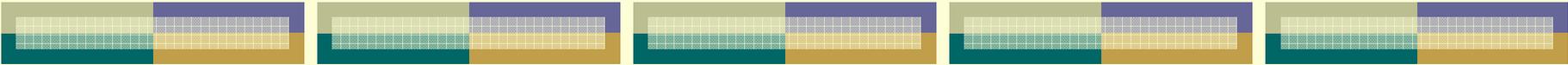


Солнечные батареи



Получение высокоотражающих электрических зеркал





3.9. Двухлучевые интерферометры

Применение интерференции



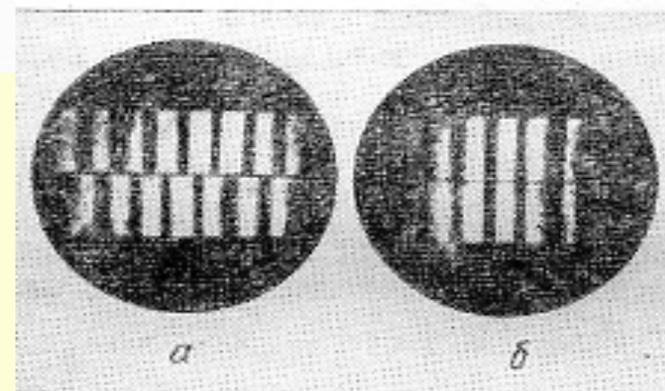
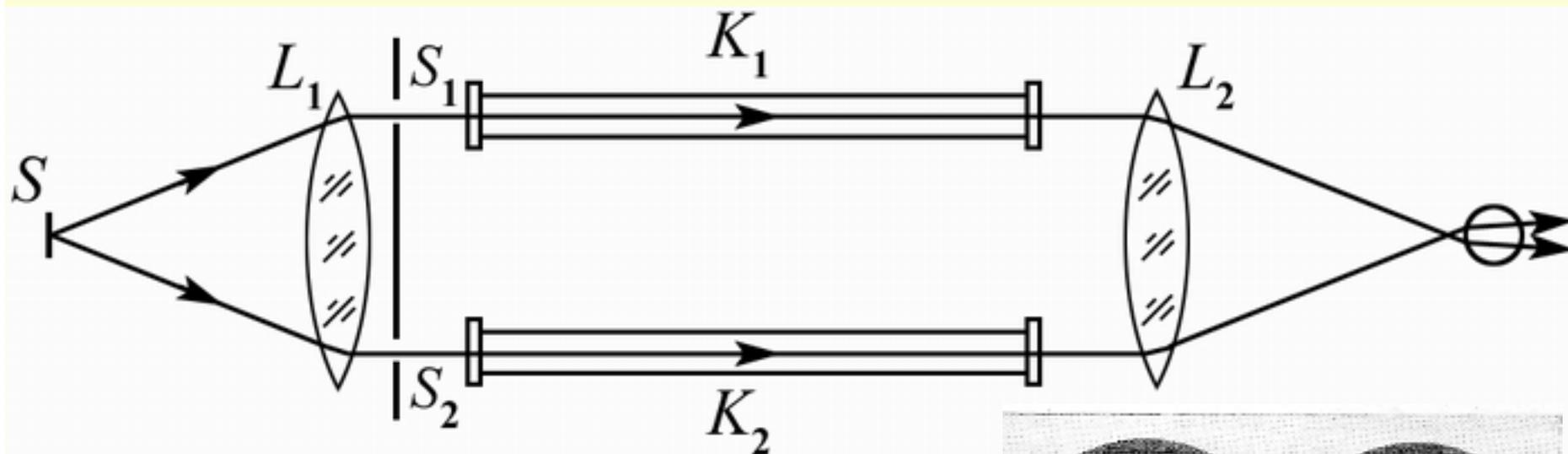
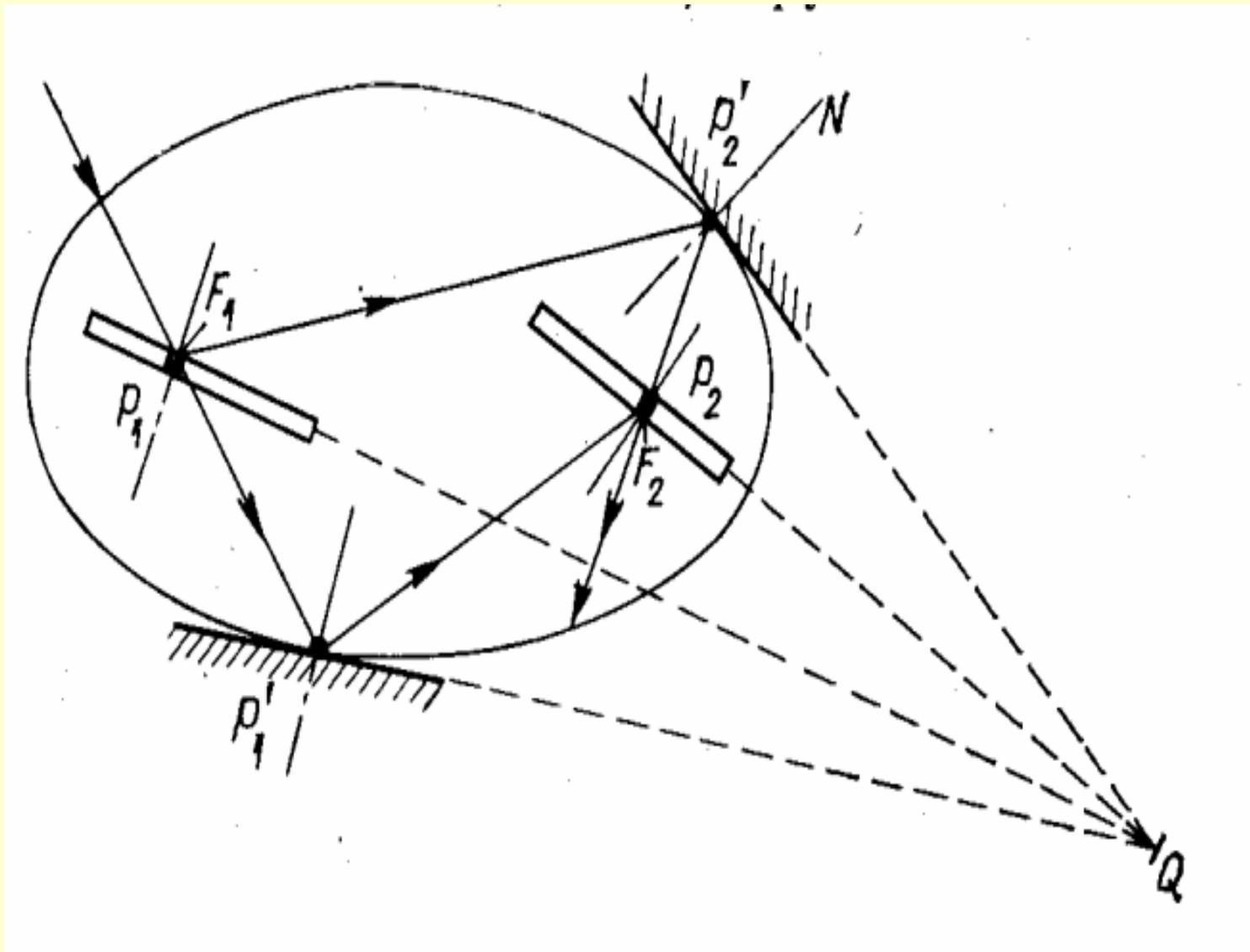
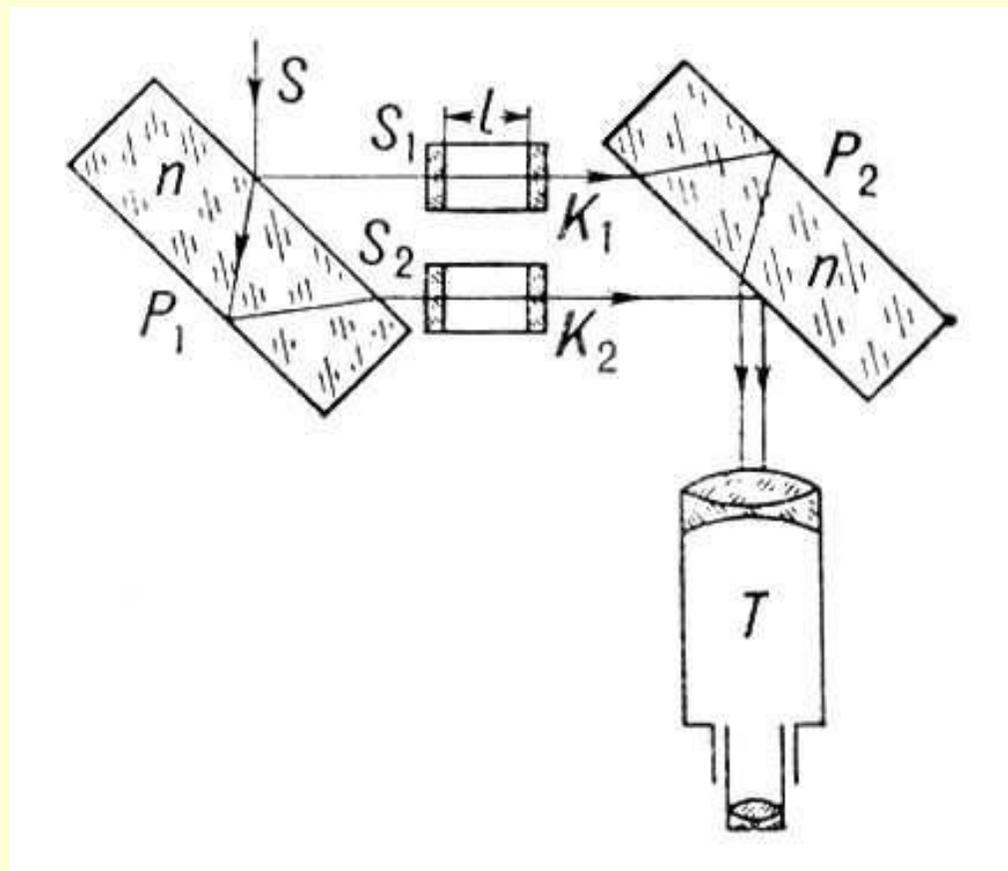


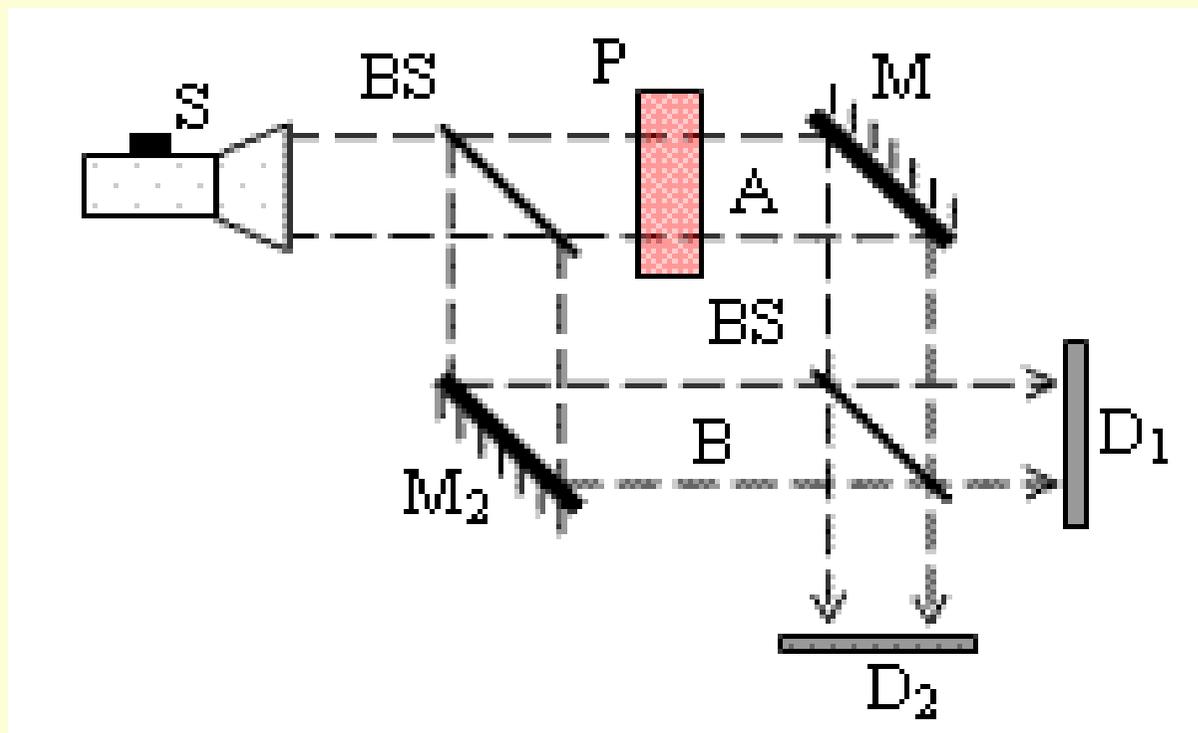
Схема интерферометра Рэлея



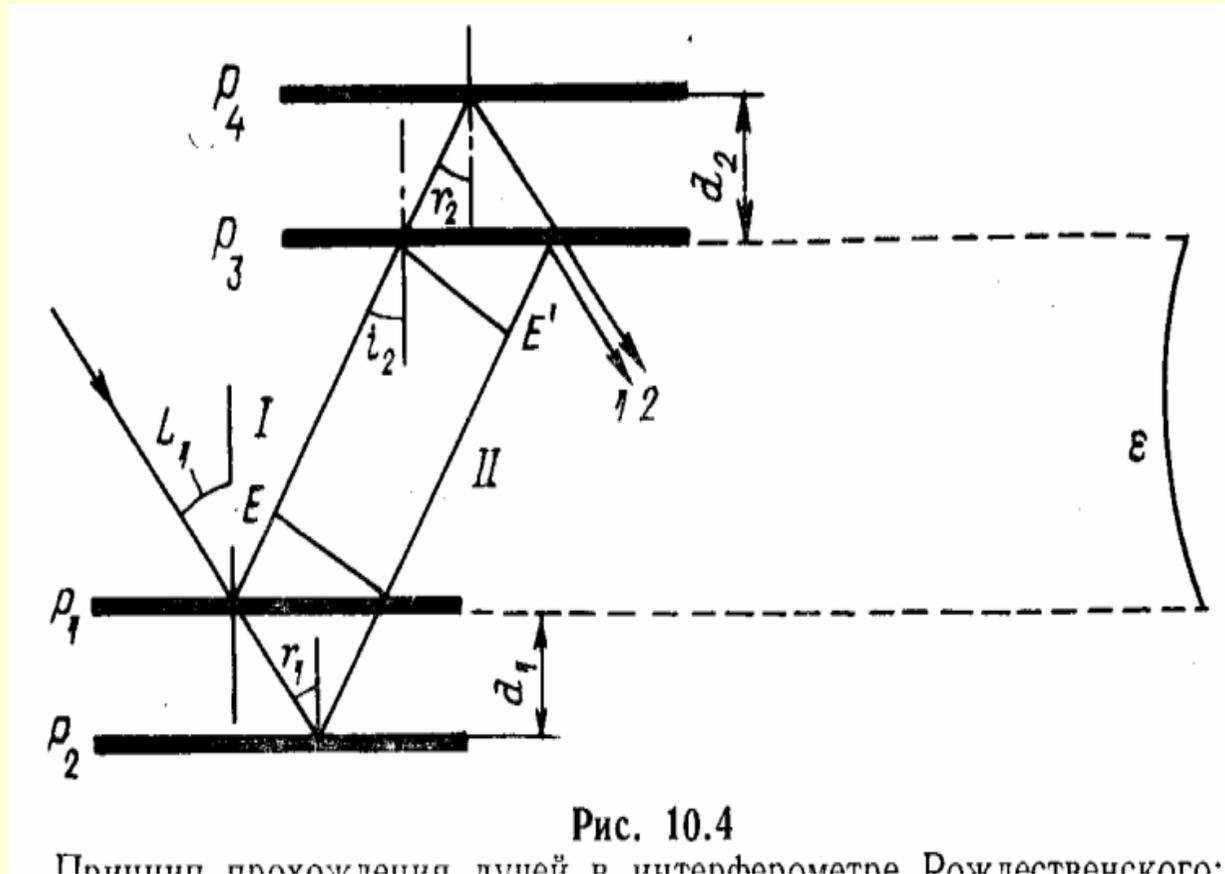
Интерферометр Жамена



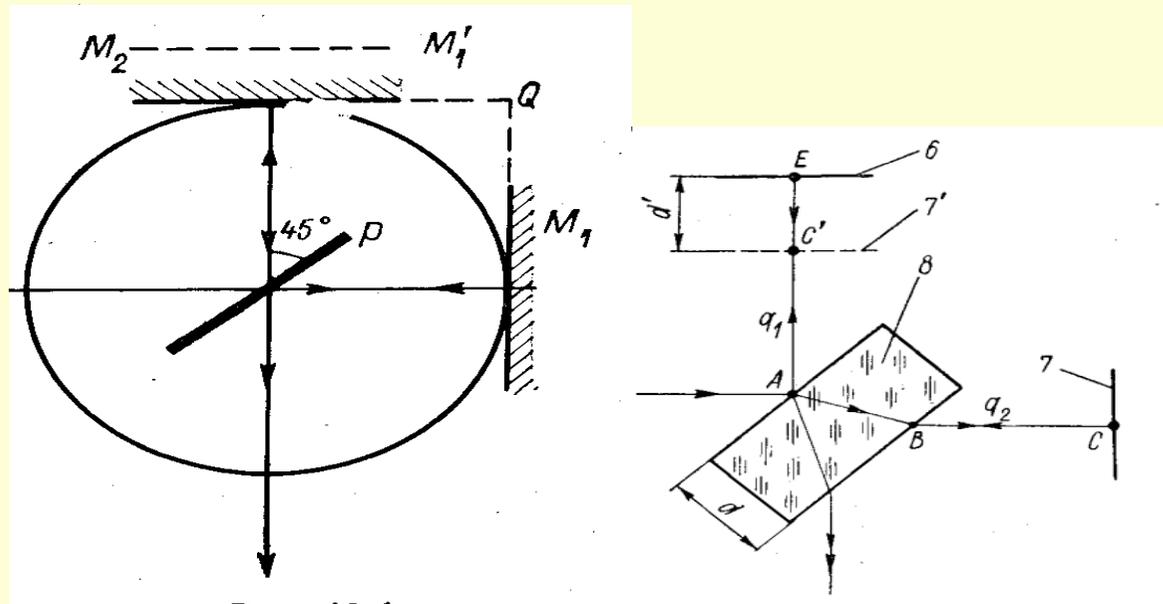
Цендера-Маха

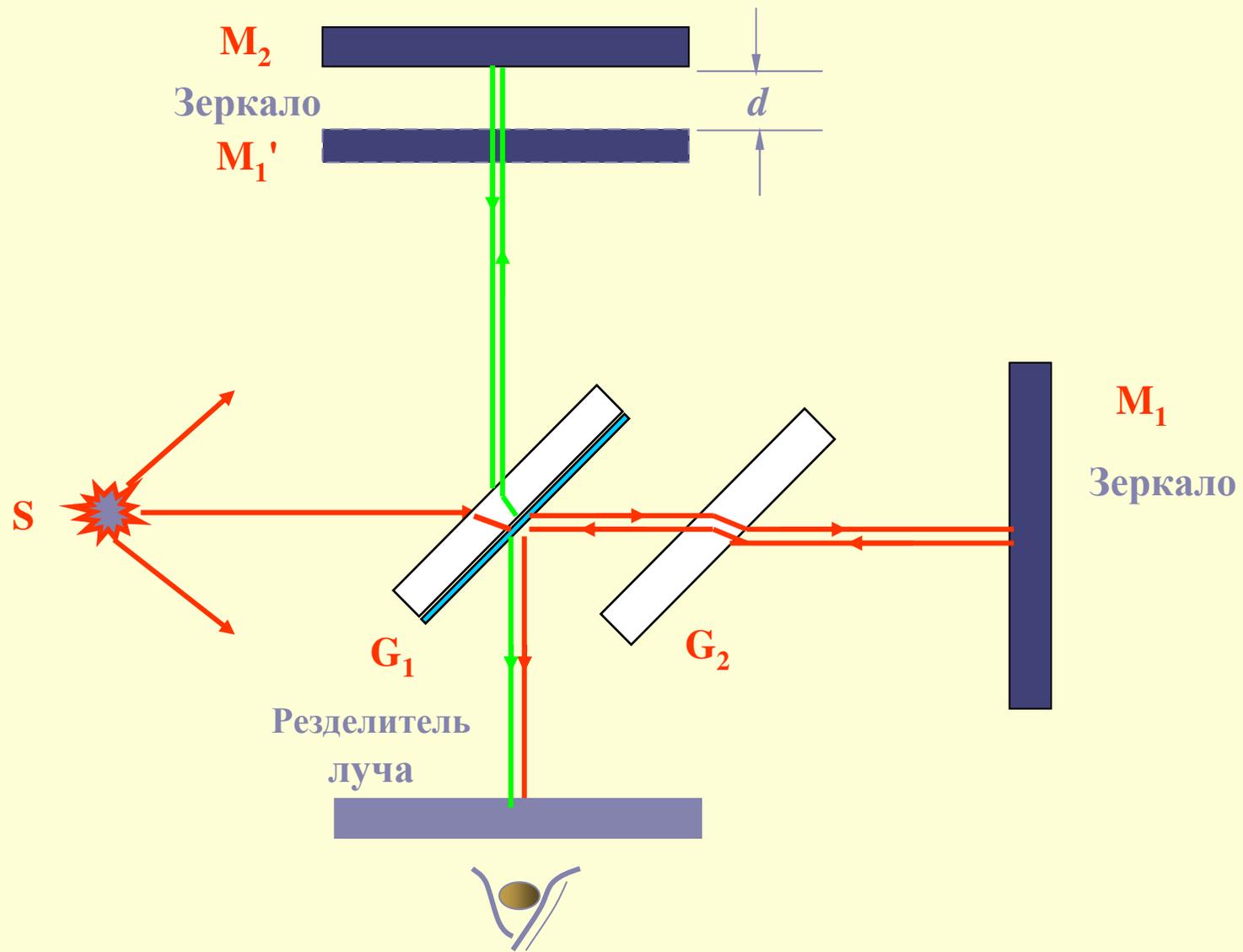


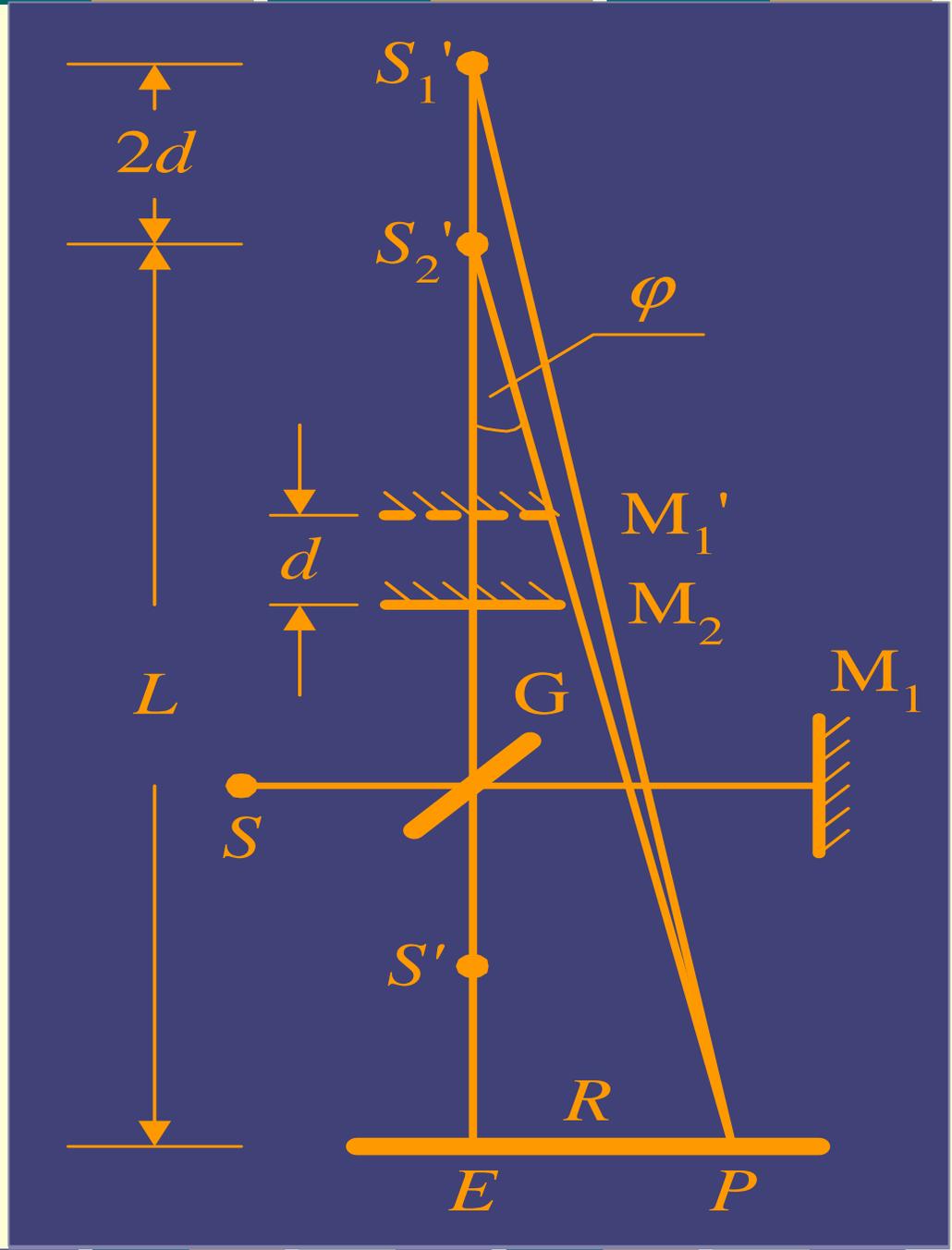
Рождественского



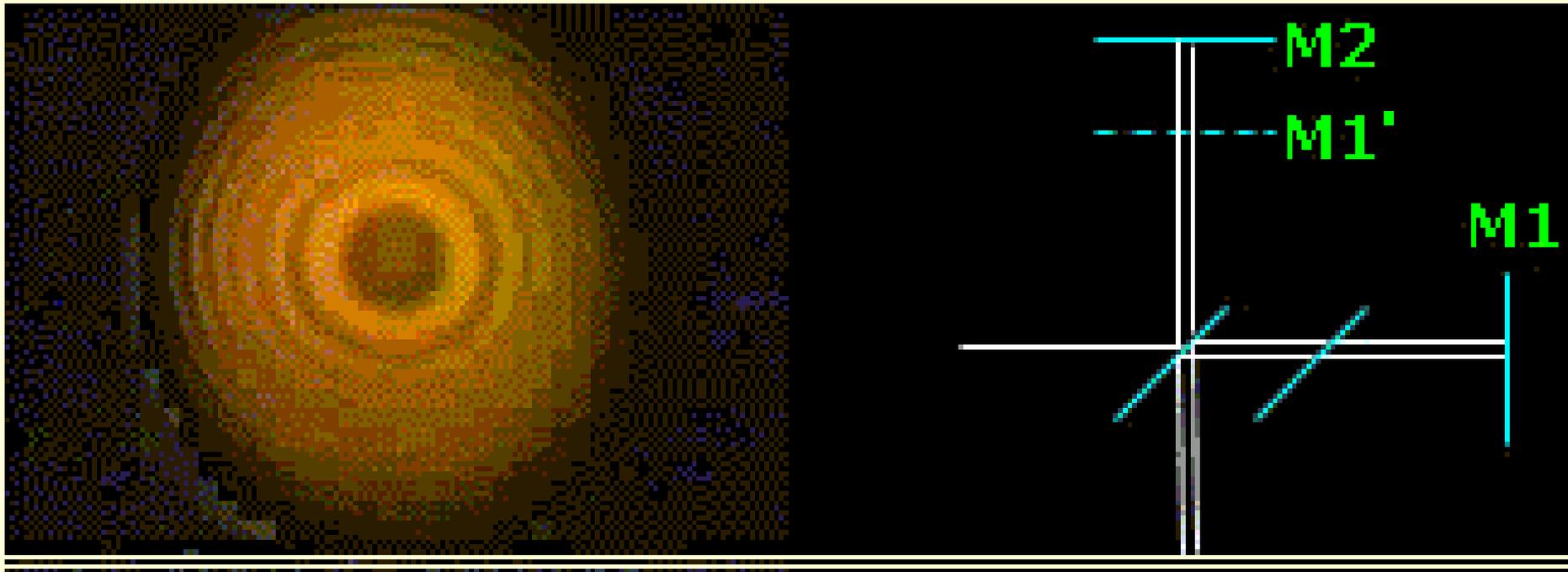
Майкельсона



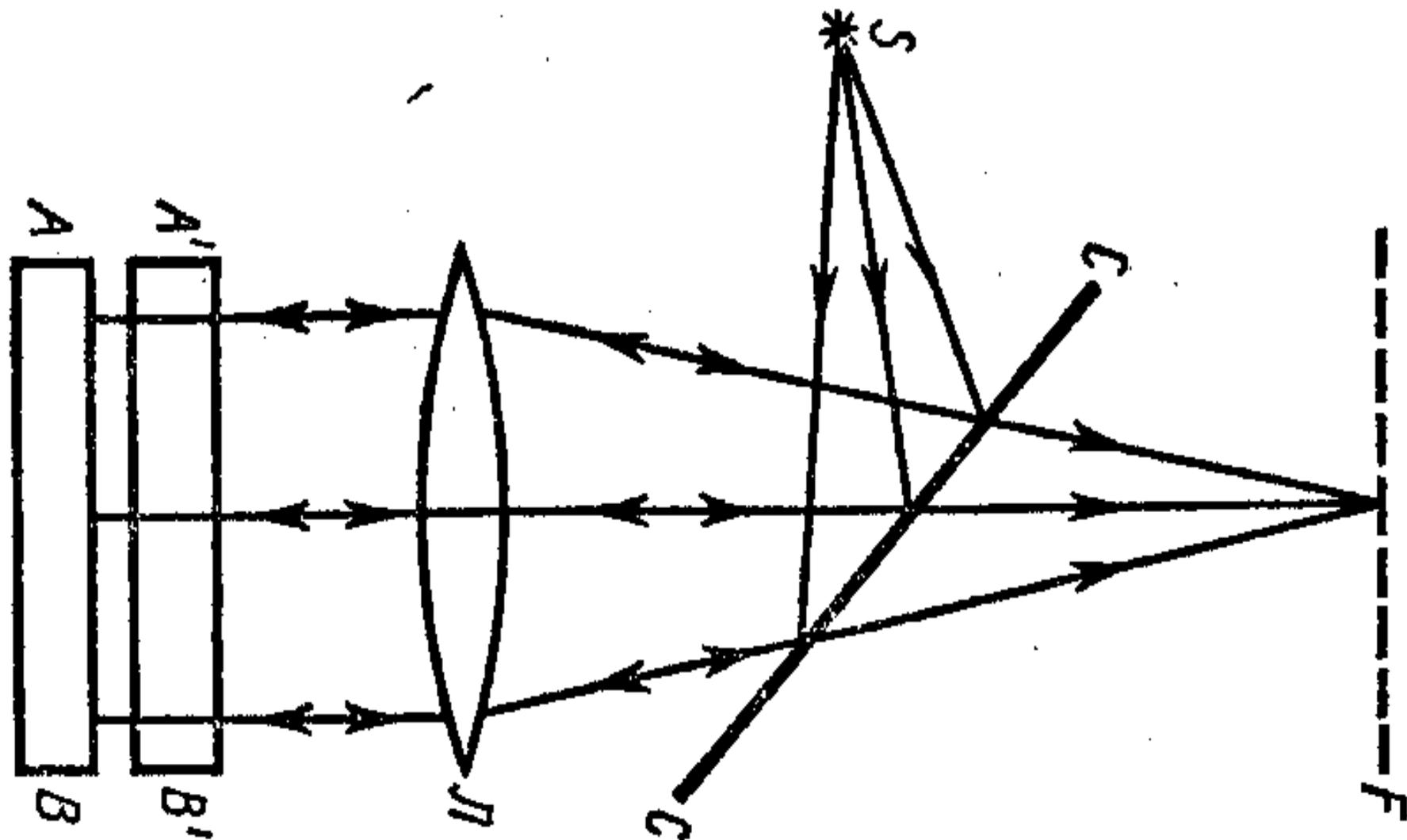




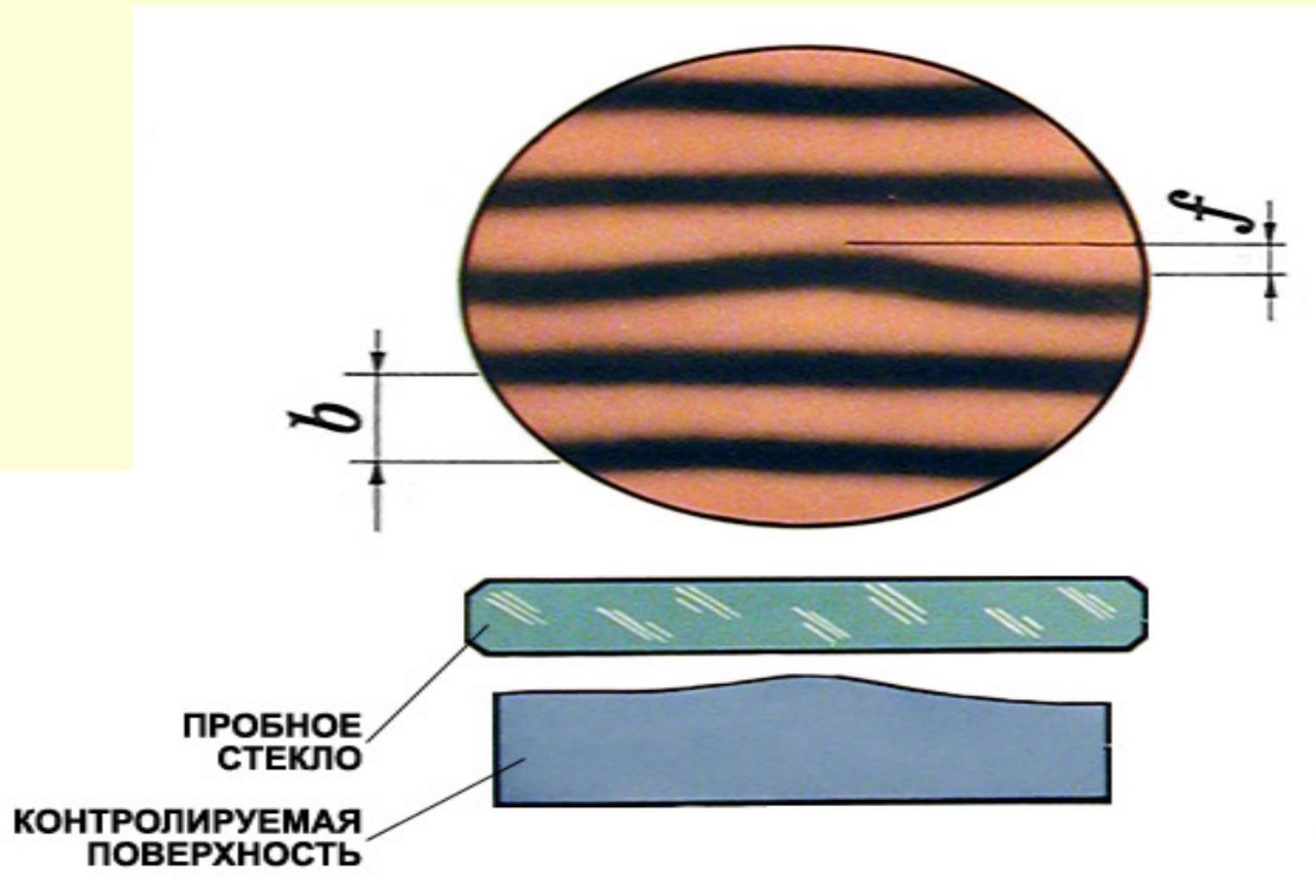
$$2d \cos \varphi = k\lambda$$

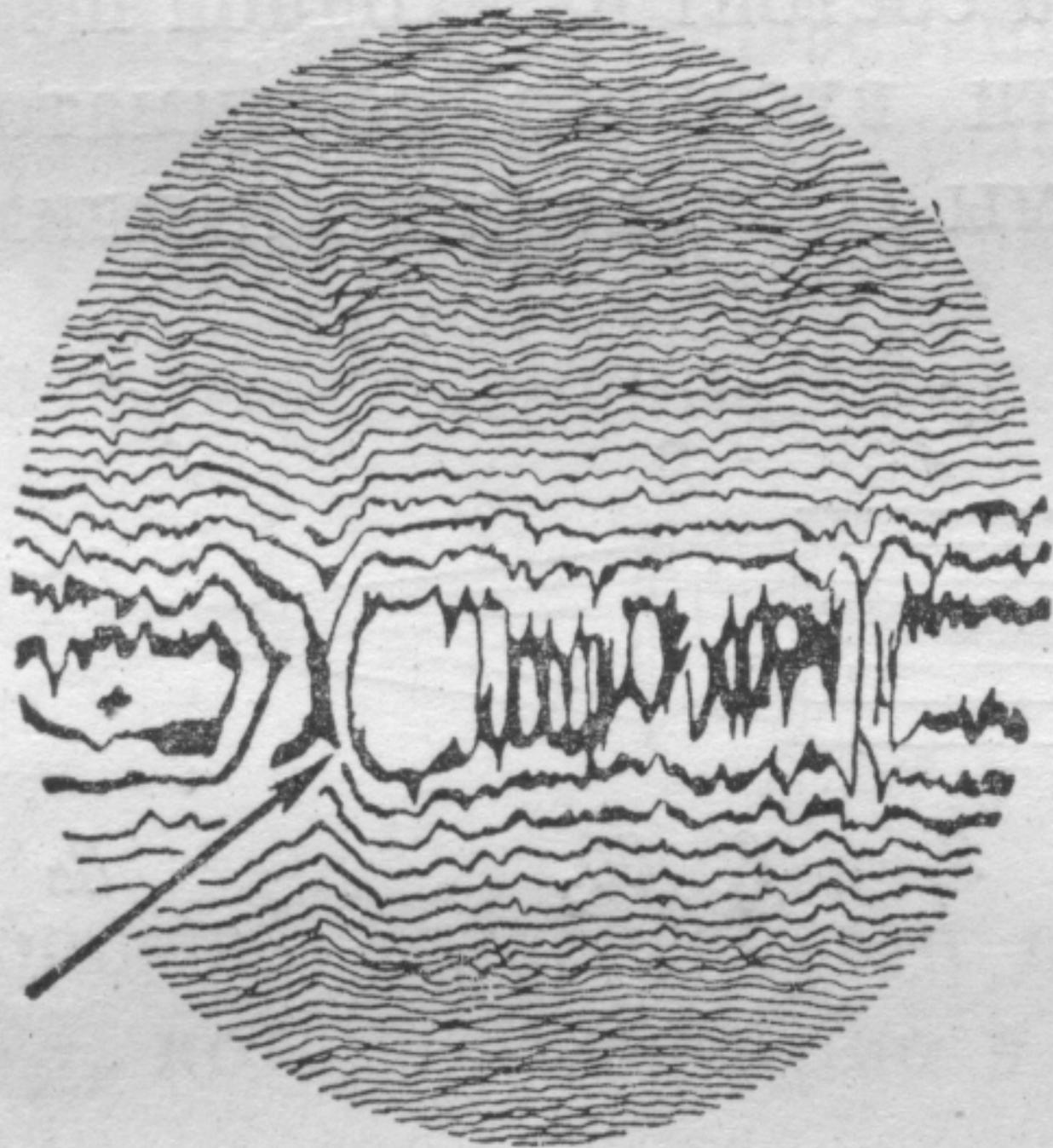


3.10. Применение интерференции

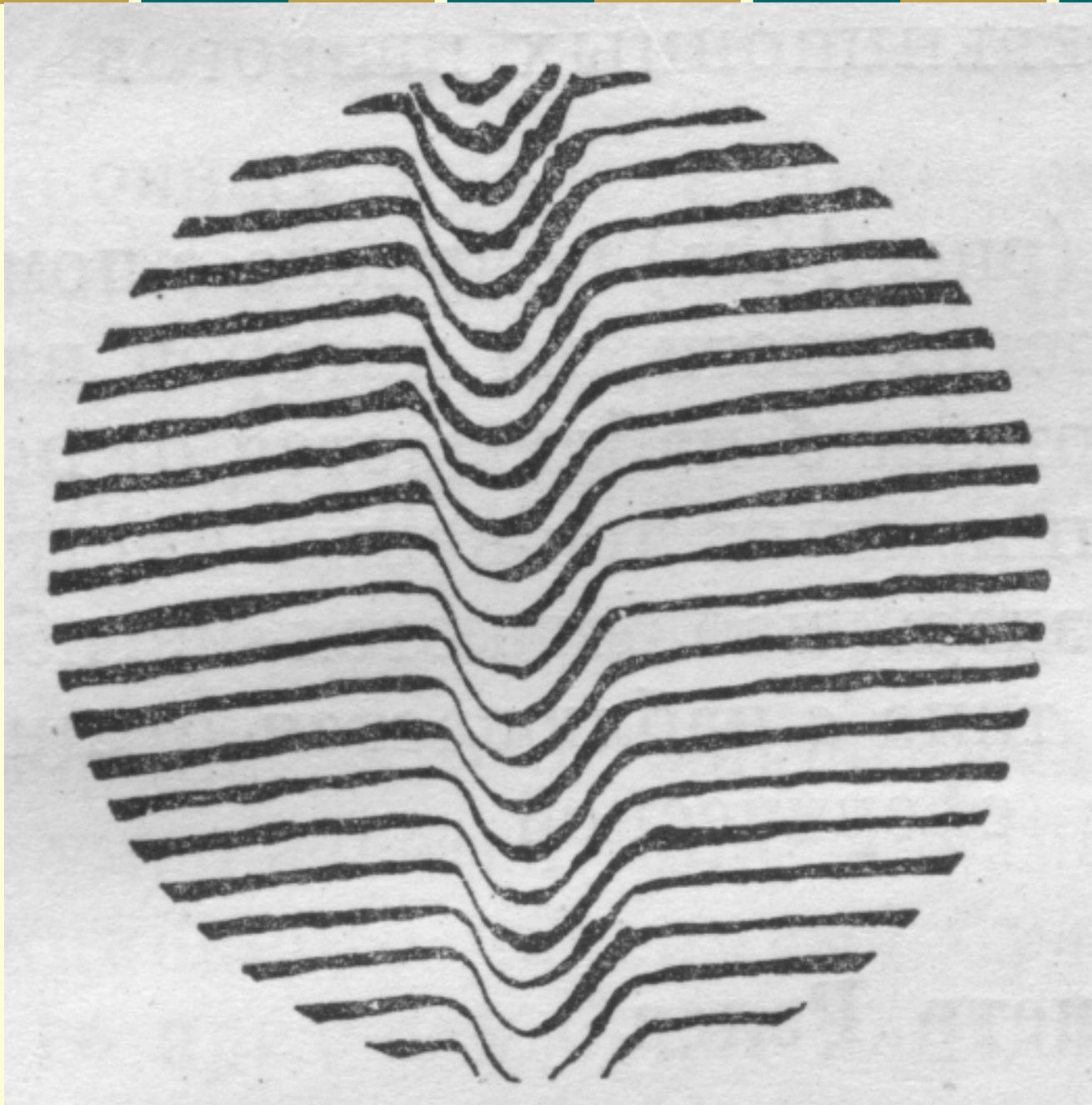


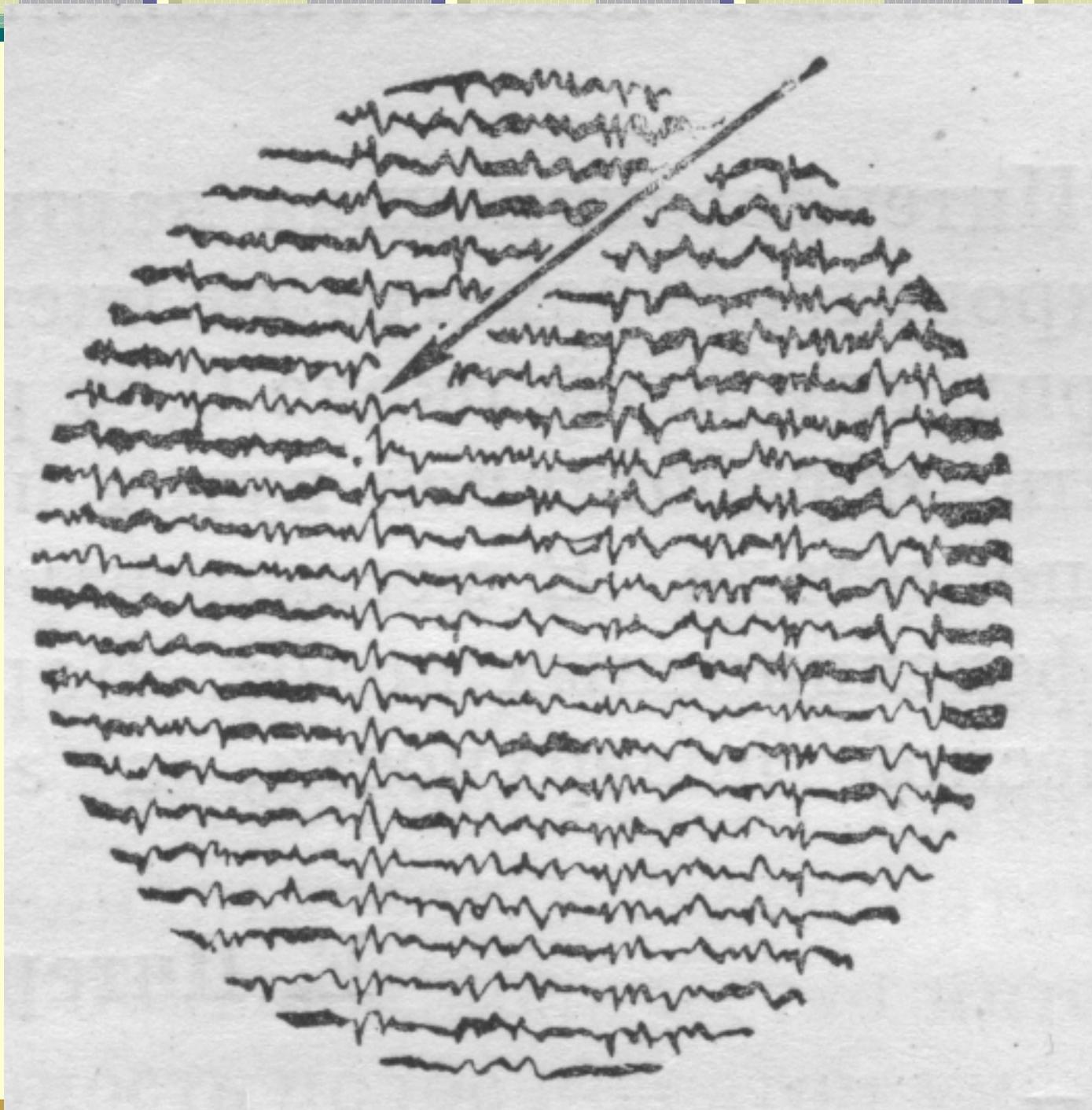
Контроль качества поверхности

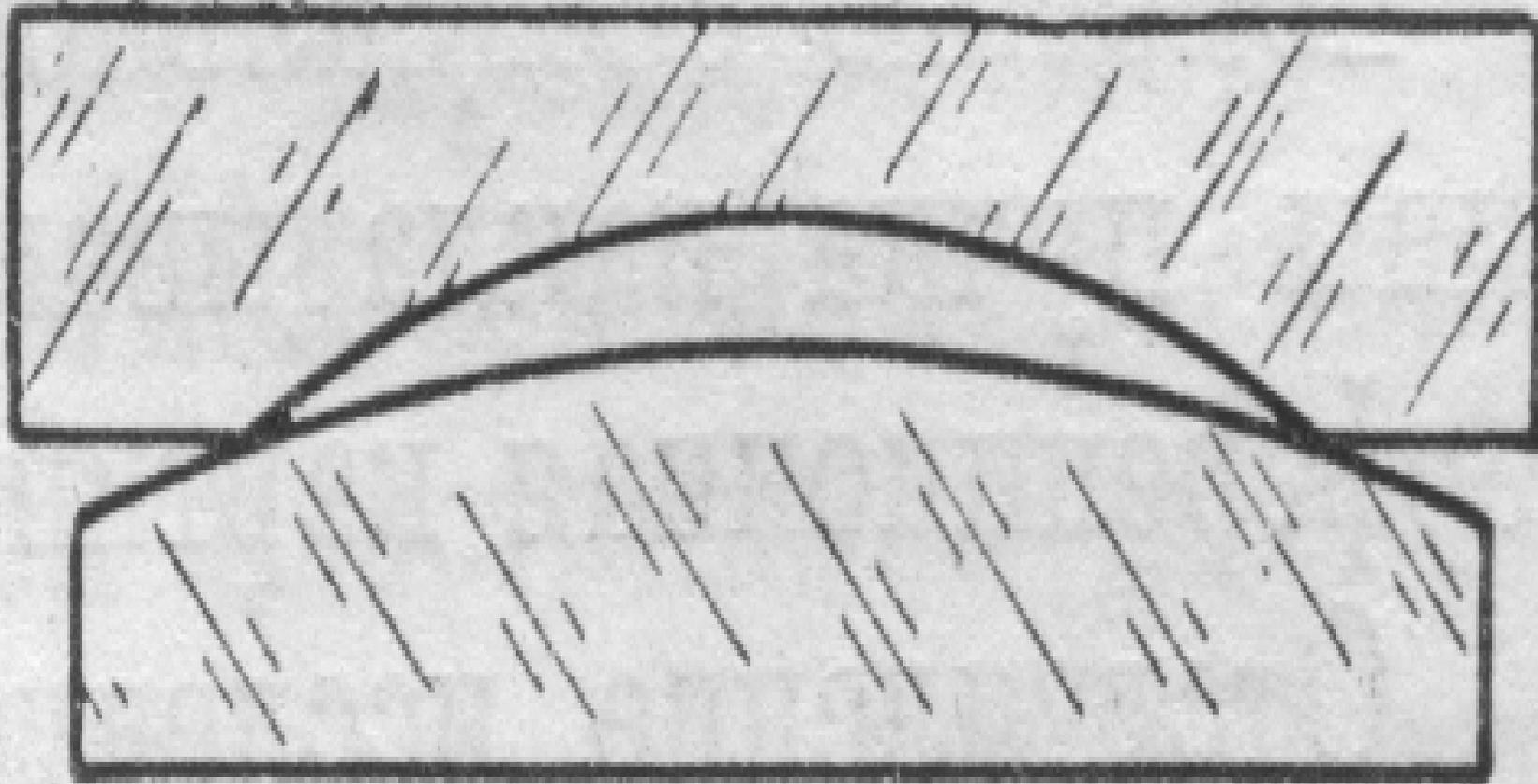


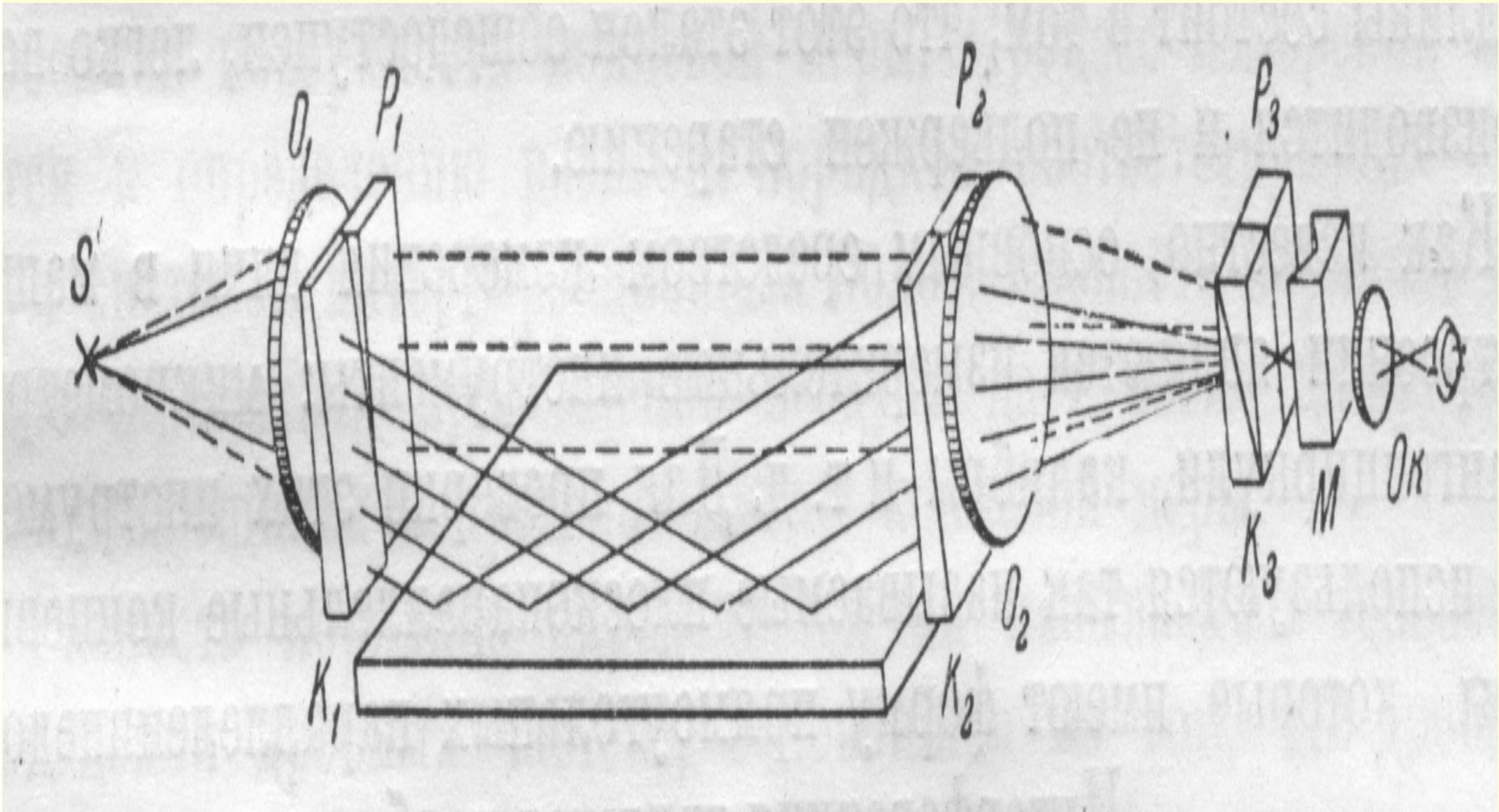




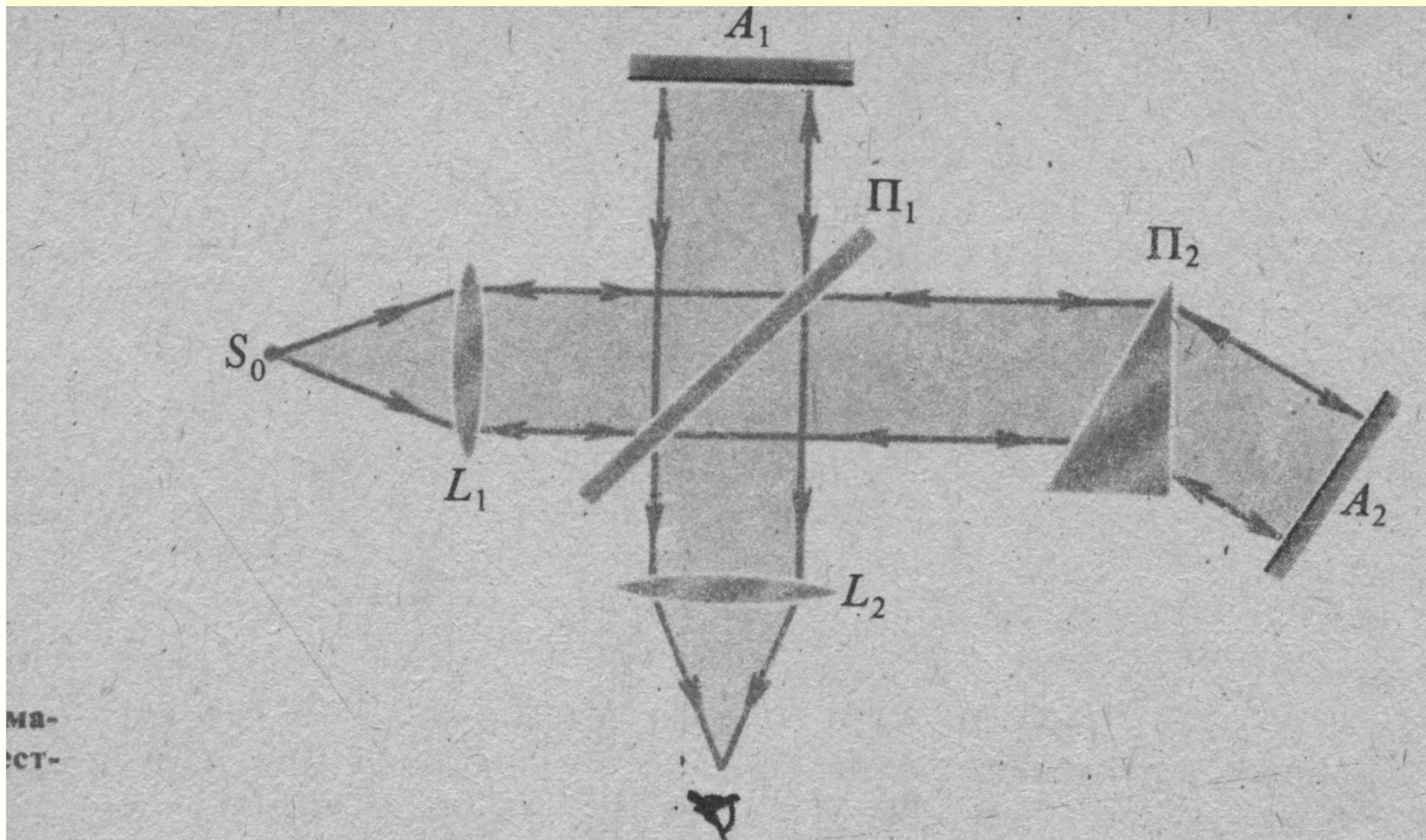




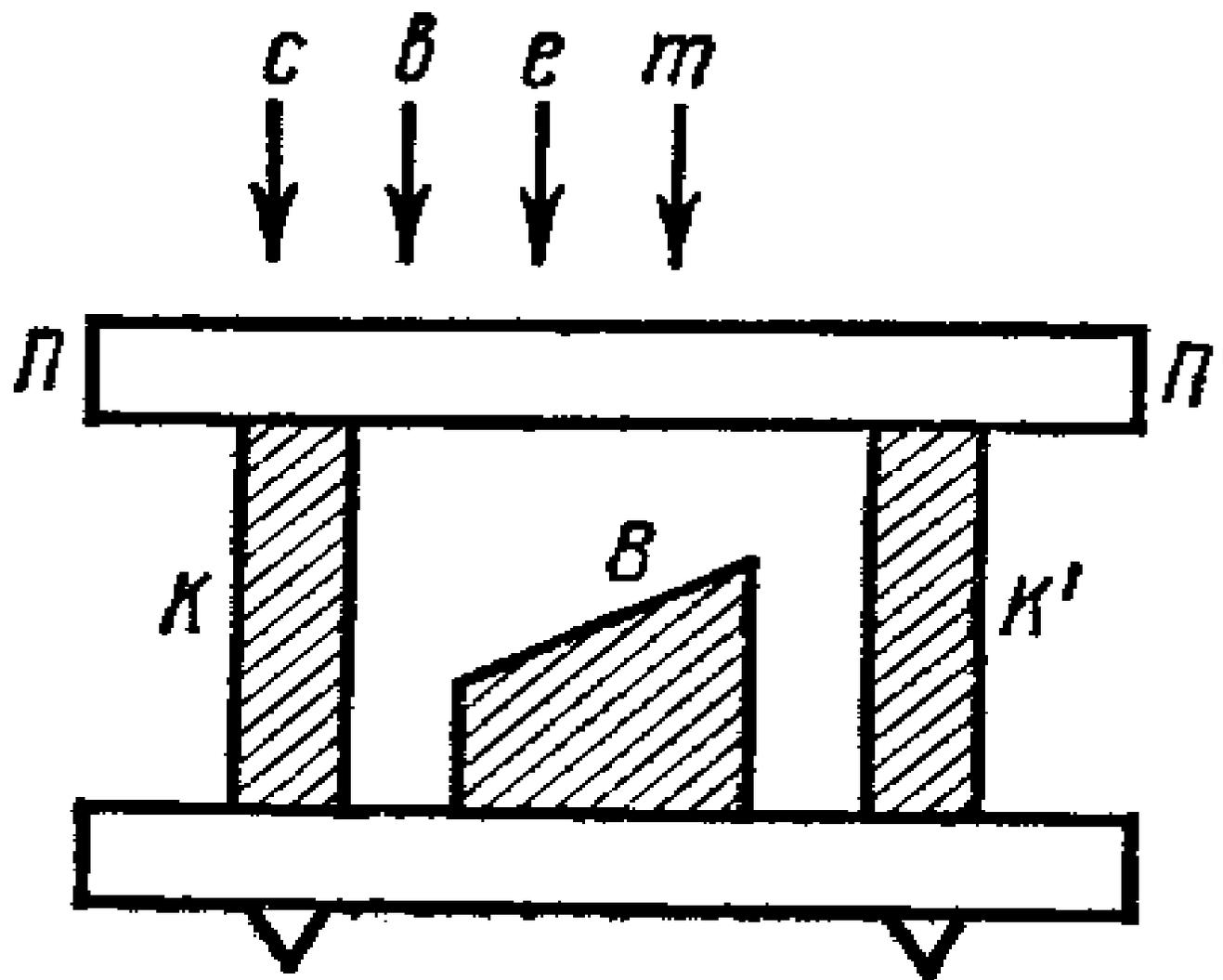


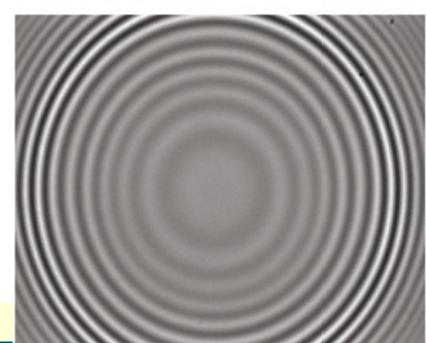
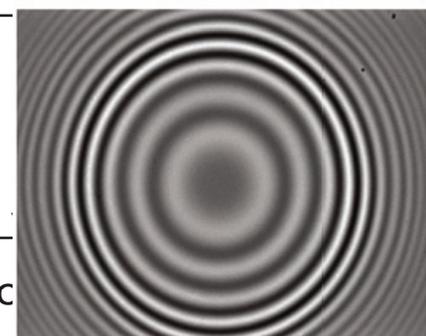
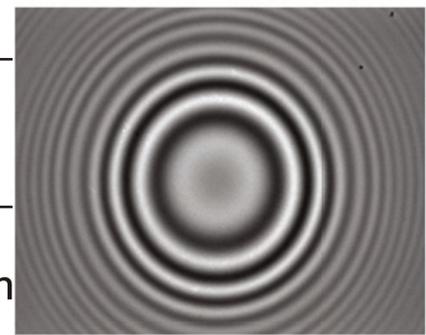
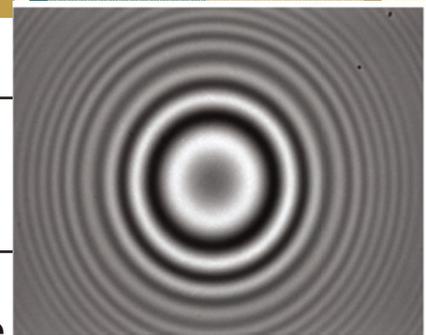
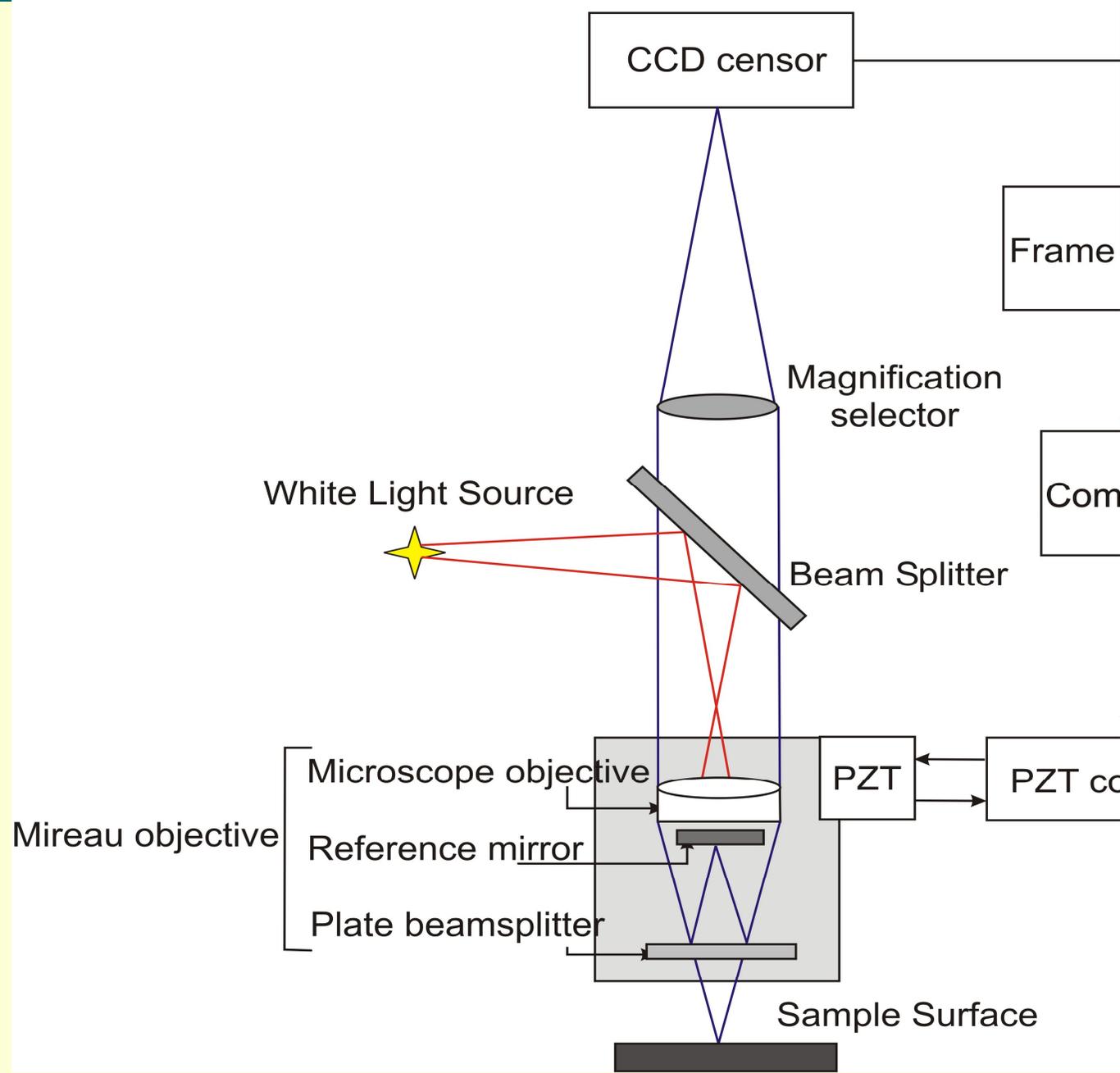


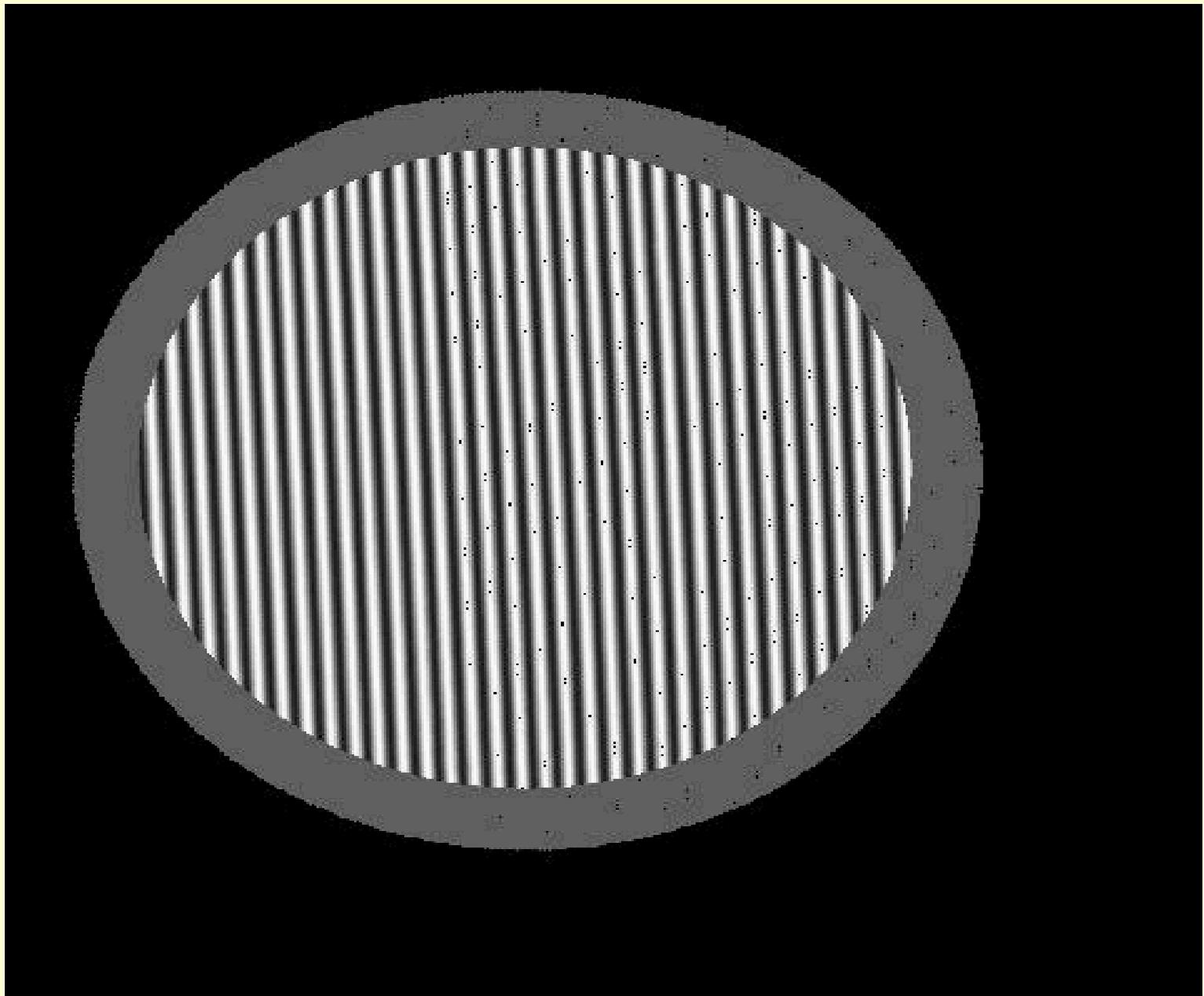
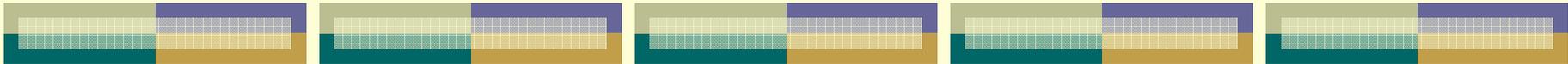
Интерферометр Тваймана-Грина



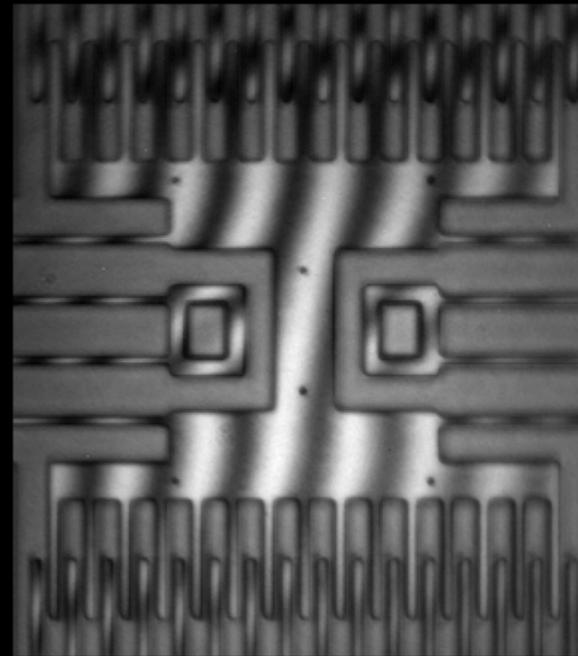
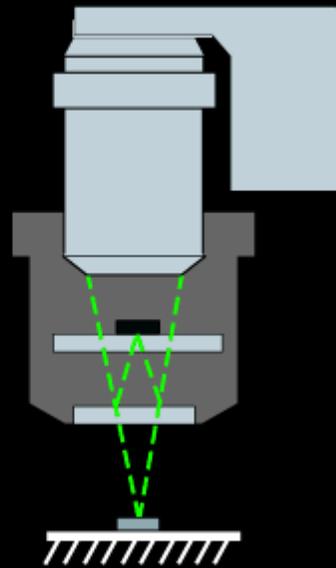
Интерференционный дилатометр







Phase-Shifting Mirau Interferometry



100 μm

4 шага

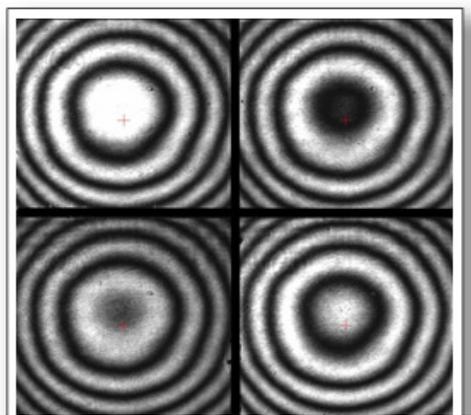
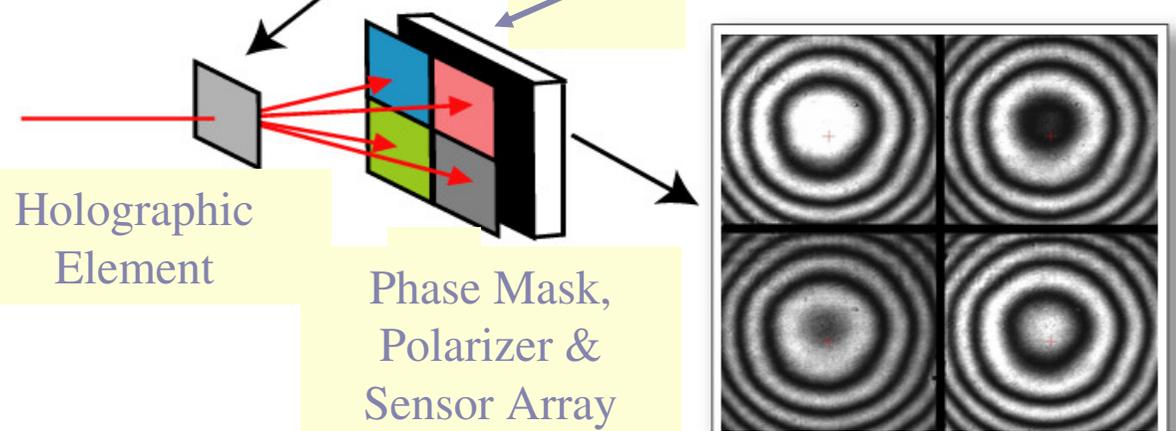
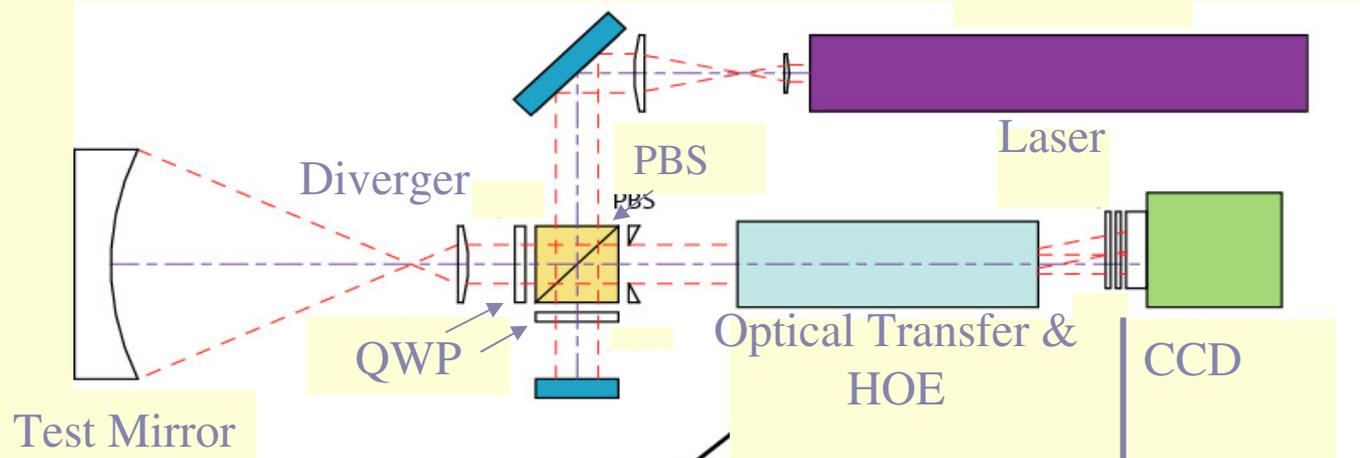
фазовый сдвиг

$$I(x,y) = I_{dc} + I_{ac} \cos[\phi(x,y) + \phi(t)]$$

Измеряемая фаза объекта

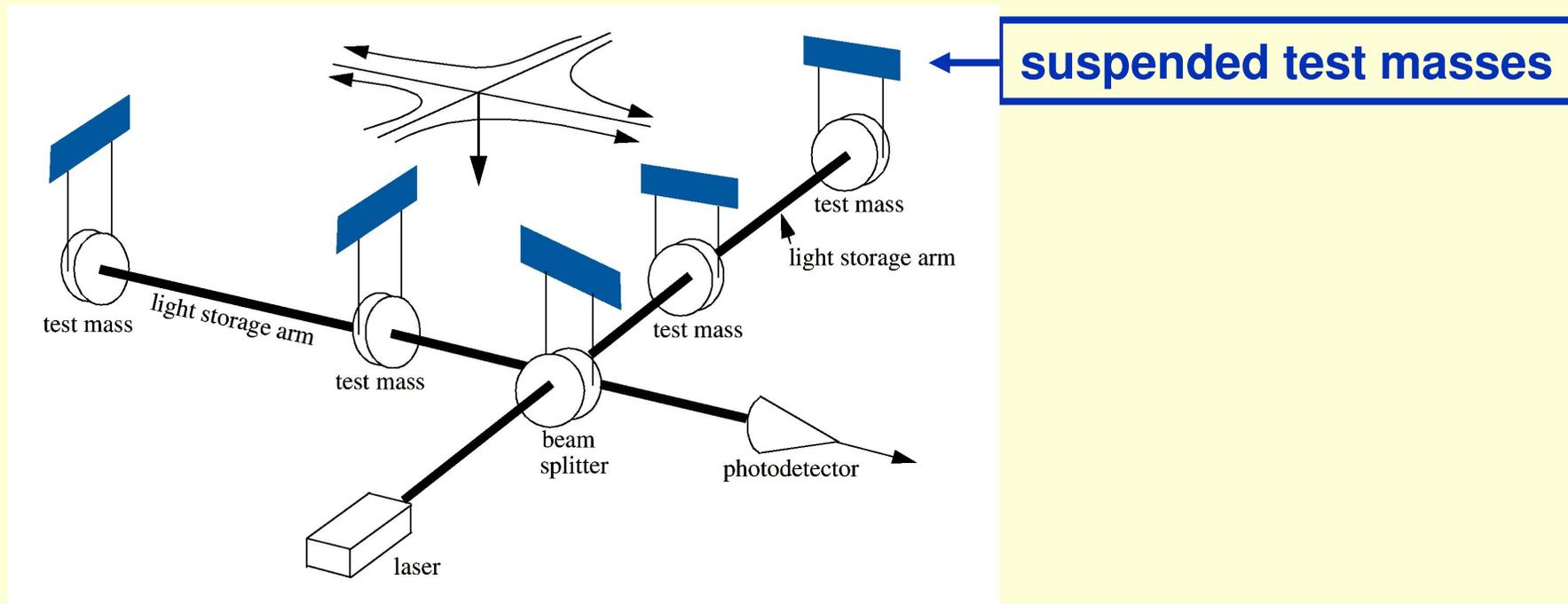
$$\begin{aligned} I_1(x,y) &= I_{dc} + I_{ac} \cos [\phi (x,y)] & \phi (t) &= 0 & (0^\circ) \\ I_2(x,y) &= I_{dc} - I_{ac} \sin [\phi (x,y)] & &= \pi/2 & (90^\circ) \\ I_3(x,y) &= I_{dc} - I_{ac} \cos [\phi (x,y)] & &= \pi & (180^\circ) \\ I_4(x,y) &= I_{dc} + I_{ac} \sin [\phi (x,y)] & &= 3\pi/2 & (270^\circ) \end{aligned}$$

$$\tan[\phi(x,y)] = \frac{I_4(x,y) - I_2(x,y)}{I_1(x,y) - I_3(x,y)}$$



Four Phase Shifted Interferograms on Detector
Detector

Detection of Gravitational Waves *interferometry*

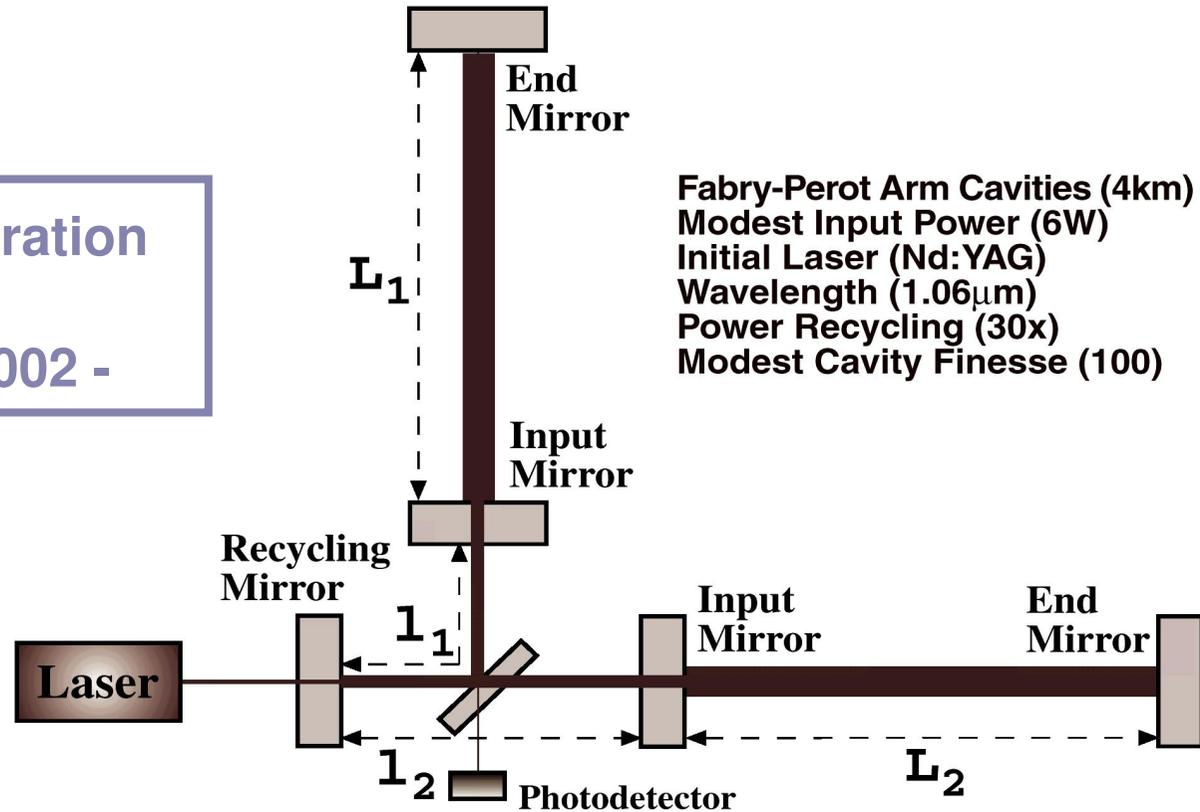


LIGO (4 km), stretch (squash) = 10^{-18} m will be detected at frequencies of 10 Hz to 10^4 Hz. It can detect waves from a distance of $600 \cdot 10^6$ light years

interferometer

Initial LIGO Interferometer Configuration

- LIGO I configuration
- Science Run 2002 -



LIGO



LIGO

Hanford Observatory



LIGO *beam tube*



1.2 m diameter - 3mm stainless
50 km of weld

NO LEAKS !!

- LIGO beam tube under construction in January 1998
- 65 ft spiral welded sections
- girth welded in portable clean room in the field

LIGO

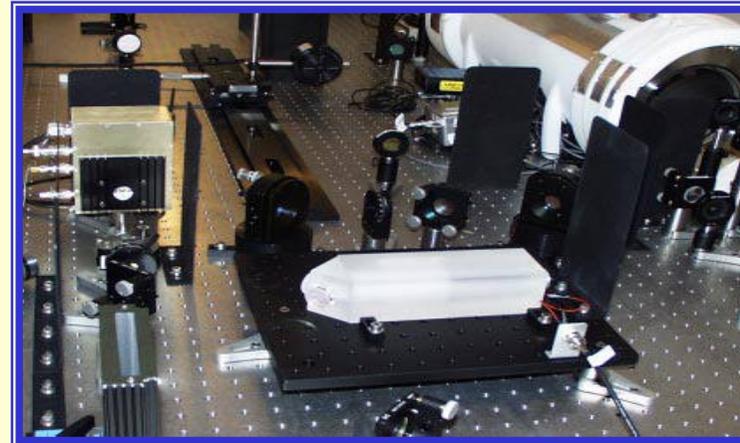
vacuum equipment



LIGO

laser

- Nd:YAG
- 1.064 μm
- Output power > 8W in TEM₀₀



Gravitational Waves Interferometry: an International Dream

GEO600 (British-German)
Hannover, Germany



TAMA (Japan)
Mitaka



LIGO (USA)
Hanford, WA and Livingston, LA

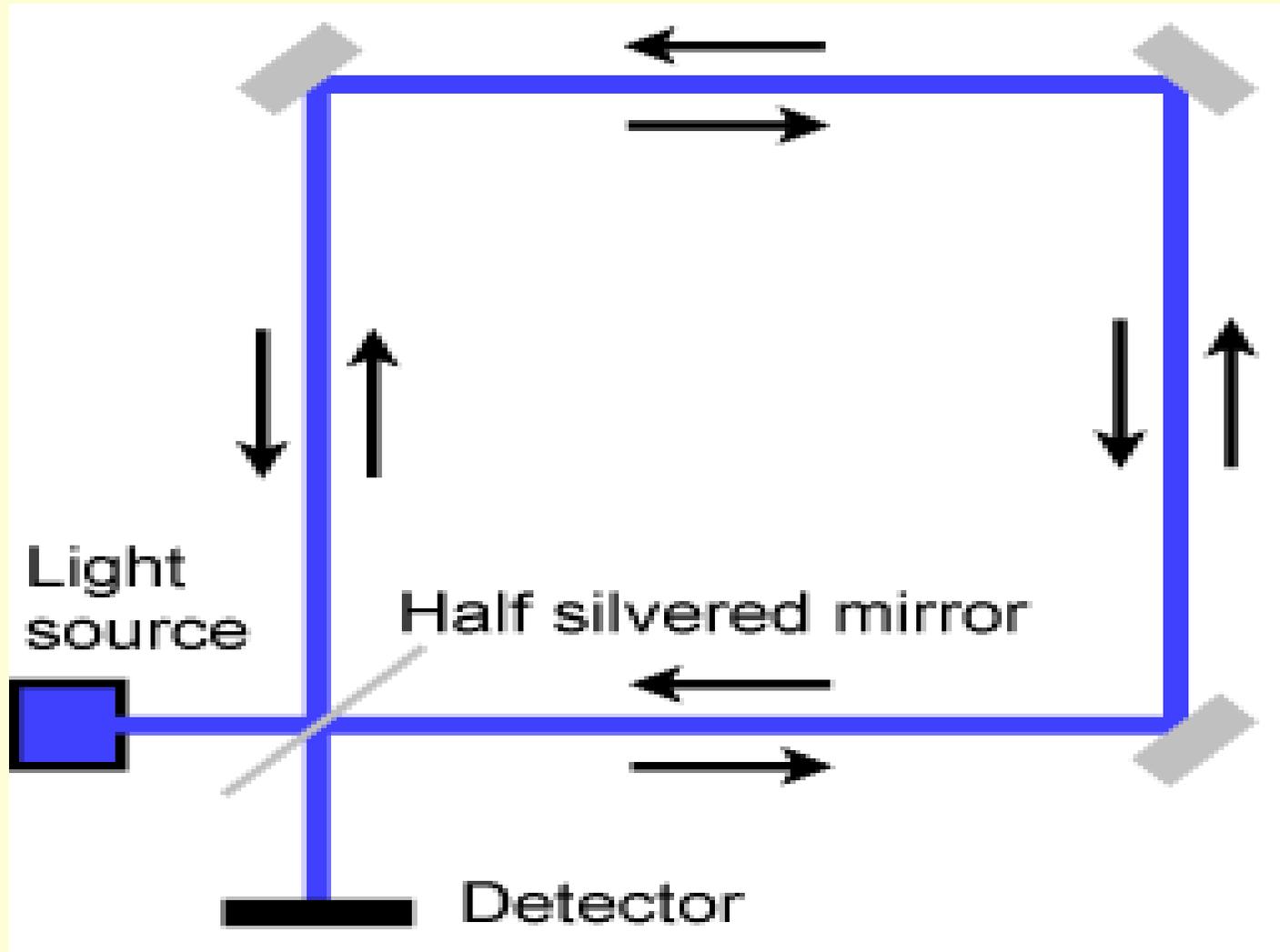


AIGO (Australia),
Wallingup Plain, 85km north of Perth



VIRGO (French-Italian)
Cascina, Italy

Интерферометр Саньяка



$$\delta\nu = \frac{4A\Omega \cos \theta}{\lambda P}$$

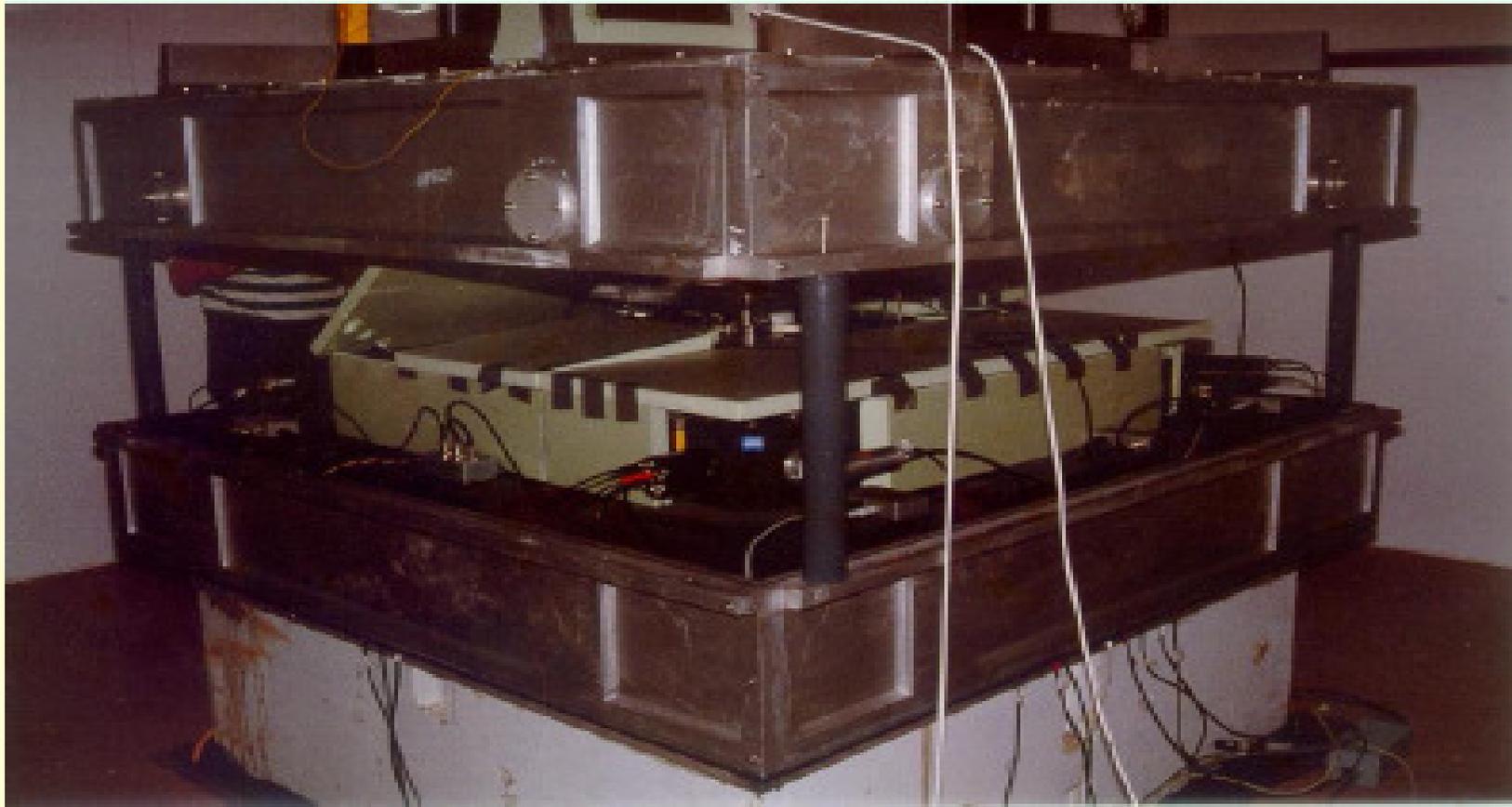
Площадь
контура

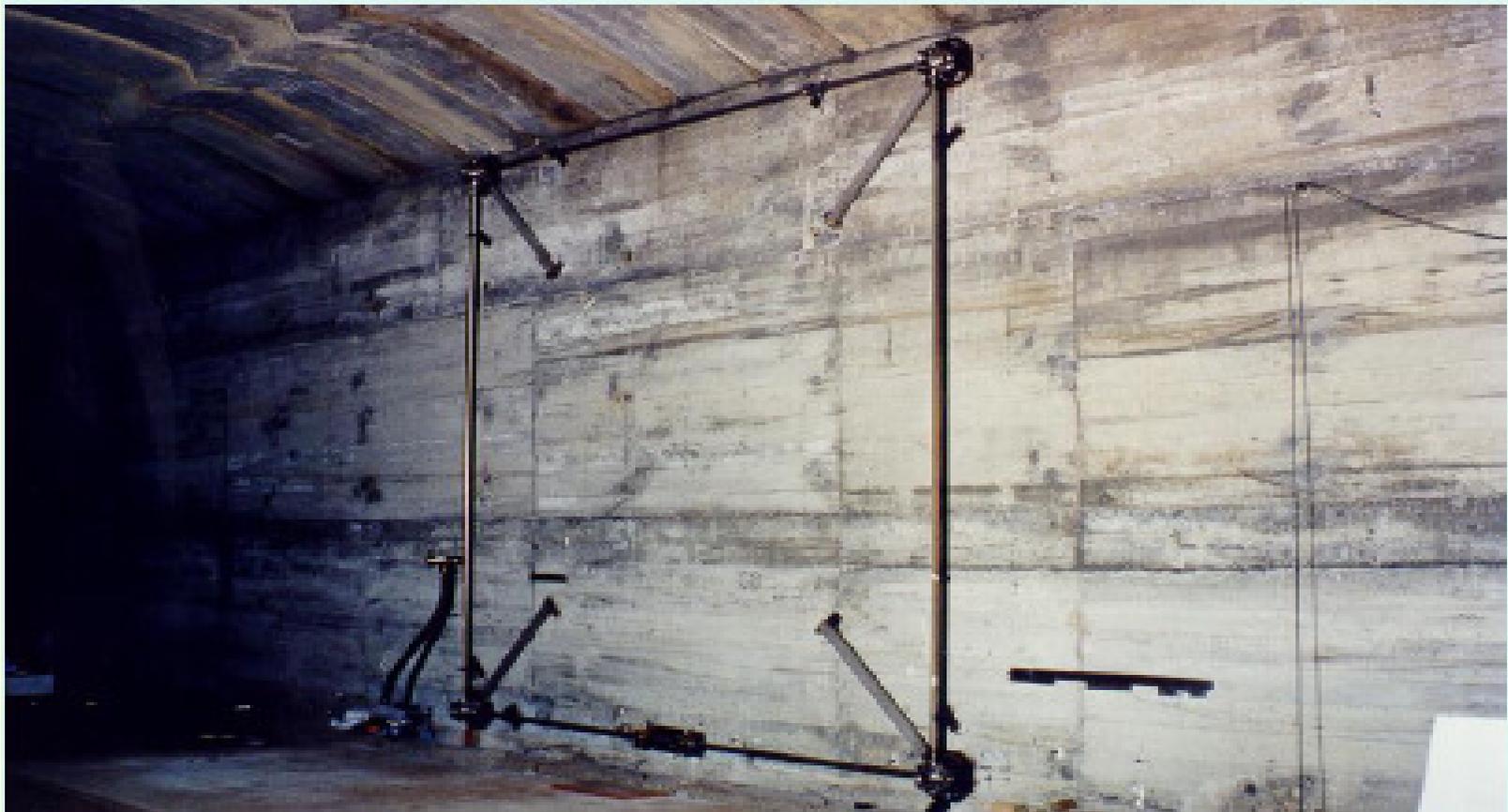
Скорость
вращения
Земли

Угол между
осью
вращения и
нормалью к
плоскости

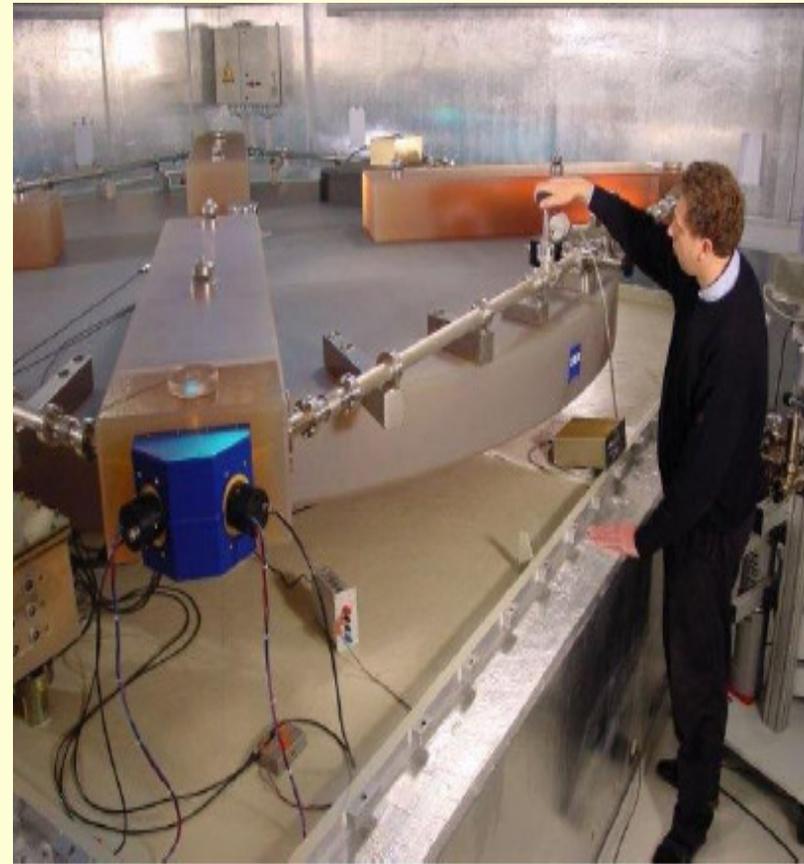
СДВИГ
ЧАСТОТЫ

Периметр
контура





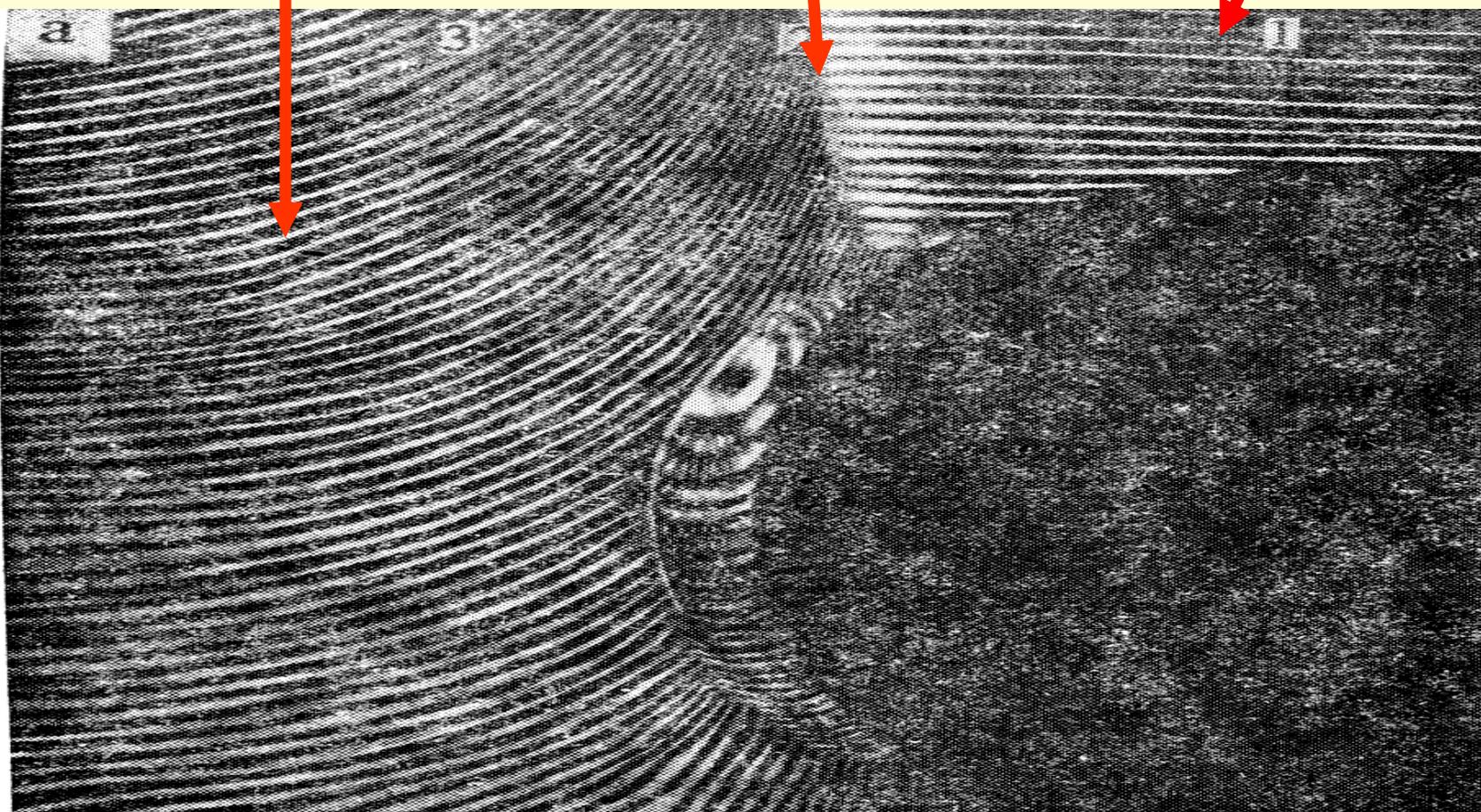
‘G’ (Grossring)
(Wettzell) 2001 4 m square.



За уд. Волной (газ)

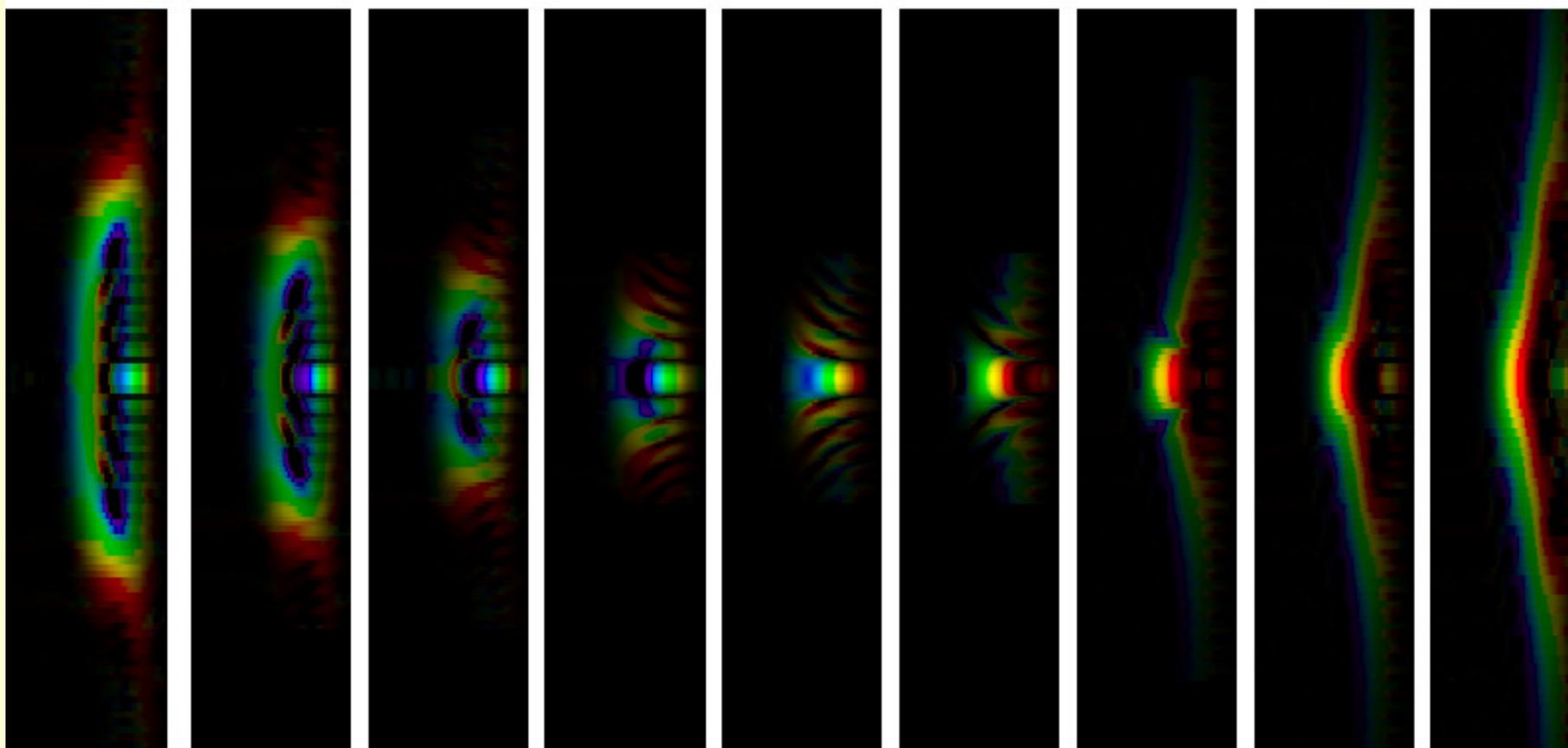
Фронт Уд.волны

Невозмущенный
Газ



Спектральная интерферометрия

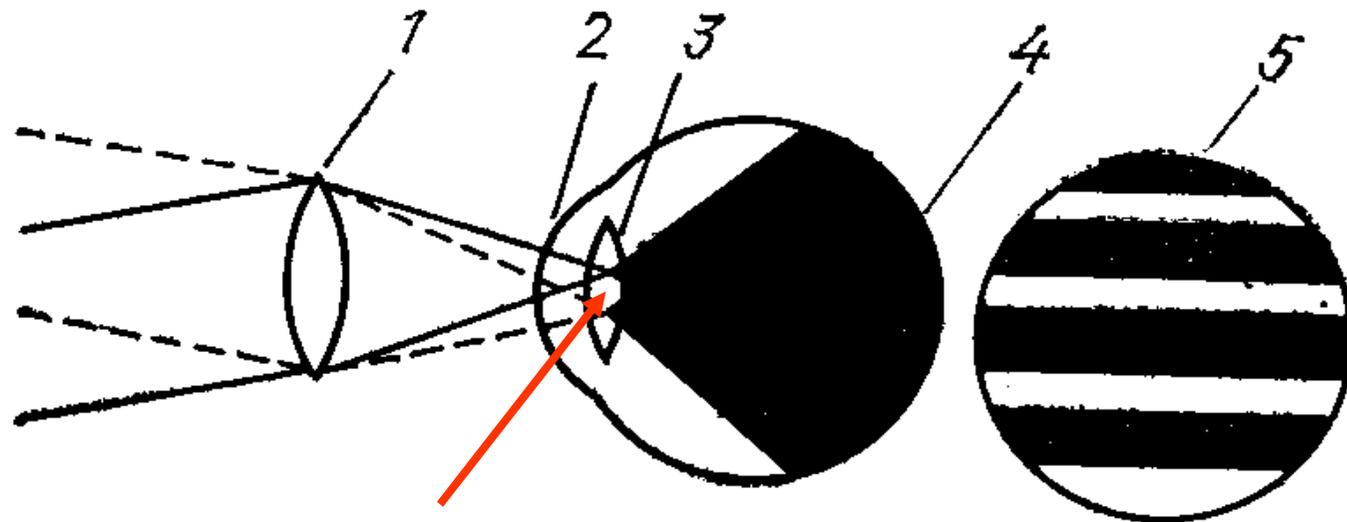
Сфокусированный импульс



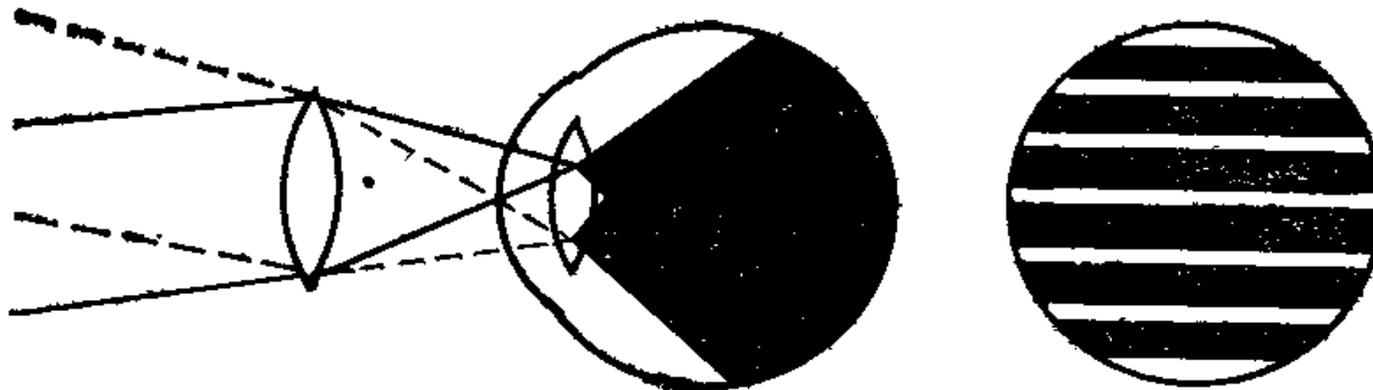
Направление прохождения

Разрешающая способность глаза
плотность интерференционных линий
на градус зрения

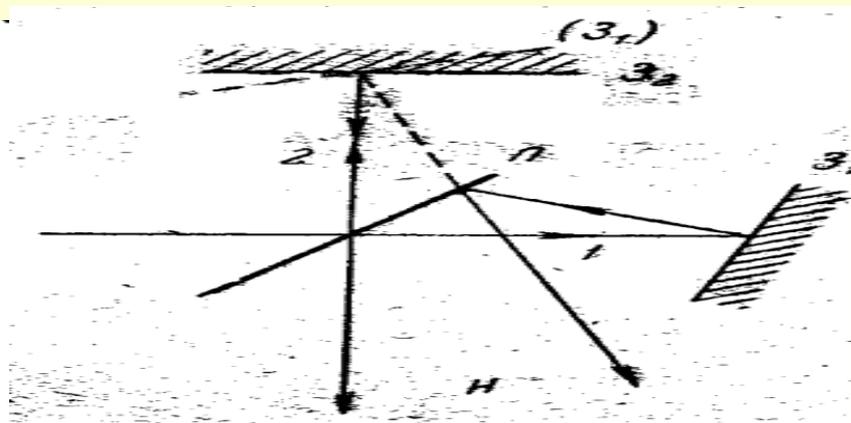
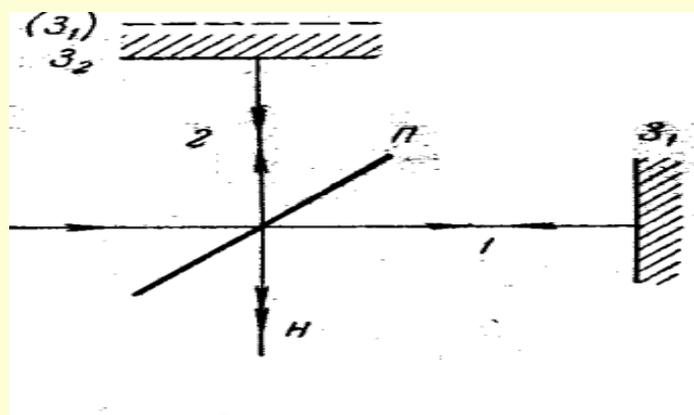
$$N = \left[\arcsin \left(\frac{\lambda}{2l} \right) \right]^{-1}$$

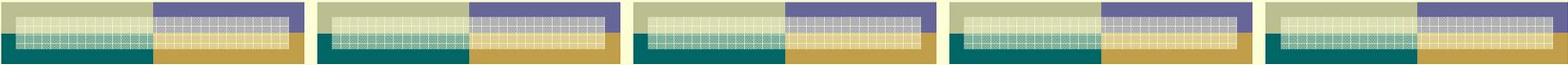


l -расстояние между двумя источниками









Глава 4. Дифракция света

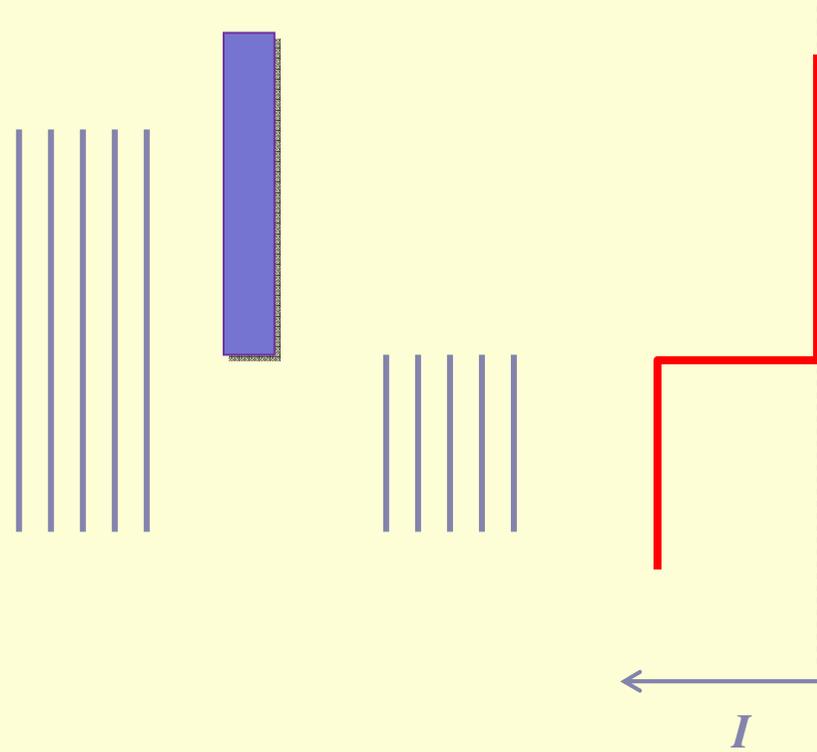
● 4.1. Введение

*Всякое отклонение от прямоугольного распространения света, которое нельзя объяснить отражением или преломлением- есть **дифракция***



Дифракция

Геометрическая оптика

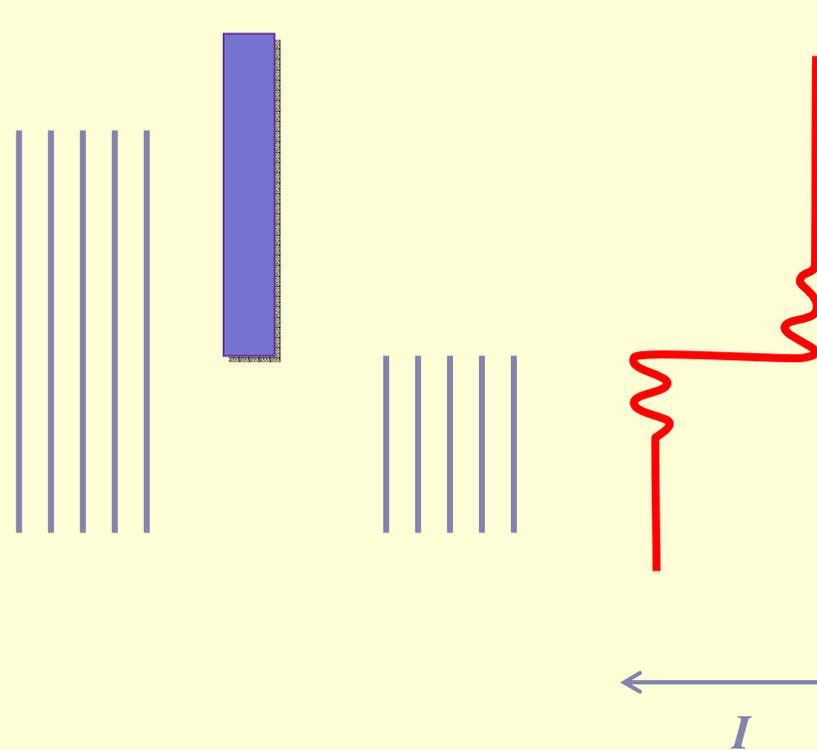


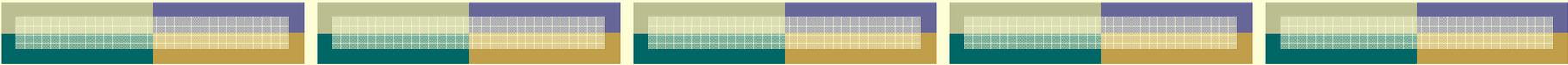
Diffraction

Физическая оптика...



Francesco Maria Grimaldi
(1618 - 1663)





Глава 4. Дифракция света

- 4.1. Введение

- 4.2. Принцип Гюйгенса-Френеля



Принцип Гюйгенса-Френеля



Каждая точка
волнового фронта
является источником
вторичных волн



Augustin Fresnel
(1788-1827)

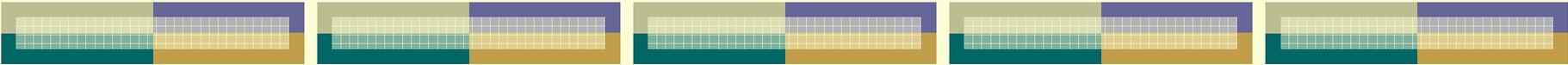
Вторичные волны
интерferируют!



Christaan Huygens
(1629-1695)

Принцип Гюйгенса-Френеля содержит четыре положения:

- 1. Каждая точка произвольной поверхности окружающей источник является источником вторичных волн.
- 2. Фаза волн вторичных источников определяется фазой возмущения дошедшего от главного источника.
- 3. Амплитуда вторичных волн пропорциональна амплитуде дошедшего возмущения и (в общем случае $K(\alpha)$), где α — угол между направлением нормали к фронту волны и направлением на точку наблюдения (неоднородность волны).
- 4. Возмущение в точке наблюдения есть результат интерференции всех вторичных волн (т.е. вторичные источники являются когерентными).

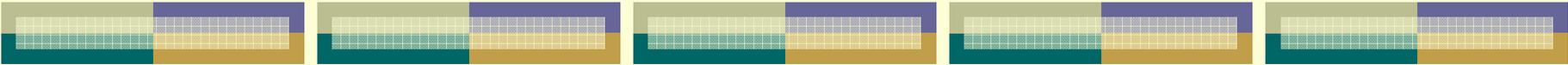


Глава 4. Дифракция света

- 4.1. Введение

- 4.2. Принцип Гюйгенса-Френеля





Глава 4. Дифракция света

- 4.1. Введение
 - 4.2. Принцип Гюйгенса-Френеля
 - 4.3. Интеграл Гюйгенса-Френеля. Его свойства – Теорема обратимости Гельмгольца и Принцип дополнительности Бабинне
 - 4.4. Метод зон Френеля
- 

Теорема обратимости Гельмгольца

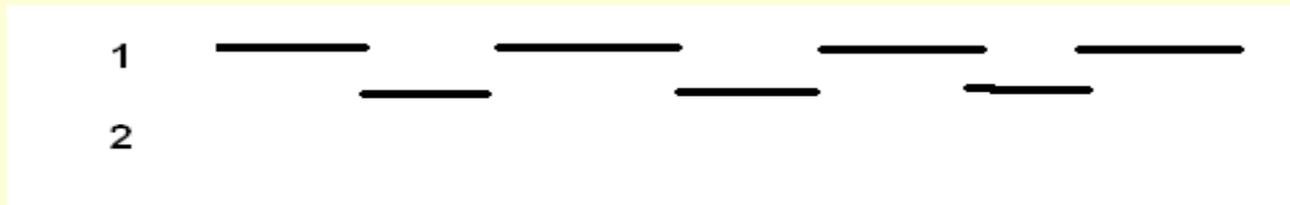
- *Комплексная амплитуда светового возмущения $A_S(P)$ в точке P , создаваемого точечным источником, расположенным в точке S , равна комплексной амплитуде светового возмущения $A_P(S)$ в точке S , создаваемого таким же источником, расположенным в точке P :*

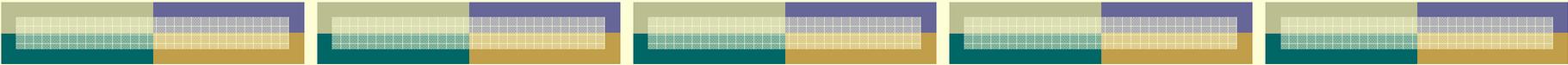
$$● A_S(P) = A_P(S).$$

Принцип дополнительности Бабине

- Сумма комплексных амплитуд световых возмущений в точке наблюдения, при наличии только одного из взаимно дополняющих друг друга экранов равна комплексной амплитуде светового возмущения в той же точке наблюдения в отсутствие экранов:

- $A_1(P) + A_2(P) = A_0(P).$

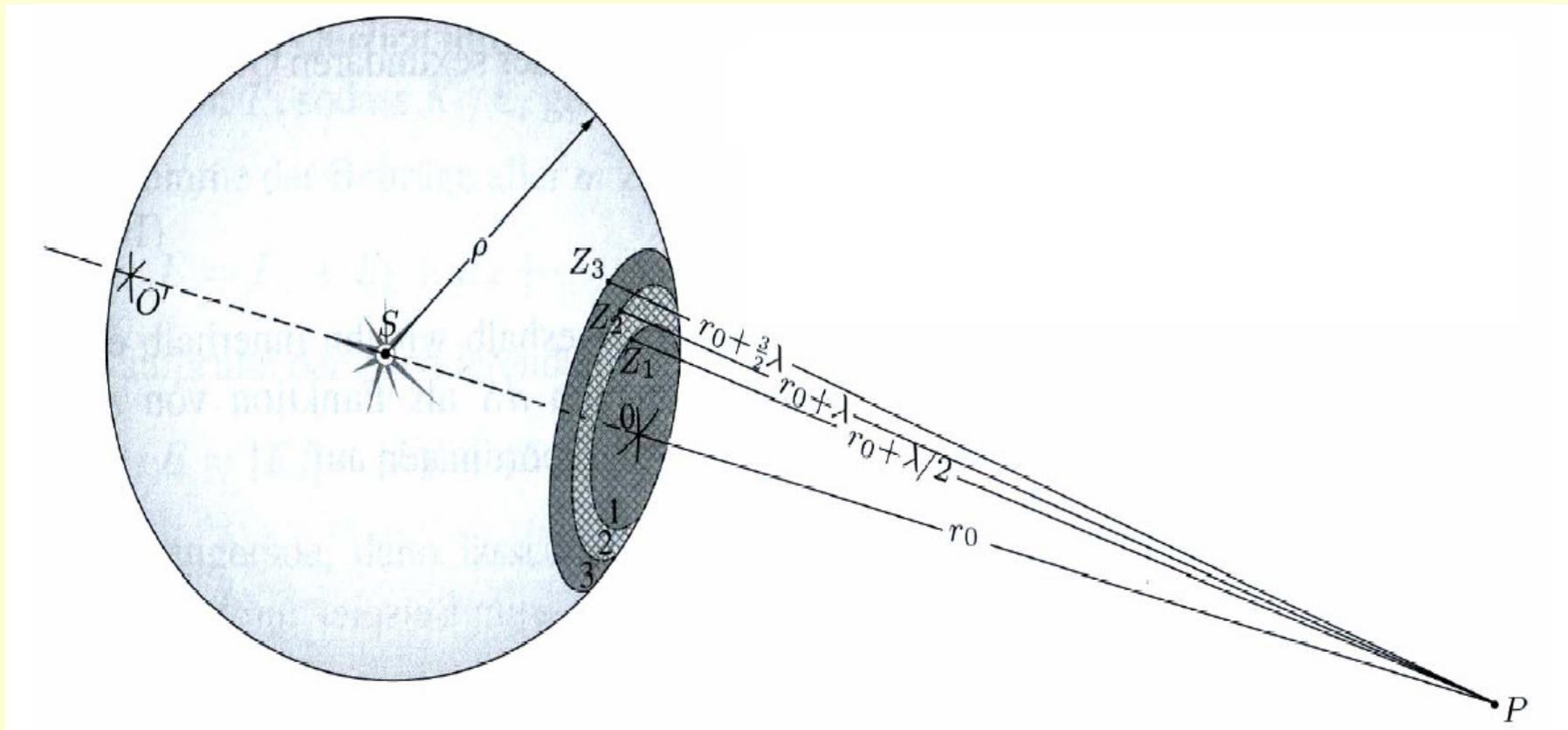


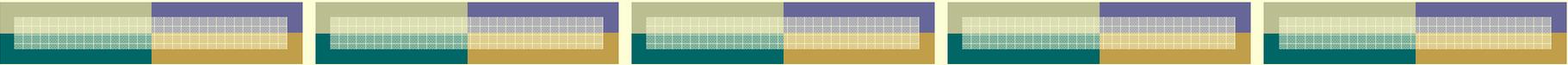


Глава 4. Дифракция света

- 4.1. Введение
 - 4.2. Принцип Гюйгенса-Френеля
 - 4.3. Интеграл Гюйгенса-Френеля. Его свойства – Теорема обратимости Гельмгольца и Принцип дополнительности Бабинне
 - 4.4. Метод зон Френеля
- 

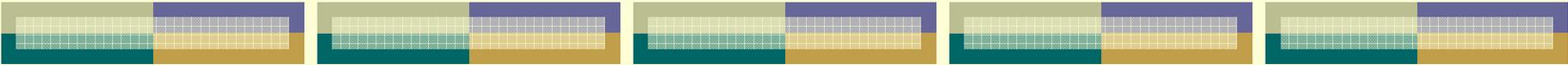
Зоны Френеля





Согласно методу зон Френеля:

- 1) в качестве светящейся поверхности выбирается фронт волны;
 - 2) свободная от непрозрачных экранов часть светящейся поверхности разбивается на так называемые *зоны Френеля* – области светящейся поверхности, постоянные расстояния от границ которых до точки наблюдения отличаются на полволны – $\lambda/2$;
 - 3) рассматривается сумма световых возмущений в точке наблюдения от каждой из зон Френеля с учетом противоположных фаз для возмущений от соседних зон и зависимости амплитуды от площади зоны, угла дифракции и расстояния до точки наблюдения.
- 



Оценим радиусы зон Френеля – пусть
 $a \cong b \cong 4$ м, $\lambda \cong 0.5 \cdot 10^{-6}$ м, тогда:

$$x_m = m\lambda \frac{b}{2(a+b)} \cong m \cdot 0.5 \cdot 10^{-6} \frac{4}{2 \cdot 8} = m \cdot 0.125 \text{ мкм},$$

$$R_m = \sqrt{m\lambda \frac{ab}{a+b}} \cong \sqrt{m \cdot 0.5 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = \sqrt{m} \cdot 1 \text{ мм}.$$





С праздником 8 Марта!