

# ПРИКЛАДНАЯ ГОЛОГРАФИЯ

## Лекция 7

лектор: О.В. Андреева

# Техника голографического эксперимента



# Техника голографического эксперимента

- **Регистрация голограммы** – процесс физического взаимодействия излучения с регистрирующей средой, в результате которого пространственное распределение интенсивности в регистрируемой интерференционной картине преобразуется в соответствующее распределение каких-либо параметров среды.

Для регистрации голограммы необходимы

- **Установка**
- **Источник излучения**
- **Регистрирующая среда**

# Голографическая установка

- Комплекс устройств, источников и приемников излучения, оптико-механических узлов и элементов, предназначенный для регистрации голограмм и измерения их параметров.

Включает:

- Источник когерентного излучения
- Голографическую схему – оптическую часть установки
- Устройства защиты от вибраций и воздушных потоков

# Обеспечение механической стабильности голографической схемы



# Источник когерентного излучения

## Основные параметры

- Режим излучения (непрерывный, импульсный, импульсно-периодический)
- Длина волны излучения
- Спектральный состав излучения
- Когерентность излучения
- Поляризация излучения
- Расходимость излучения
- Стабильность параметров во времени

# Основные параметры лазеров

- Режим излучения
- Длина волны излучения
- Когерентность излучения – используют одномодовый режим (генерируется одна мода излучения, которая может содержать несколько частот) и одночастотный. Для получения голограмм применяют лазеры с высокой степенью временной когерентности (длина когерентности – десятки см).
- Поляризация излучения – для регистрации голограмм наиболее предпочтительным является линейно-поляризованное излучение, в котором колебания вектора  $E$  происходят перпендикулярно поверхности оптического стола, на котором расположена голографическая схема.
- Расходимость излучения – коллимированный пучок, в котором все лучи параллельны друг другу с высокой степенью точности, предпочтителен при создании интерференционной картины с заданными параметрами.

# Эксплуатационные характеристики

- Мощность излучения
- Стабильность параметров излучения
- Габариты
- Ресурс
- Потребляемая мощность
- Необходимость дополнительного энерго- и водо-обеспечения
- Влияние на окружающую среду



# Лазеры, используемые при выполнении лабораторных работ по голографии

## ***Запись изобразительных голограмм***

- Газовый лазер на основе смеси газов гелия и неона – 632,8 нм
- Полупроводниковый лазер KLM-650 – 655 нм

## ***Запись голограммных элементов***

- Газовый лазер (ионный) на основе газа аргона – 488 нм

## ***Измерение параметров***

- Полупроводниковый лазер KLM-650 – 655 нм

# Характеристики излучения- спектральный состав

- Спектр полосы усиления (ширина спектральной линии)
- Спектр частот собственных мод резонатора
- Спектр генерации лазера

*Одномодовый лазер работает в режиме генерации отдельной продольной моды*

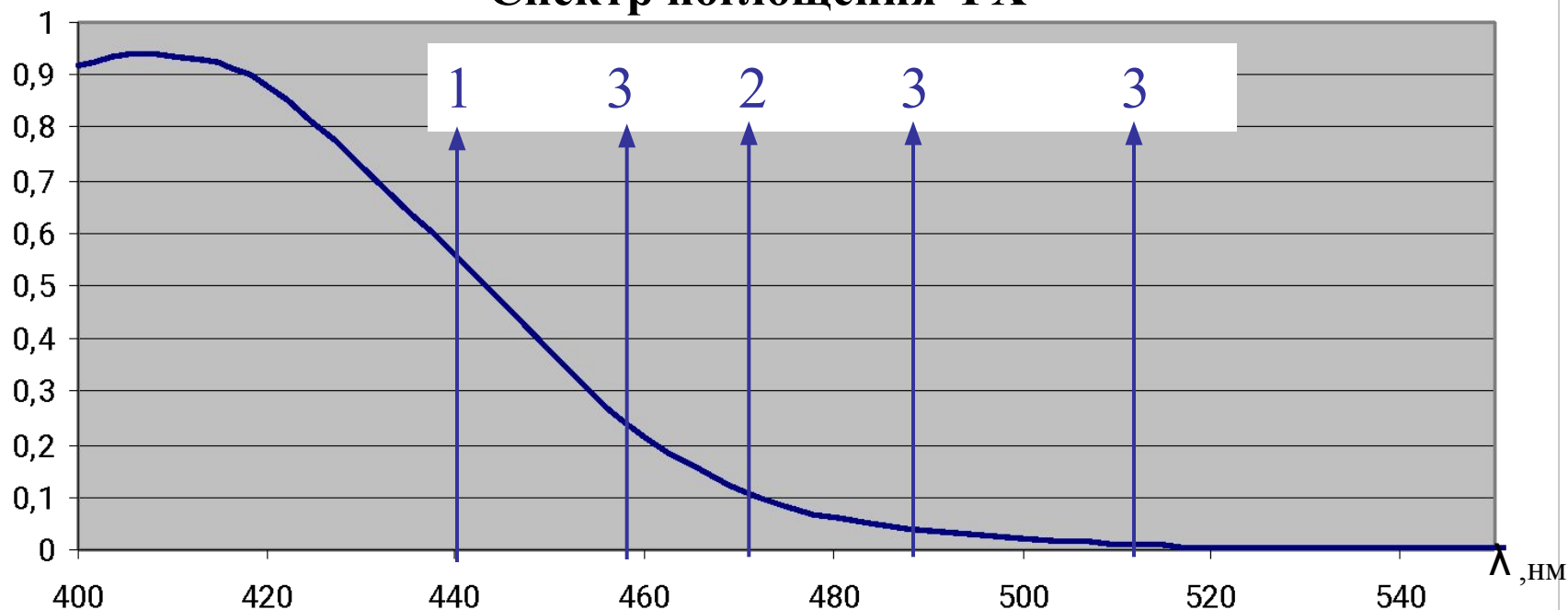
# Источники излучения

для работы с материалом на основе фенантренхинона (ФХ)

## Лазеры

№	$\lambda$	Рабочее тело	Источник накачки
1	440 нм	Гелий-Кадмиевый лазер	Электрический разряд в смеси паров
2	473 нм	Твердотельный лазер	Диод
3	458 нм, 488 нм, 514 нм	Аргоновый лазер	Электрический разряд

## Спектр поглощения ФХ



Голографическая схема –

ОСНОВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ



# Голографическая схема

Состоит из узлов и элементов, размещаемых на жестком основании (плите):

Источник излучения

**Устройство деления пучка**

Затворы

Устройства фильтрации лазерных пучков

Поворотные зеркала и призмы

Расширители пучков

Диффузоры

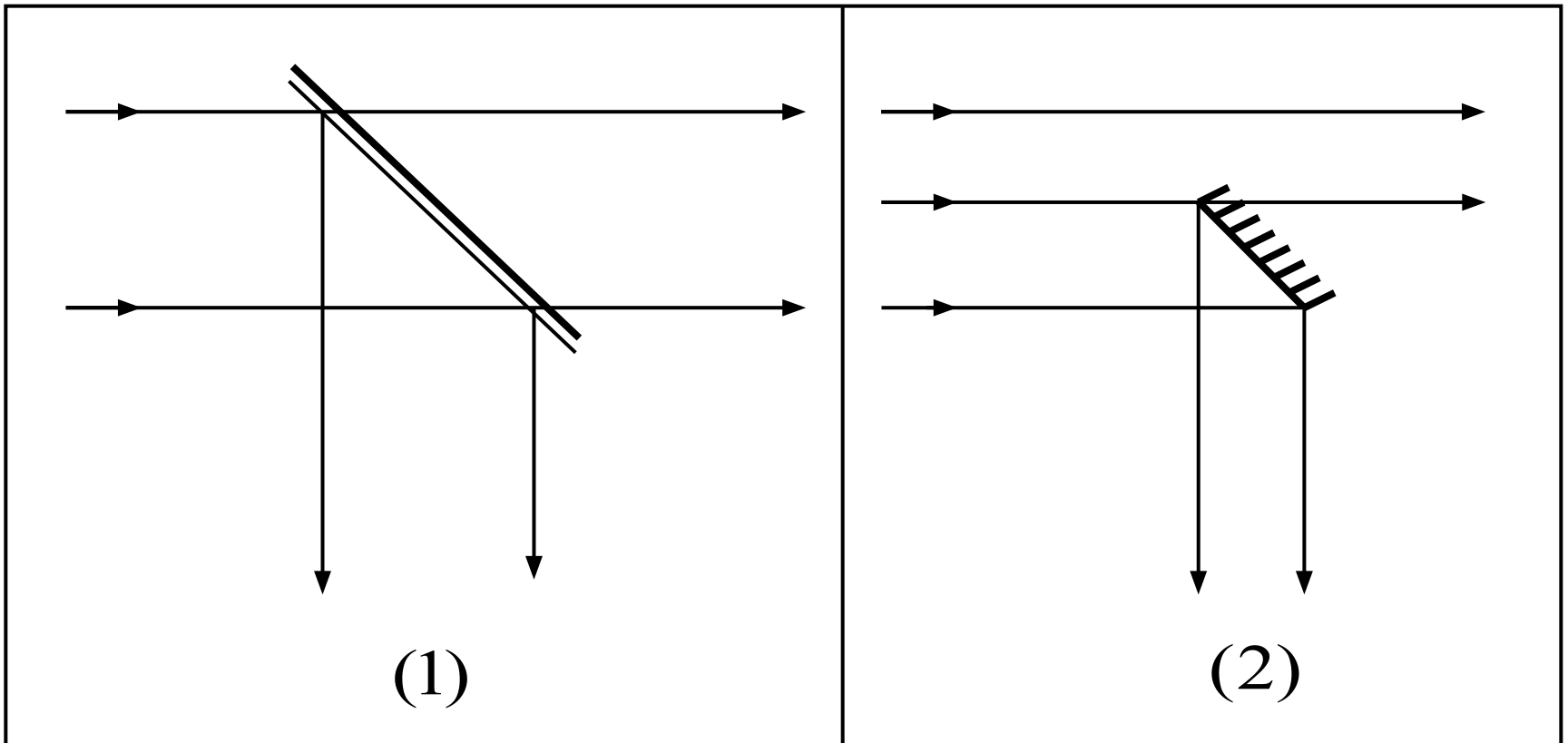
Узлы крепления объектов

Узлы крепления регистрирующей среды

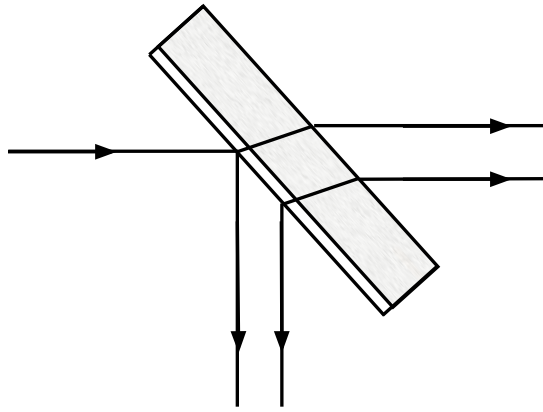
# Устройство деления пучка (Beamsplitter)

- По волновому фронту – призмы, зеркала
- По амплитуде – полупрозрачные зеркала, светоделительные кубики, поляризационные устройства, объемная голограмма-решетка

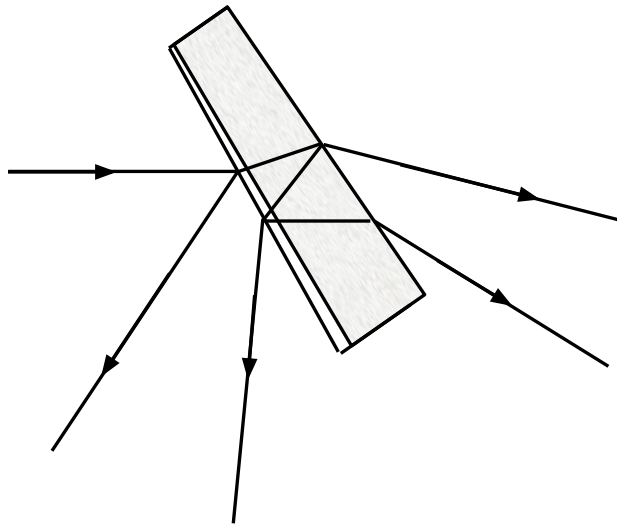
Деление лазерного пучка  
(после расширения пучка) – по амплитуде (1),  
по волновому фронту (2)



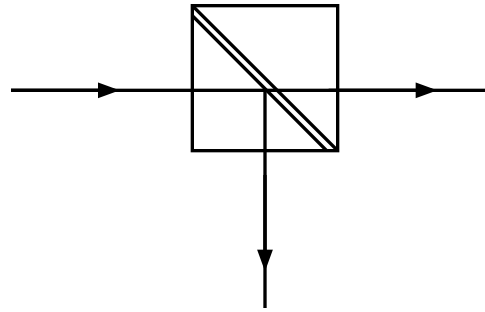
# Устройства для амплитудного деления пучков



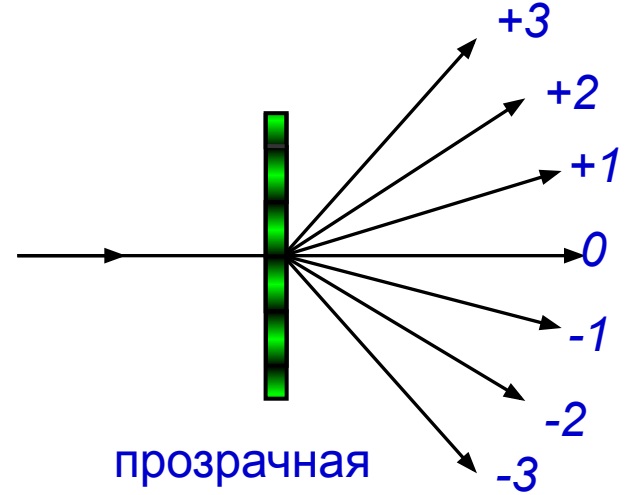
полупрозрачное  
зеркало



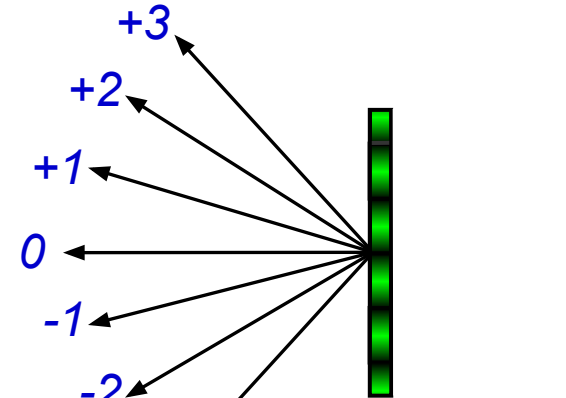
КЛИН



светоделительный  
кубик



прозрачная  
решетка



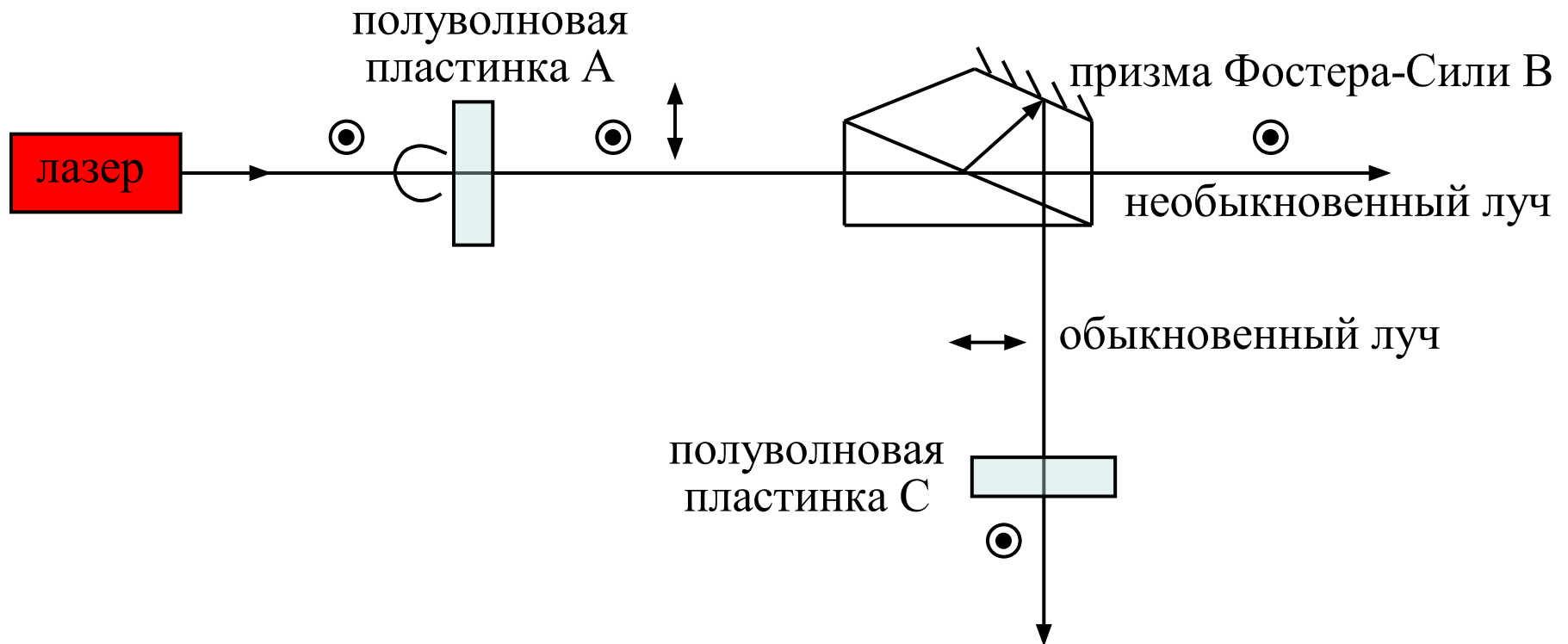
отражательная  
решетка



# Светоделительный кубик обеспечивает

- Снижение потерь на отражение за счет перпендикулярного падения пучка на поверхность
- Устойчивость к повреждениям
- Неизменность угла между пучками (90град)
- Неизменность соотношения пучков по интенсивности

# Поляризационный делитель

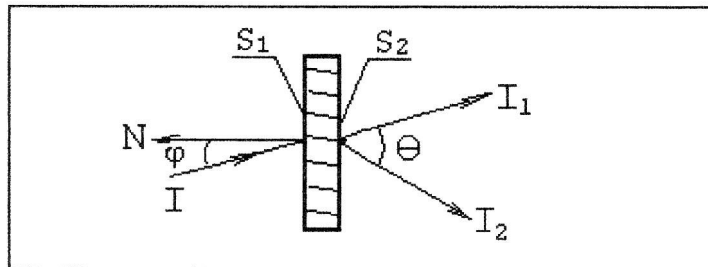


# Малоугловой делитель лазерного пучка по амплитуде на основе объемной голограммы-решетки

**ОПТИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ** для получения двух когерентных пучков в голографических и интерферометрических схемах.

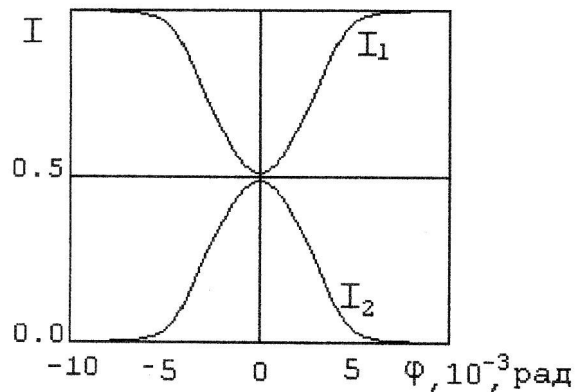
**ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ:**

- малый угол между когерентными пучками ( $< 90^\circ$ )
- низкие потери ( $< 1\%$ )



## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ

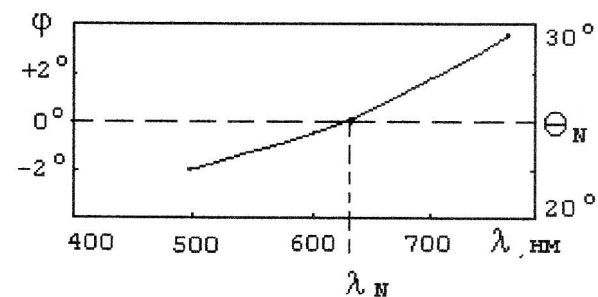
в пучках  $I_1$  и  $I_2$



## РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ

Обозначение	Опытный образец	Допустимый интервал при изготовлении
Длина волны, $\lambda_N$ , нм (для $\Phi=0$ )	633 нм	(450-1000) нм
Угол между пучками, $\Theta_N$ (для $\Phi=0$ и $\lambda_N$ )	$25^\circ$	$5^\circ - 90^\circ$
Угол падения пучка на делитель, $\Phi_{\text{раб}}$	$0^\circ$	$0^\circ - 45^\circ$
Соотношение пучков по интенсивности, $I_1 : I_2$	50:50	от 50:50 до 5:95

## ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ



- Изменения  $\lambda$  и  $\Theta$  при  $\Phi \neq 0$

# Малоугловой делитель лазерного пучка по амплитуде на основе объемной голограммы-решетки

## *Преимущества:*

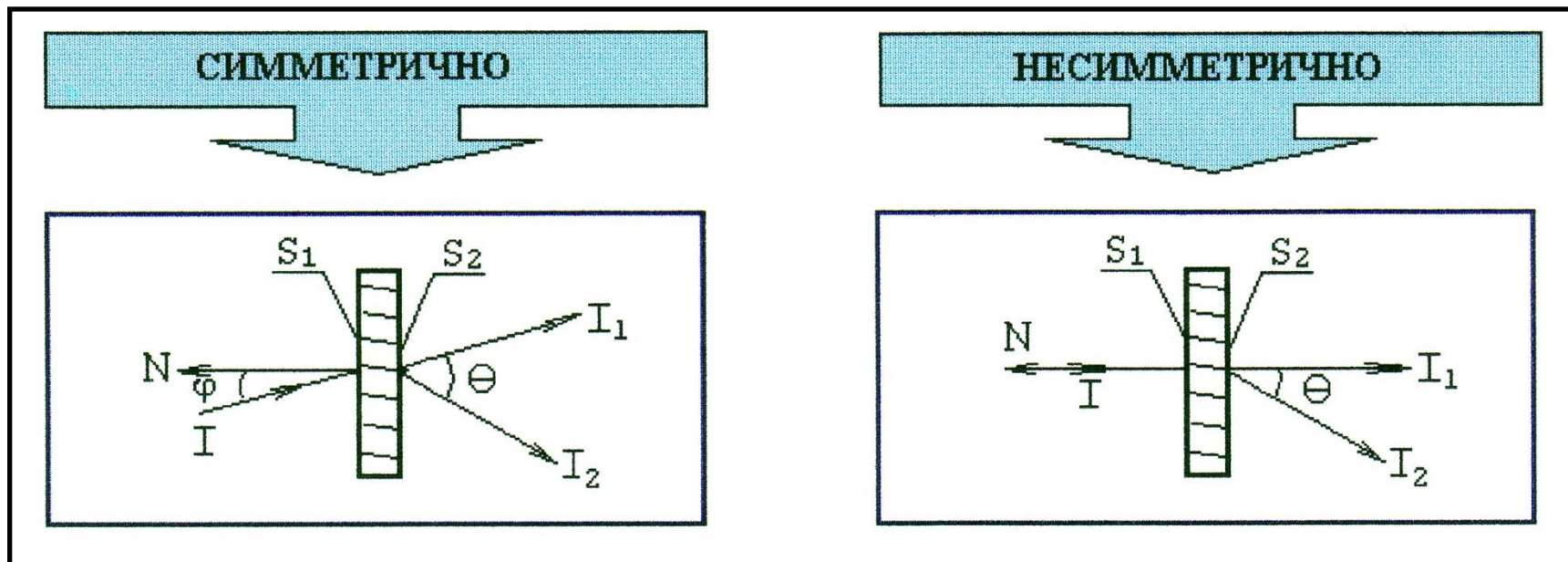
- возможность получения двух когерентных пучков с нулевой разностью хода
- при угле между пучками может иметь заранее заданную величину, причем довольно незначительную, в отличие от устройств на основе кубиков, полупрозрачных зеркал и др.

## *Недостатки:*

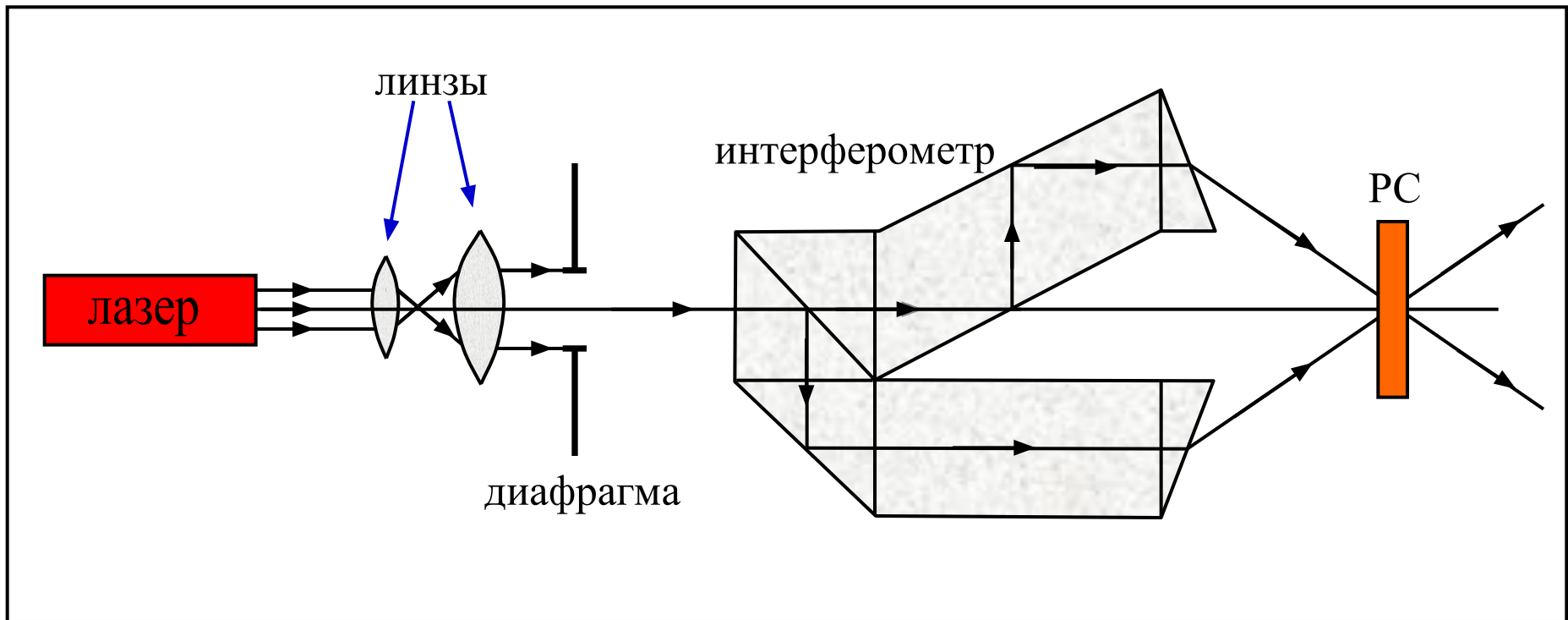
- требует определенной точности установки элемента в оптической схеме,
- Спектральный состав двух пучков может различаться, если угловая селективность используемой голограммы меньше пространственного спектра разделяемого излучения.

# Малоугловой делитель лазерного пучка по амплитуде на основе объемной голограммы-решетки

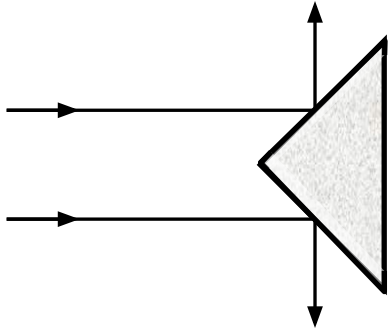
Расположение пучков относительно образца



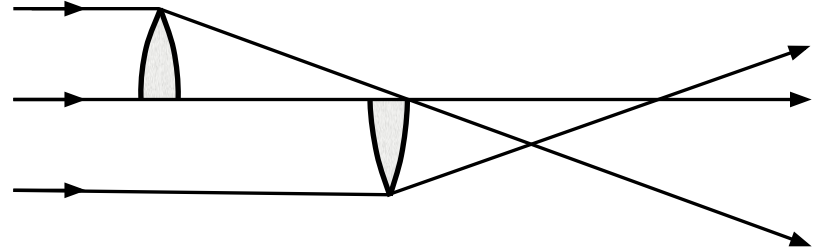
# Схема записи голографических решеток с призменным интерферометром (деление пучка по амплитуде)



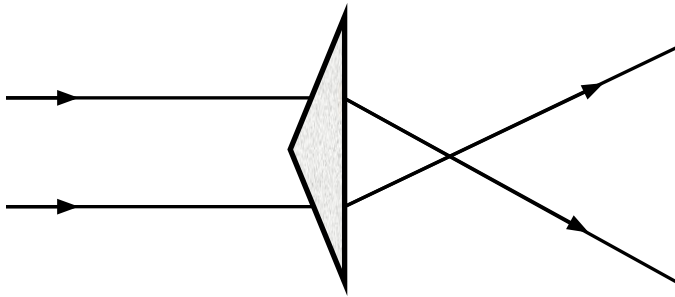
# Устройства для деления фронта СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ



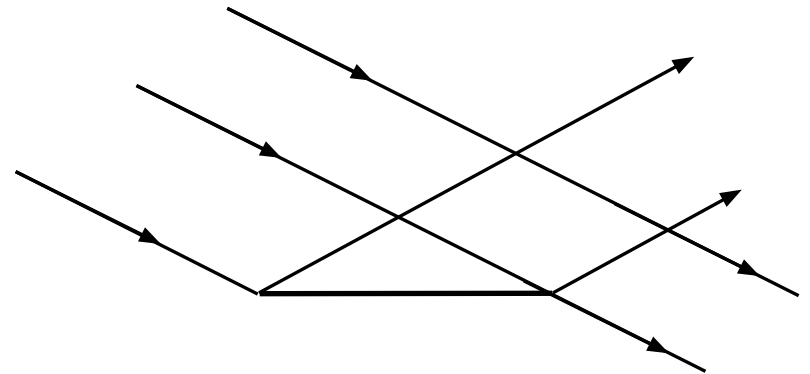
призма с наружным  
отражающим слоем



билинза

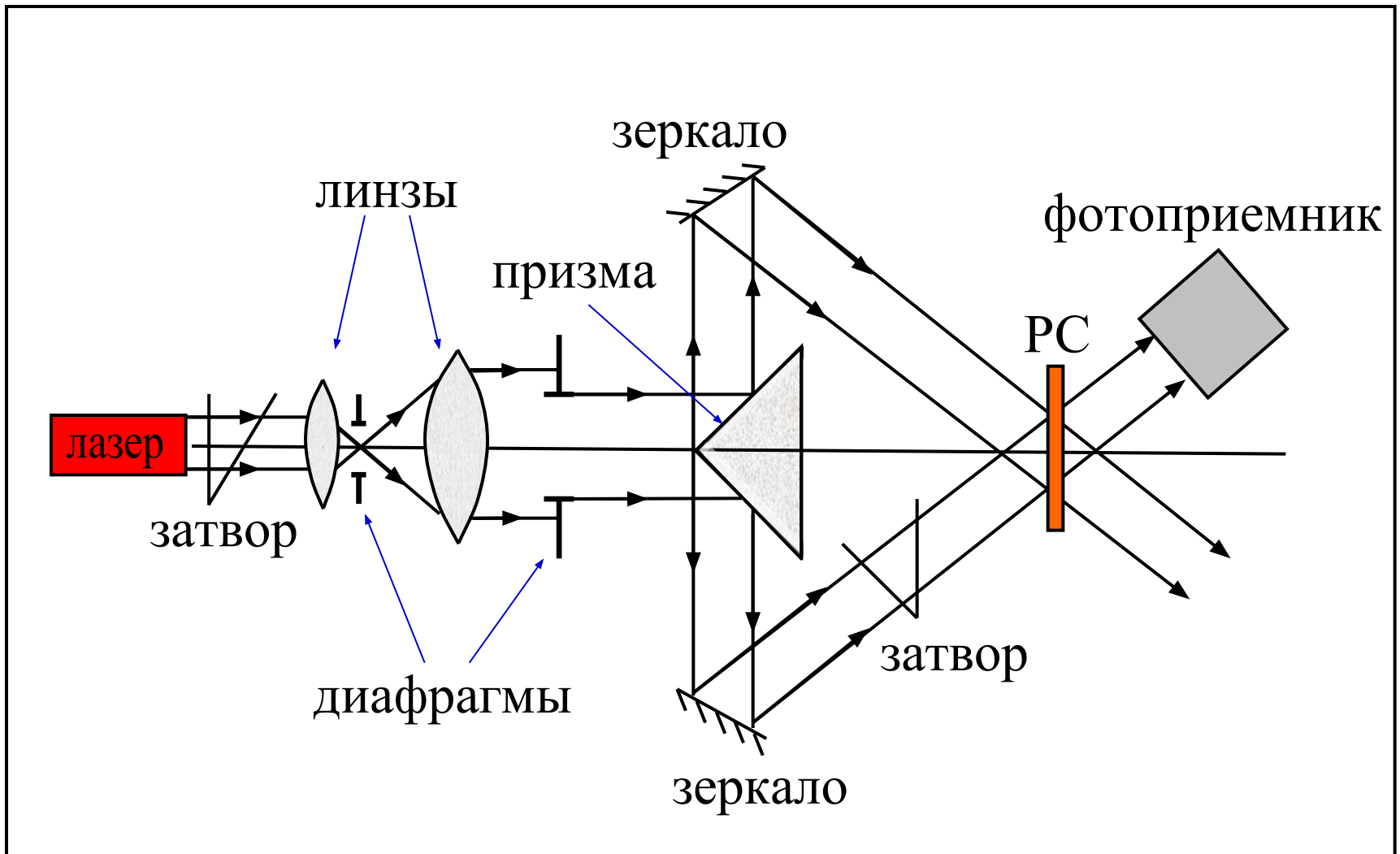


бипризма



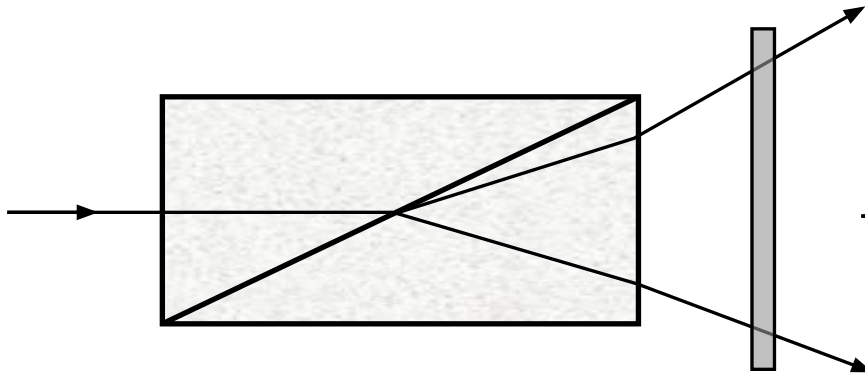
Зеркало Ллойда

# Схема записи голограмм-решеток с прямоугольной призмой (деление пучка по волновому фронту)

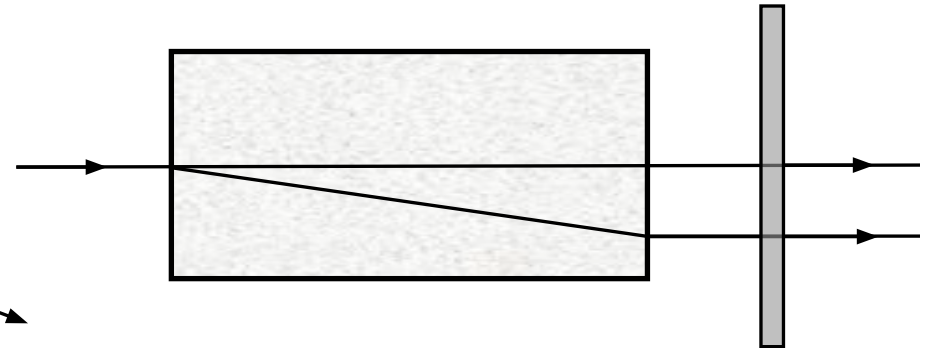




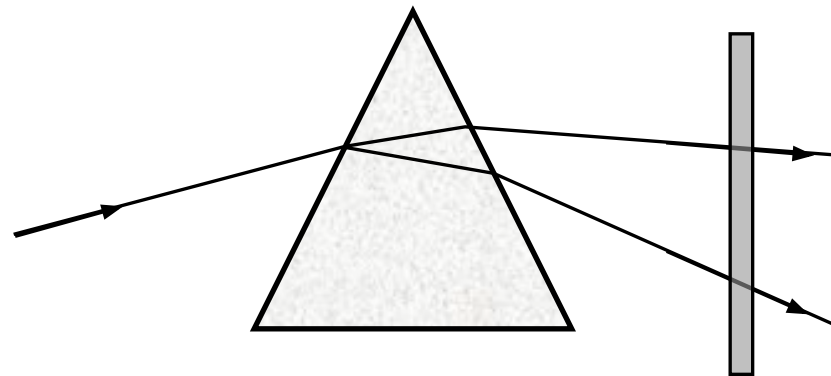
# Поляризационные устройства для амплитудного деления световых пучков



призма Волластона  
(возможно применение также  
призм Рошона и Сенармона)



кальцитовая пластина

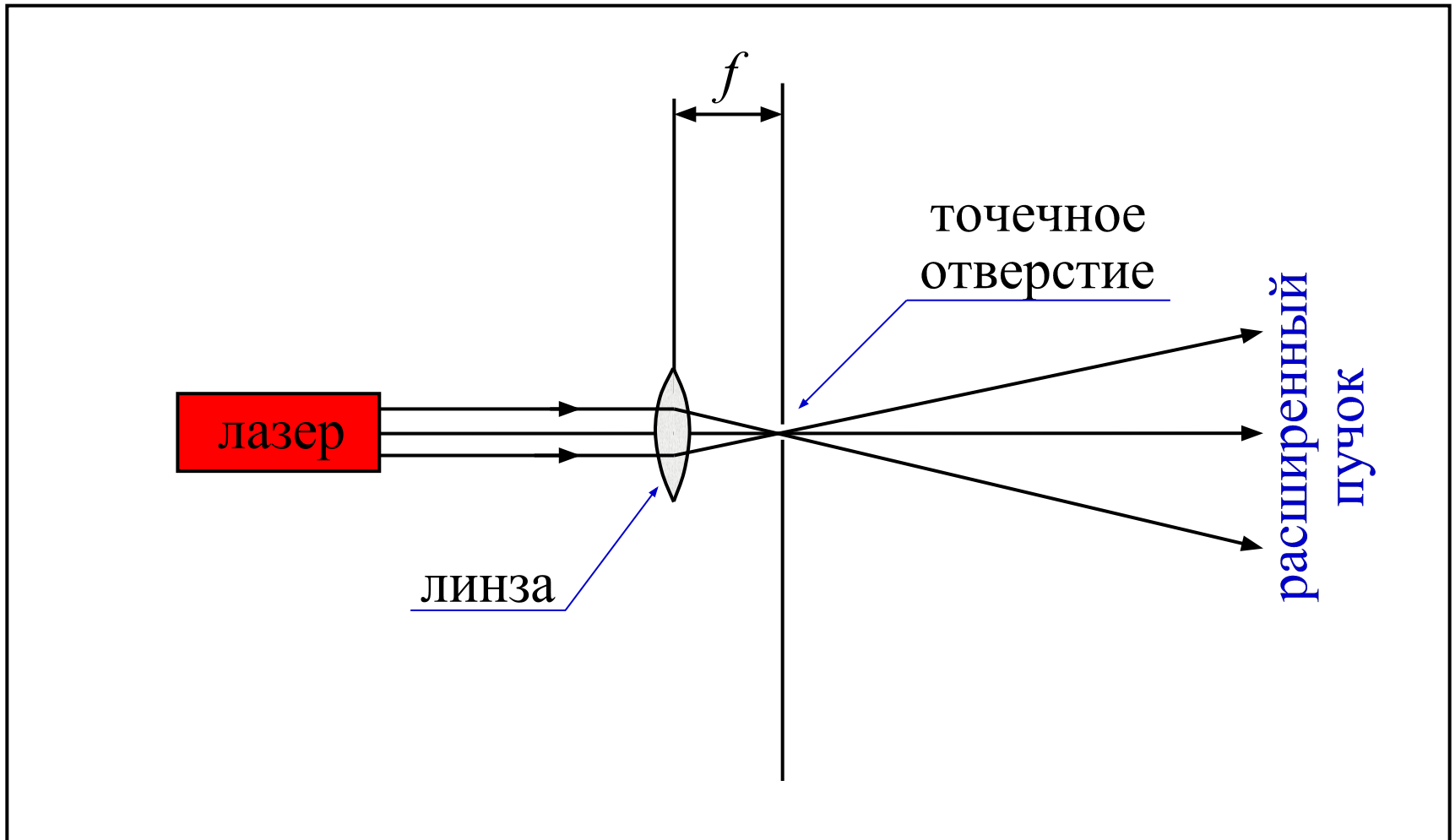


кальцитовая призма

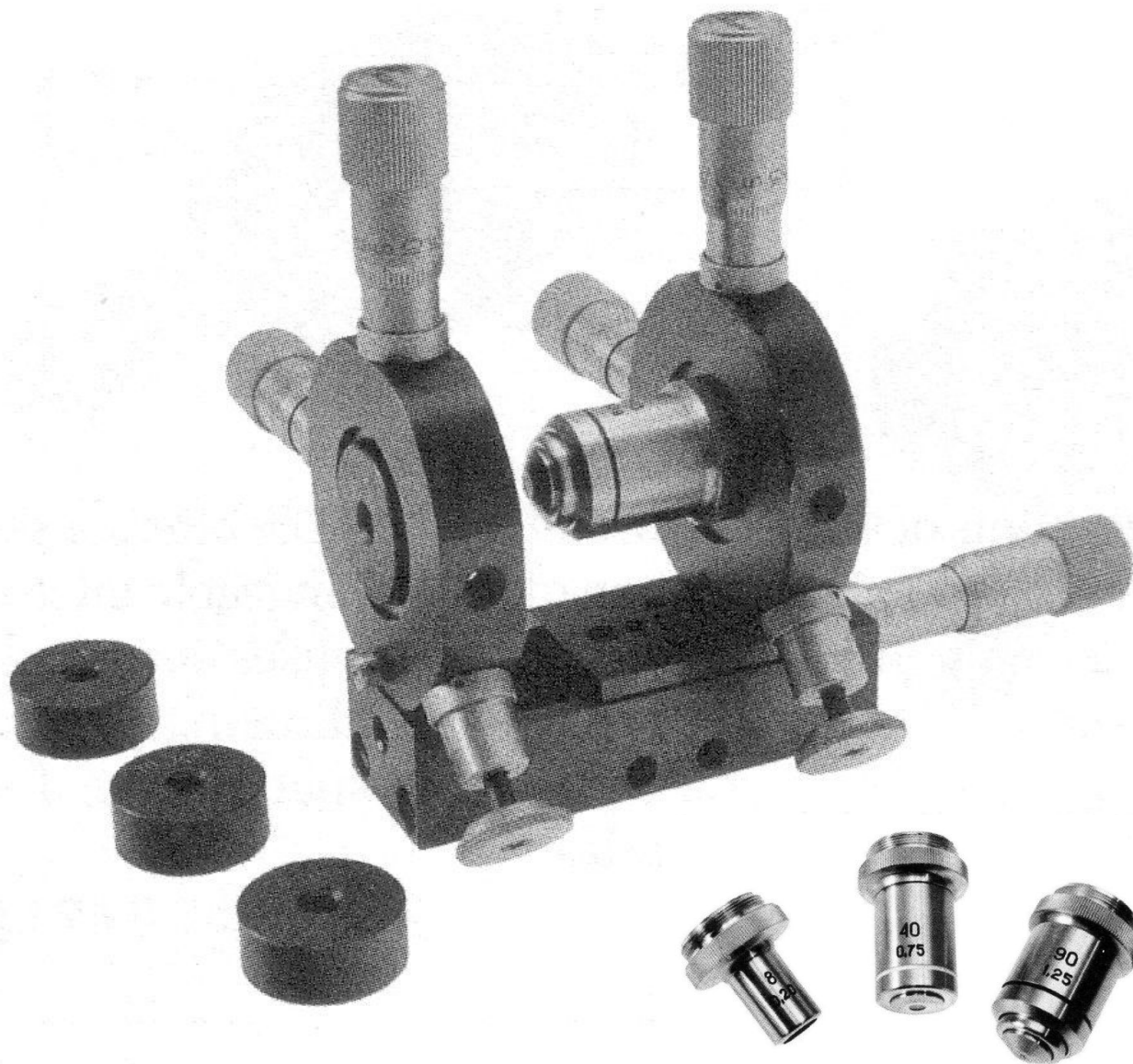
# Расширение лазерного пучка в голографических схемах



# Расширение пучка



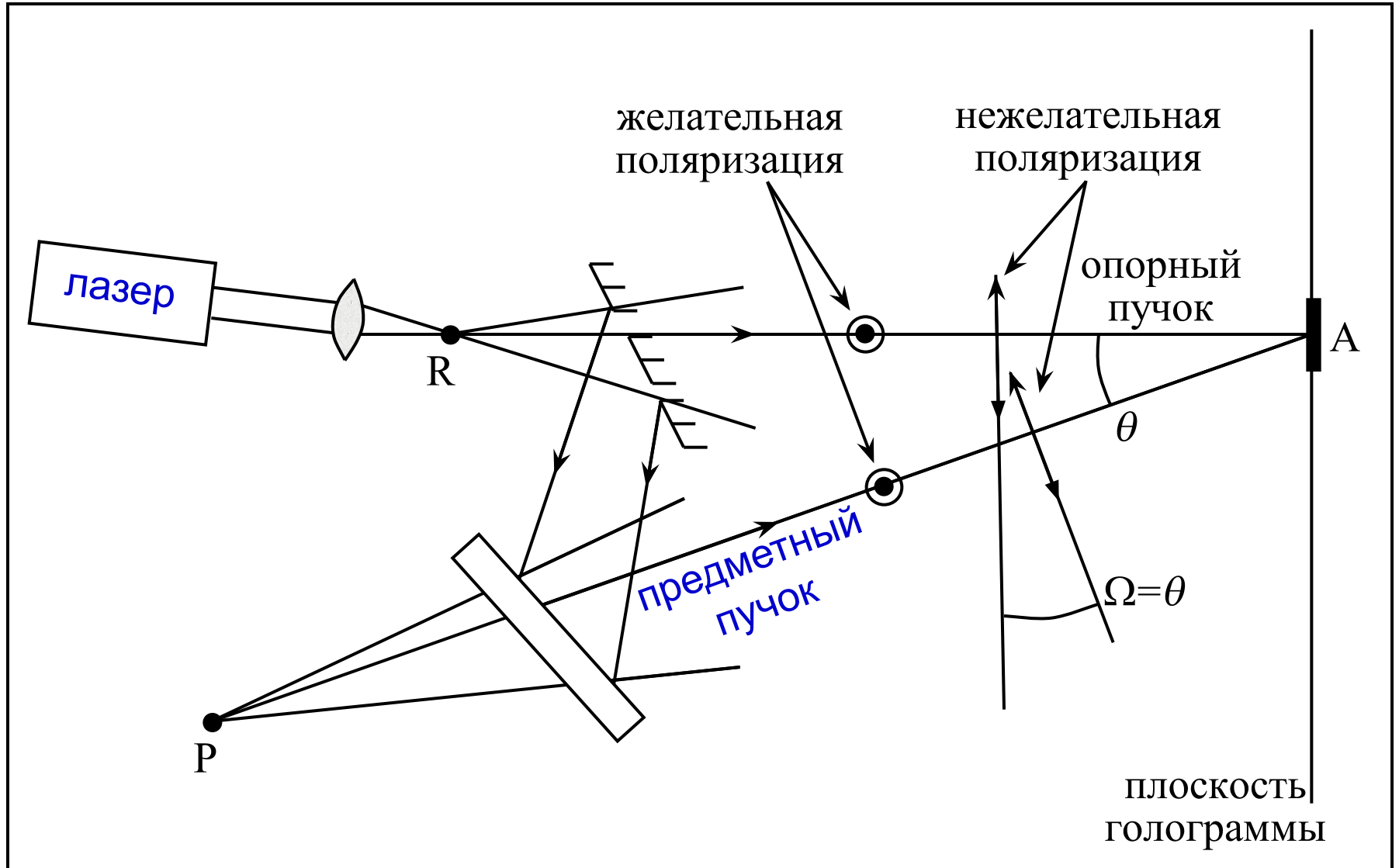
# Устройство для «чистки» лазерного пучка – фильтрации лазерного излучения



# Поляризация лазерного пучка и элементы для изменения направления поляризации



# Желательное и нежелательное направления поляризации



# Виды поляризации — характеристика направления колебаний электрического вектора

- Полностью или частично поляризованное излучение
- Линейно-поляризованное излучение
- Циркулярно-поляризованное излучение: правокруговая и левокруговая составляющие
- Эллиптически-поляризованное излучение
- *Основные типы поляризации света: линейная; круговая и эллиптическая*

# Разность фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами

- $\Delta = (2\pi T/\lambda)(n_o - n_e)$
- $T$  – толщина фазовой пластинки
- $\lambda$  – длина волны в вакууме

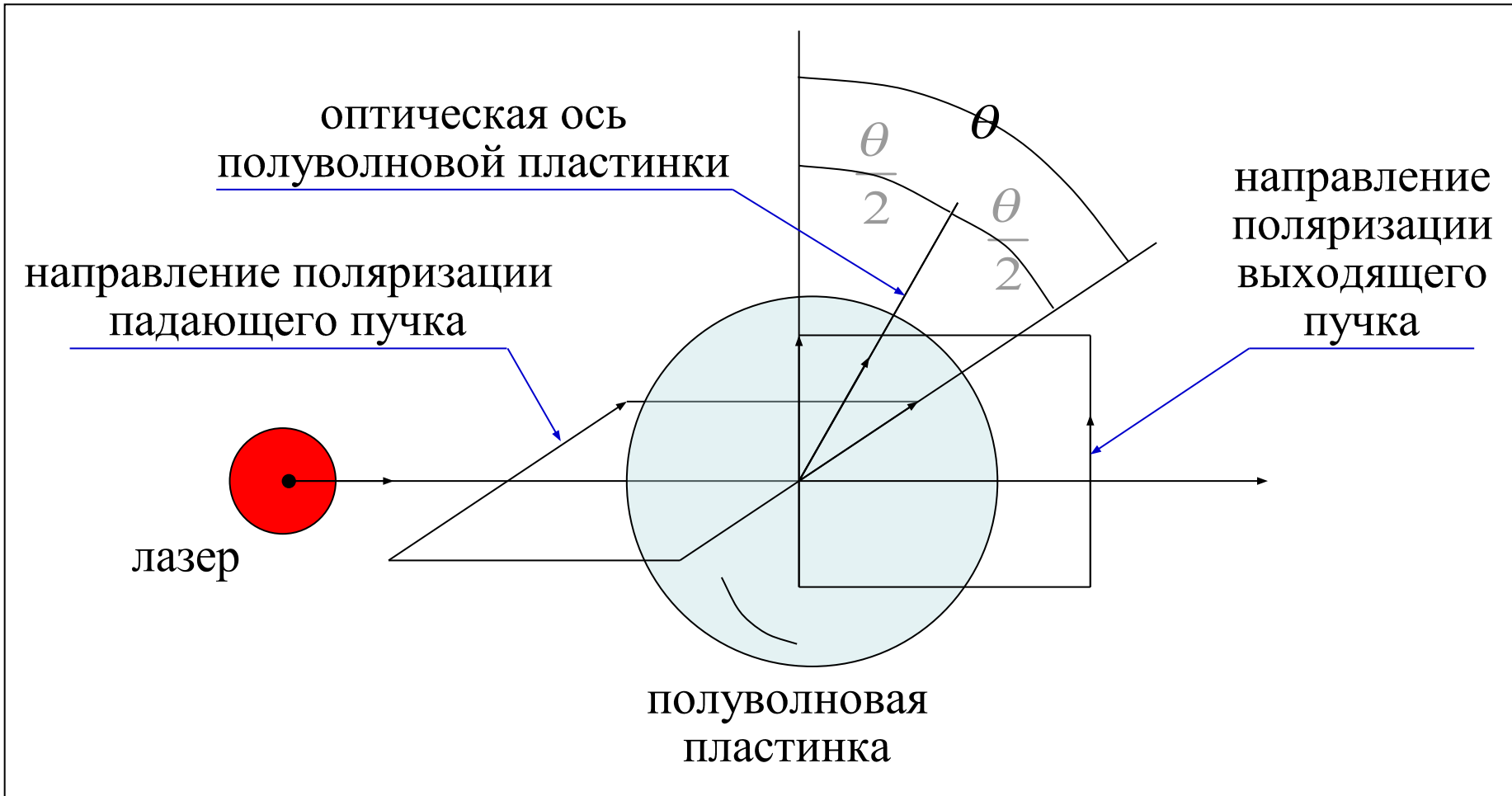
$(n_o - n_e)$  – разница показателей преломления

При  $\Delta = \pi$  обеспечивается изменение направления  
линейной поляризации

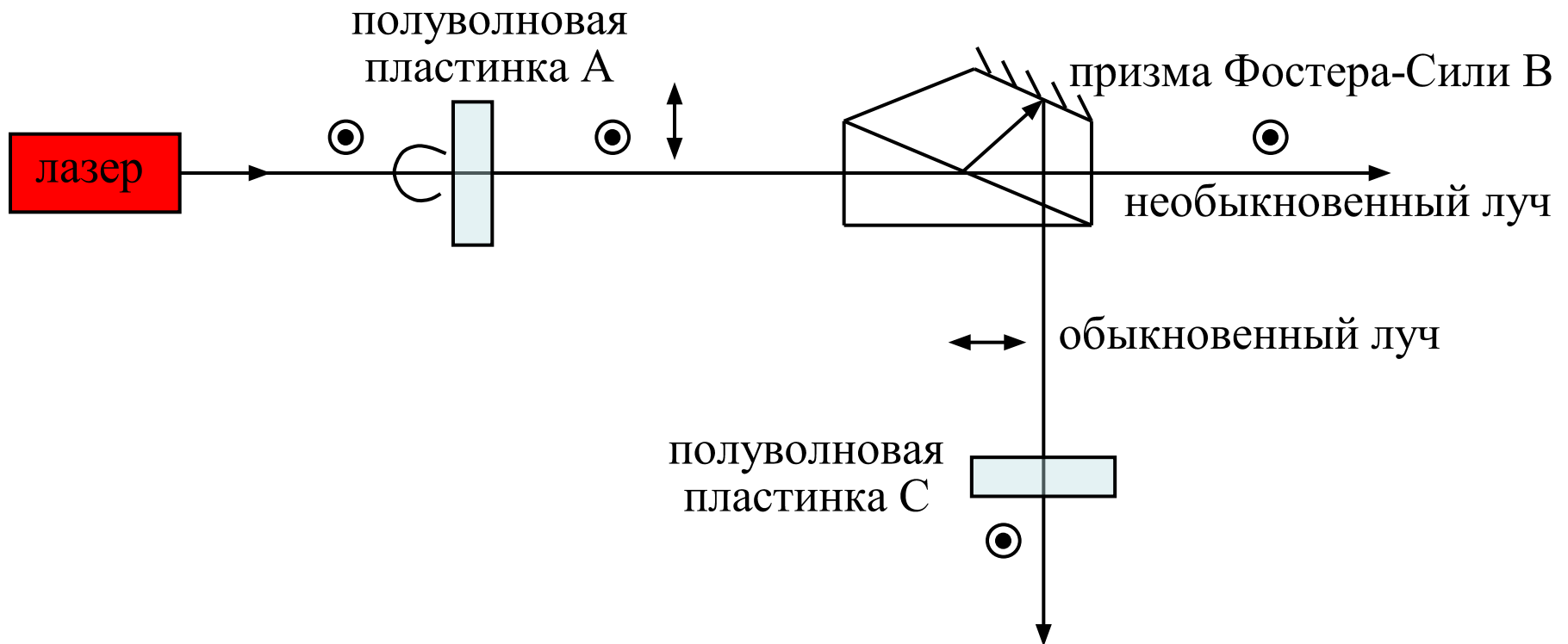
$T(n_o - n_e) = \lambda/2$      ***полуволновая пластинка***



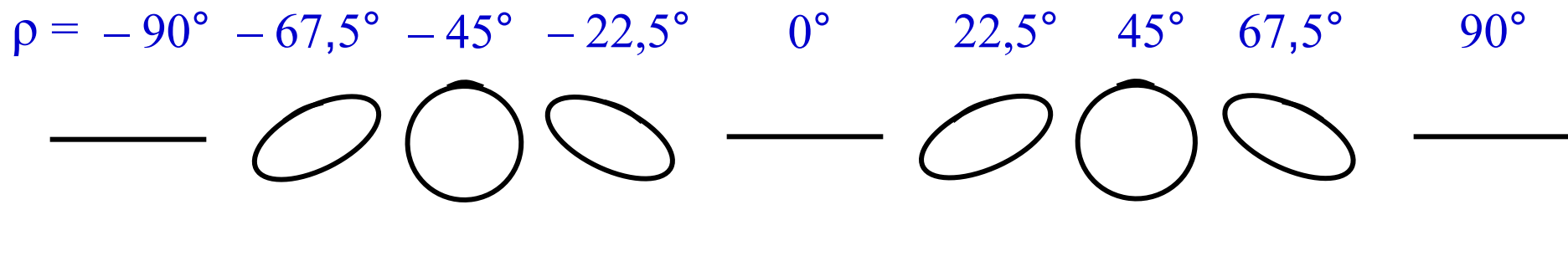
# Изменение направления вектора поляризации с помощью полуволновой пластинки



# Поляризаторный делитель



**Формы эллиптической поляризации, возникающие при наличии на пути линейно поляризованного света линейной фазовой  $90^\circ$ -пластинки с различными азимутами  $\rho$  оси наибольшей скорости**



# Изменение направления вектора поляризации лазерного пучка

- с помощью фазовой пластинки (двулучепреломление)
- с помощью двух прямоугольных призм
- ???

# Прямоугольная призма–многофункциональный элемент голографической схемы

