Лекция 18

Оптические измерения

Темы лекции

Многолучевые интерферометры. Интерферометры сдвига.

Назначение

Контроль коэффициента преломления и неоднородности коэффициента преломления газов

Измерения в аэродинамической трубе

Анализ газов

Контроль напряжений в прозрачных моделях

Использование как узкополосных фильтров

Спектроскопия высокой разрешающей способности

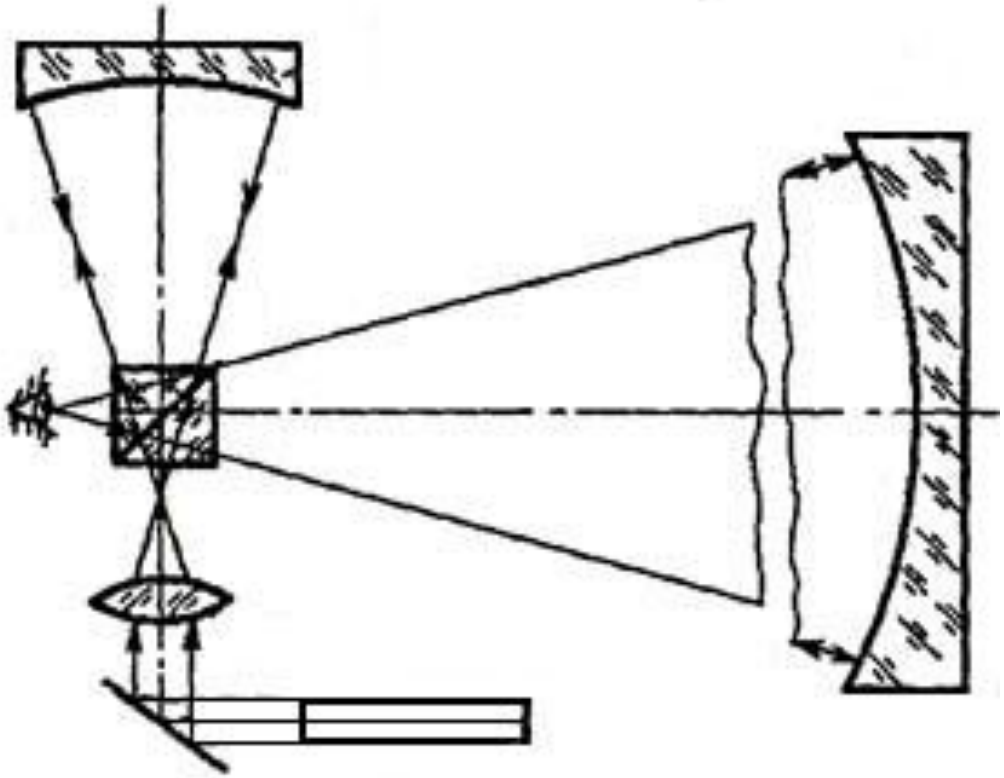
Особенности

- Коэффициент преломления газов совсем немного отличается от единицы
- Поэтому многократный проход среды
- И очень большая разность хода
- Или сравнение пучка с самим собой, но сдвинутым

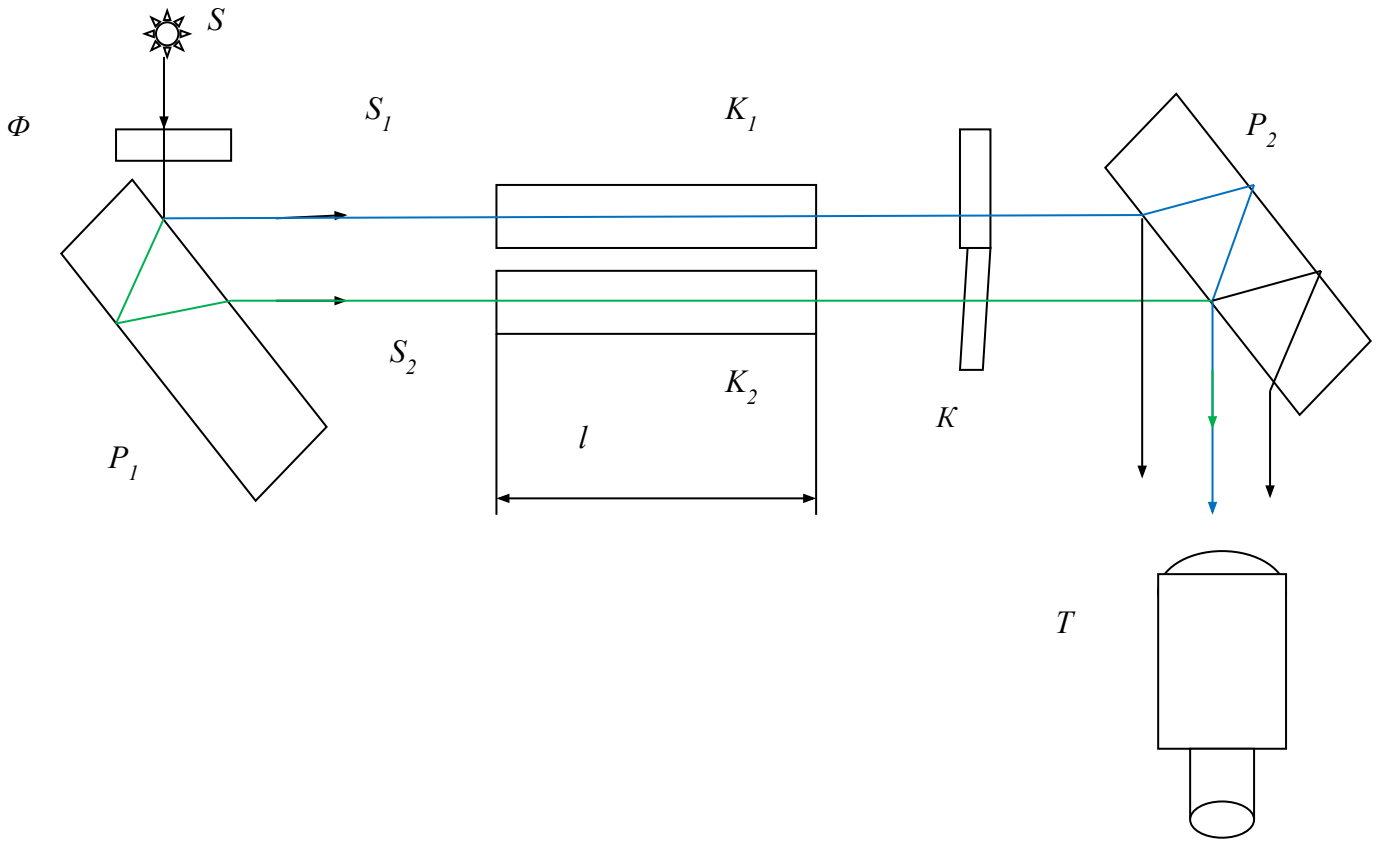
Практическое значение

- Определение состава и давления газов по коэффициенту преломления и коэффициенту дисперсии
- Открытие аномальной дисперсии
- Зависимость коэффициента преломления от температуры
- Исследование горячих газов, распределения температуры в газовой струе

Классический неравноплечий интерферометр (упрощенно)

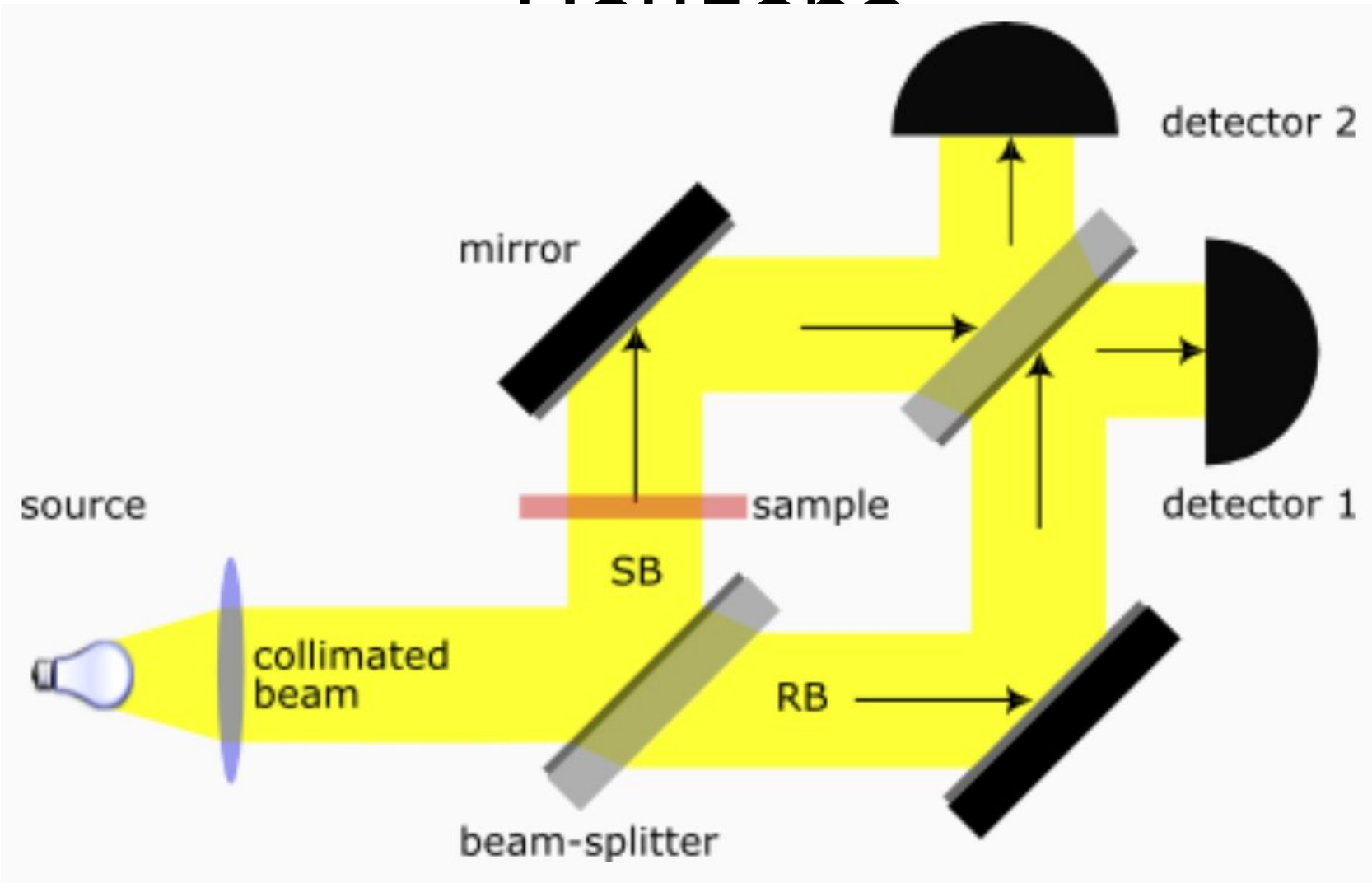


Интерференционный рефрактометр Жамена



$$\Delta n = n_2 - n_1 = \frac{m\lambda}{\ell}.$$

Интерферометр Маха-Цендера



Интерферометр Релея

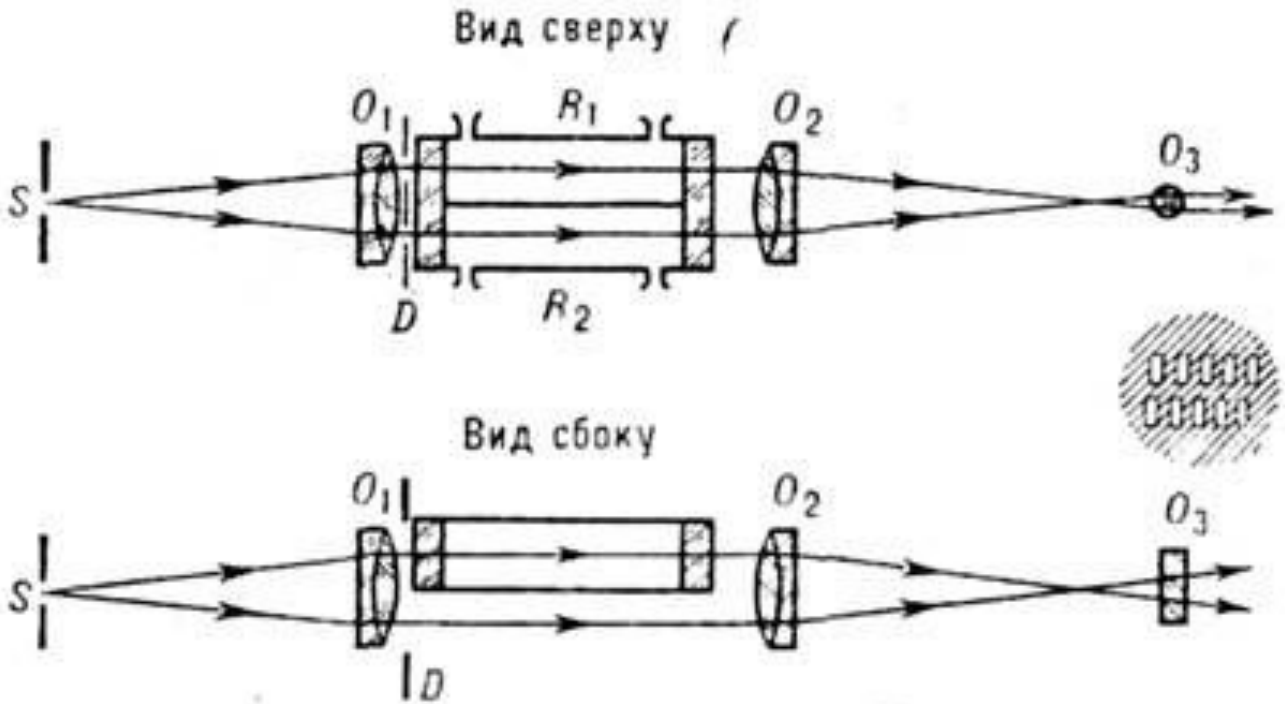


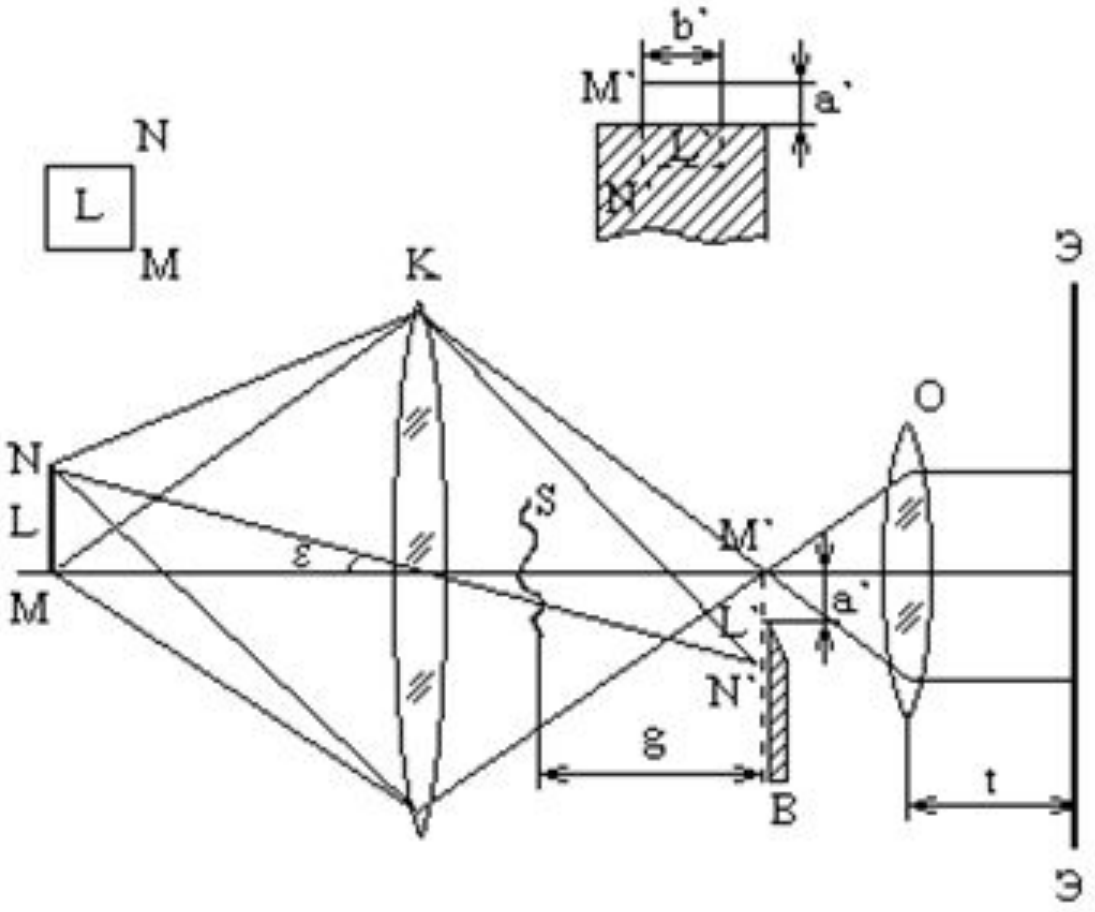
Схема интерферометра Рэлея.

$$n' = n + \frac{\lambda_0}{\ell}\Delta m,$$

Многопроходный интерферометр

- Используется ячейка для газа, через которую свет проходит несколько (до 1024) раз с помощью двух параллельных зеркал

Шлирен-метод



Интерферометр сдвига (поляризационный)

- Сравнение всего поля с частью

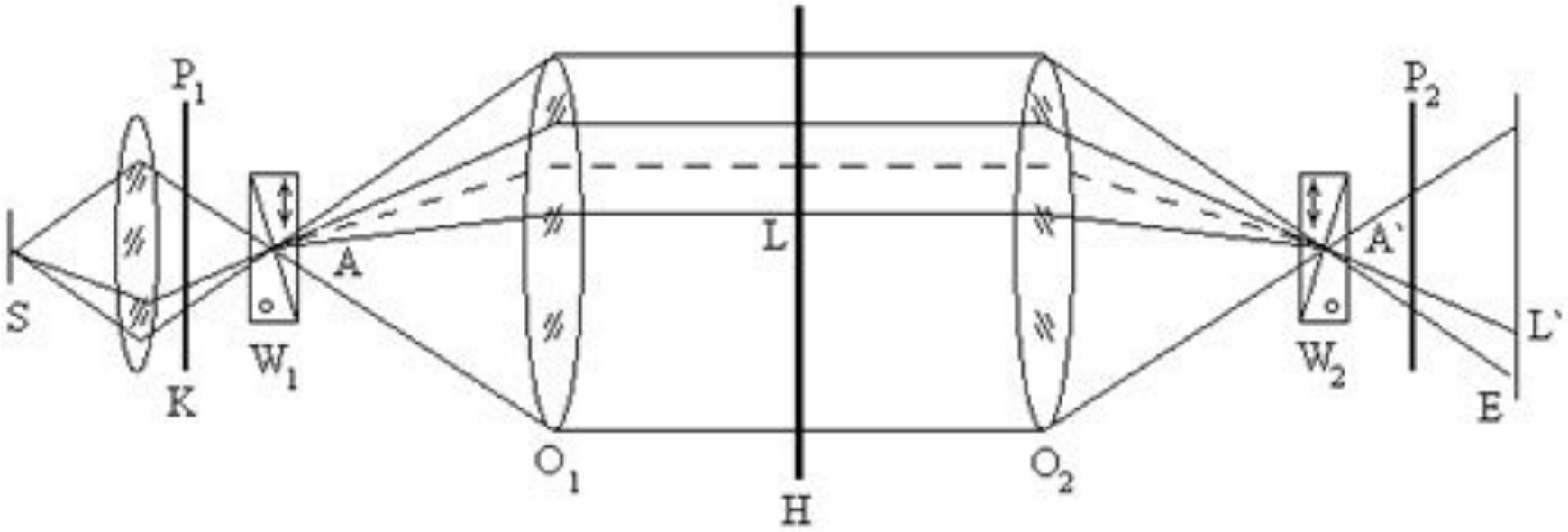
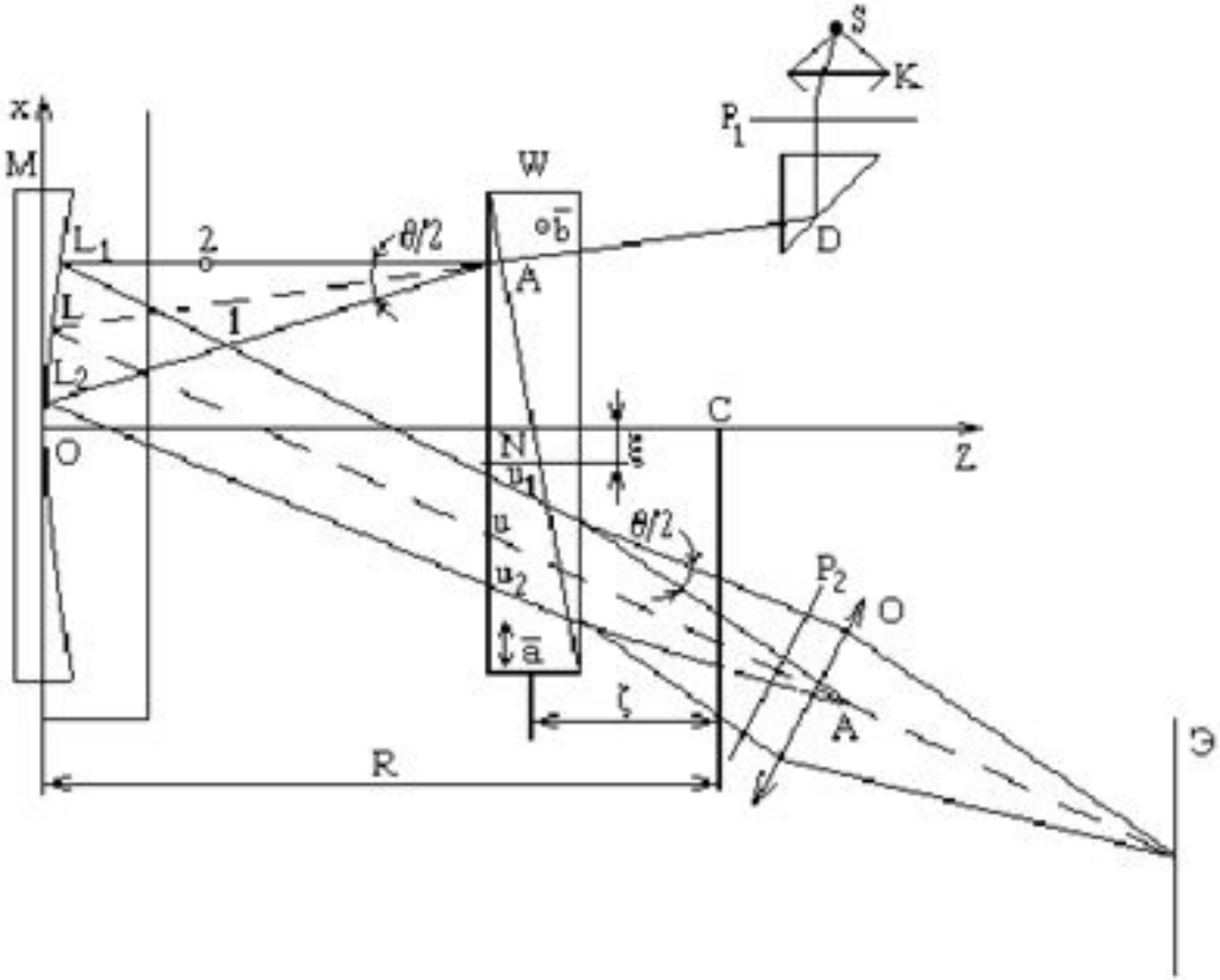


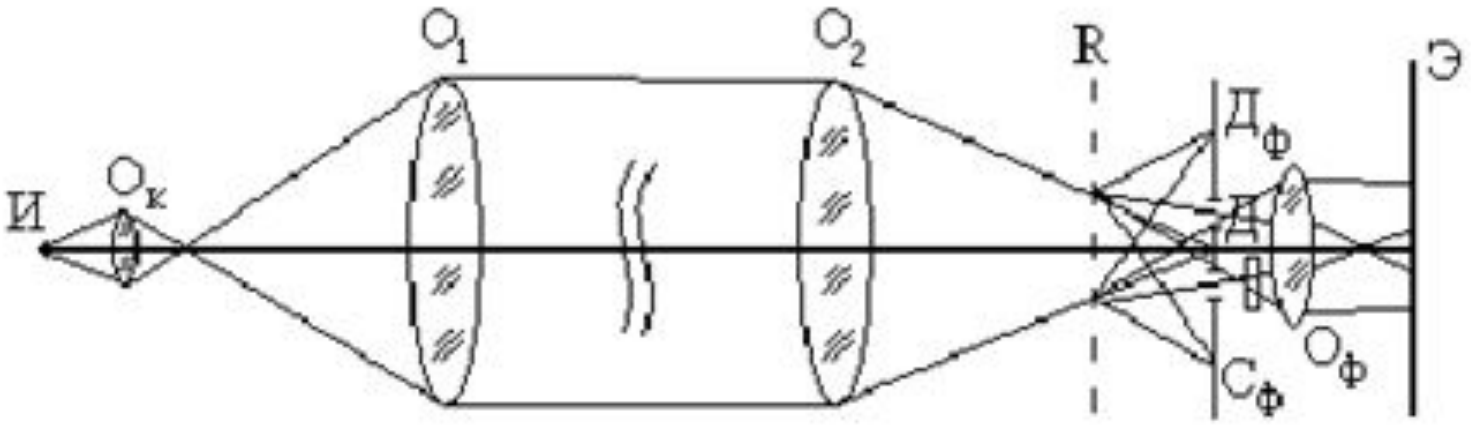
Рис. 4.1. Поляризационный интерферометр сдвига

Автокомпенсационный интерферометр



Интерферометр с дифракционной решеткой

- Решетка делит свет на несколько частей



Вид интерферограмм

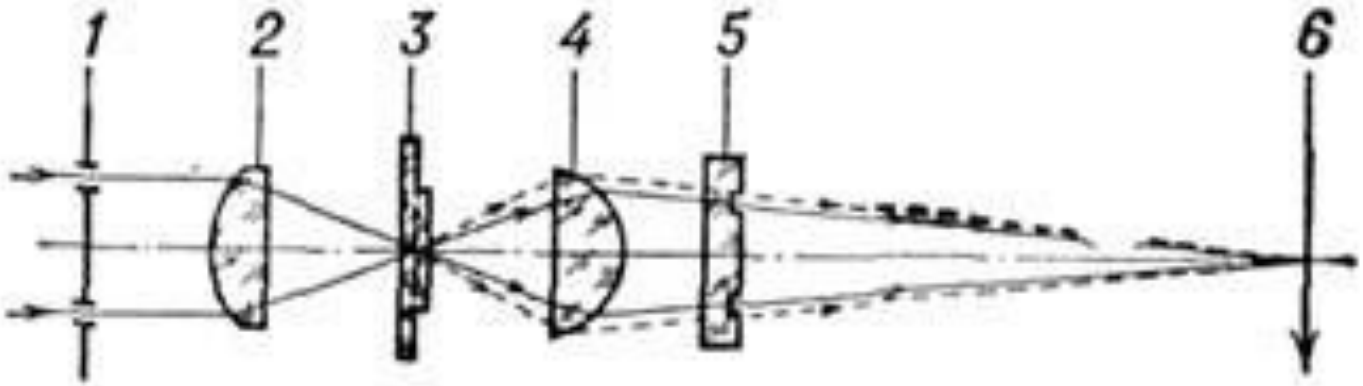
- Выделяются неоднородности

а)

б)

Фазово-контрастная микроскопия

- сдвиг фаз электромагнитной волны трансформируется в контраст интенсивности
- свет от источника разбивается на два когерентных световых луча, один из них называют опорным, другой предметным, которые проходят разные оптические пути. Микроскоп юстируют таким образом, чтобы в фокальной плоскости, где формируется изображение, интерференция между этими двумя лучами гасила бы их
- популярна в биологии, поскольку не требует предварительного окрашивания клетки, из-за которого та может погибнуть



Метод фазового контраста в проходящем свете: 1 - апертурная диафрагма; 2 - конденсор; 3 - препарат; 4 - объектив; 5 - фазовая пластинка; 6 - изображение.

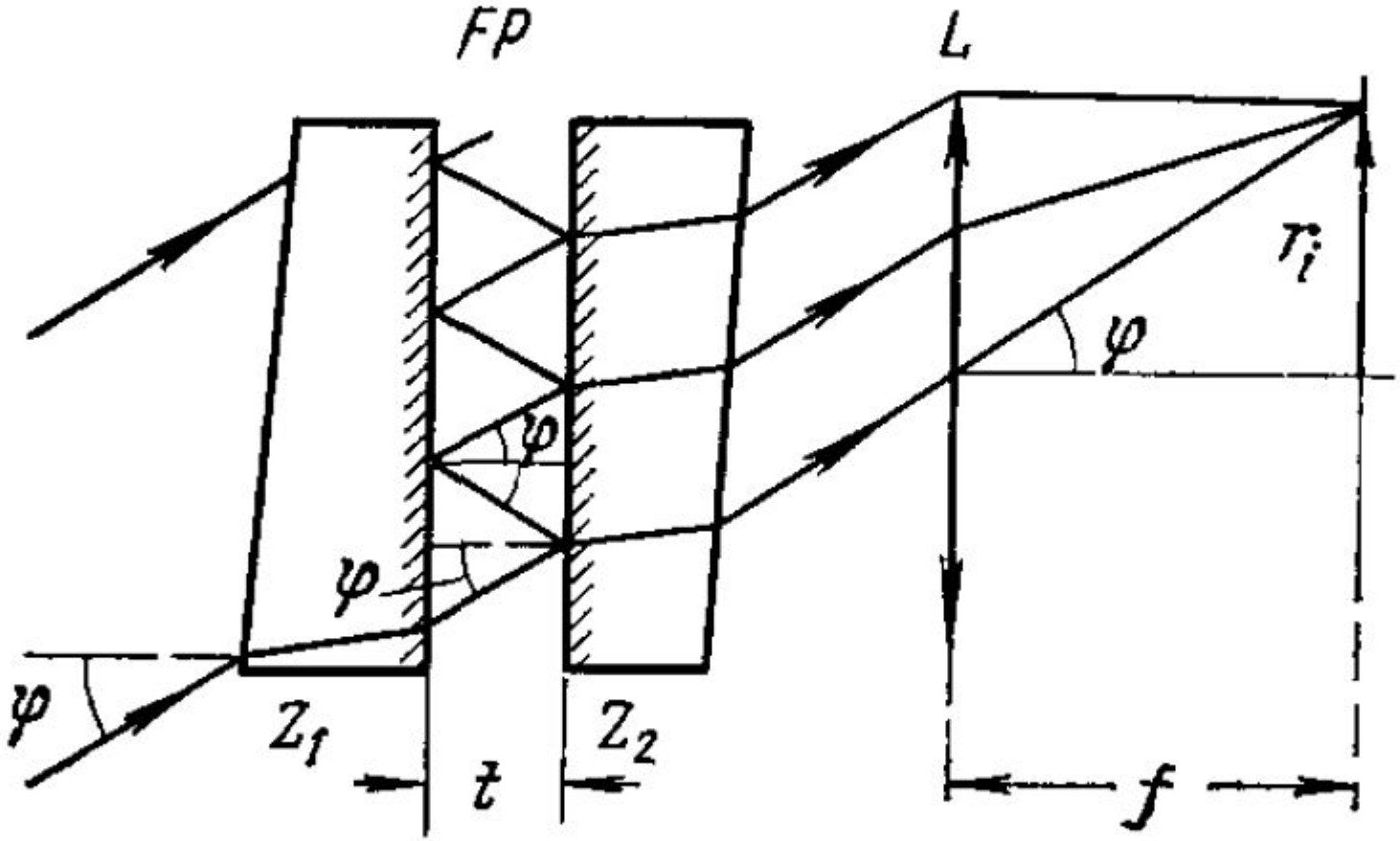
в заднем фокусе объектива помещается прозрачная пластинка 5 с фазовым кольцом, размеры к-рого равны размерам изображения диафрагмы. Фазовое кольцо представляет собой вытравленную в пластинке канавку или нанесённую на неё тонкую плёнку. Регулярный свет, прошедший через фазовое кольцо, сдвигается по фазе на π/2 (сплошные линии), а свет, дифрагировавший на объекте, не попадает в кольцо и не получает этого дополнит, сдвига по фазе (пунктирные линии). С учётом фазового сдвига, внесённого самим объектом, разность фаз между регулярной и дифрагировавшей волнами оказывается близкой к 0 или π, и эти волны интерферируют. В результате в плоскости 6 формируется контрастное изображение объекта, в к-ром распределение освещённости приблизительно соответствует изменению показателя преломления (или толщины объекта).

- 1. положительный фазовый контраст, когда фазовое кольцо в объективе технологически получается путем травления, что вносит «опережение» в прямо прошедший свет, при этом изображение объекта с показателем преломления большим, чем у среды, получается темнее на более светлом фоне (КФ-4, КФ-4М);

- 2.отрицательный фазовый контраст (аноптральный или темнопольный), когда фазовое кольцо в объективе технологически получается путем нанесения на поверхность стекла тонкой пленки, что вносит «запаздывание» в прямо прошедший свет. При этом изображение объекта с показателем преломления большим, чем у среды, выглядит светлее окружающего темного фона (МФА-2).

PHASE CONTRAST

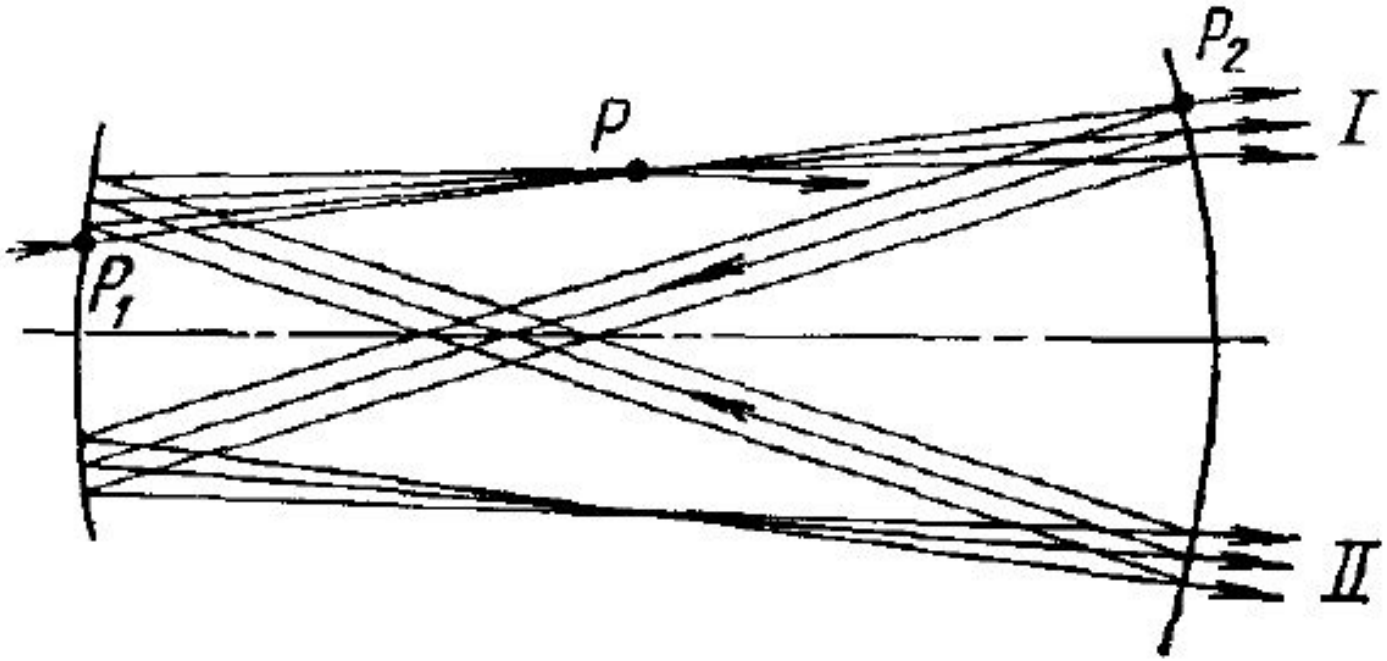
Интерферометр Фабри-Перо



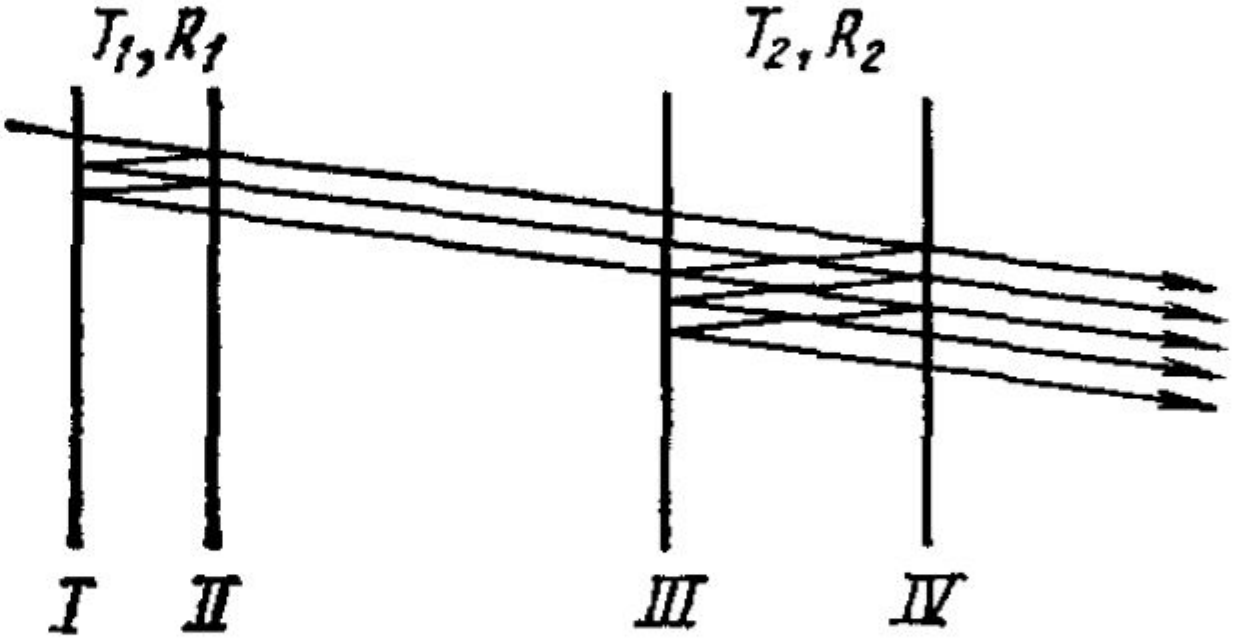
$$2tn\cos\varphi = m\lambda,$$

Интерферометр Фабри-Перо со сферическими зеркалами

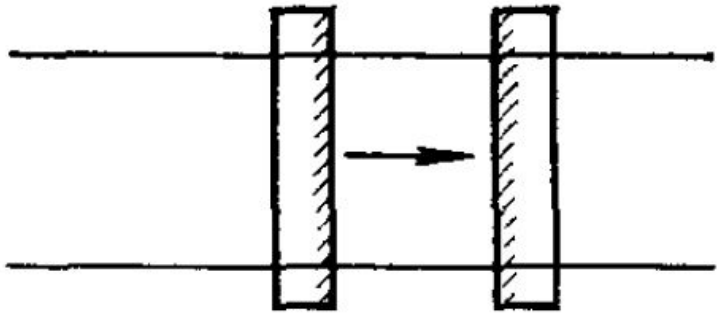
- Конфокальный резонатор!



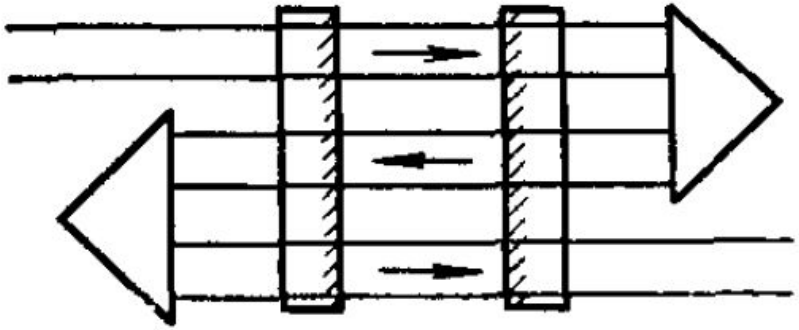
Тандем-интерферометр



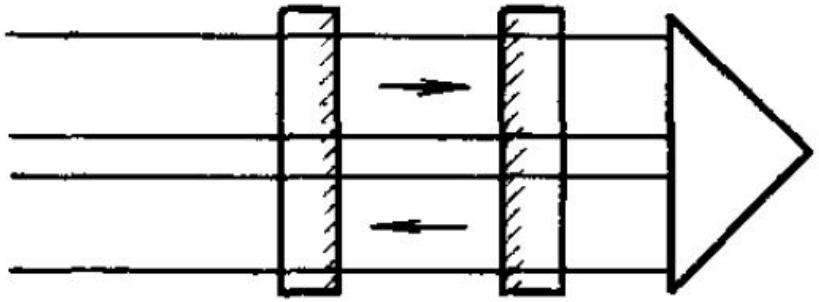
Несколько проходов



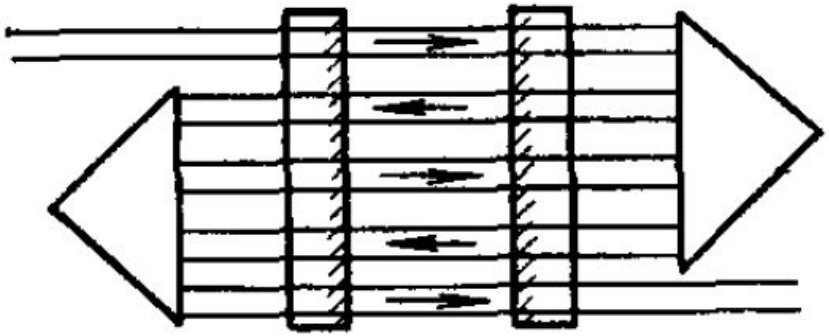
а)



в)



б)



г)

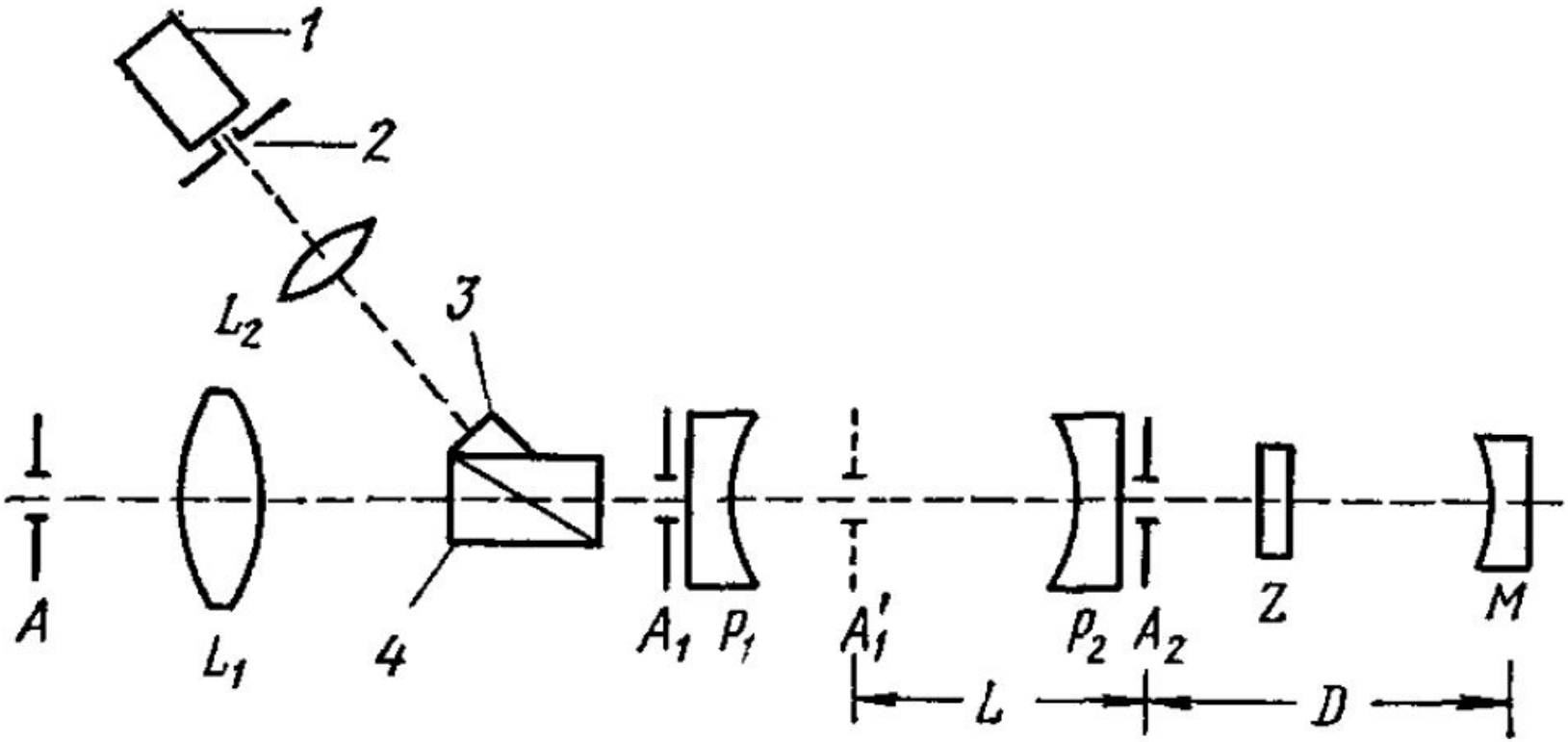


Рис. 6. Схема расположения оптических деталей в двухпроходном СИФ П [20].

1 — приемник излучения, *2* — точечная диафрагма, *3* — накладная призма, *4* — призма Глана — Томпсона, *A* — входная диафрагма, L_1 — коллимирующая линза, A_1 — промежуточная диафрагма, A_2 — выходная диафрагма, P_1 и P_2 — зеркала интерферометра, *Z* — пластинка $\lambda/4$, *M* — отражающее зеркало, L_2 — фокусирующая линза.