

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

535.41

**ДЕМОНСТРАЦИЯ ПОЛОС МНОГОЛУЧЕВОЙ
ИНТЕРФЕРЕНЦИИ НИЗКИХ ПОРЯДКОВ**

Описываемая ниже интерференционная схема позволяет получить картину многолучевой интерференции при своеобразных условиях опыта.

Сходящийся пучок света от осветителя О (рис. 1а), проходя поляризатор Р и, если необходимо, светофильтр Ф, падает на прибор П, имеющий тонкую плоско-параллельную воздушную прослойку и представляющий собой совокупность сложенных вместе и скрепленных при помощи упругого крепления двух стеклянных призм 1 и 2. Толщина d воздушной прослойки между гранями AC и $A'C'$ этих призм задается специальными тонкими прокладками.

Для получения картины в отраженном свете можно применить совокупность двух одинаковых обратных призм, располагая приборы по схеме рис. 1б.

Ход световых лучей в приборе виден на рис. 1а и 1б.

Пройдя через грань AB призмы 1, световые лучи падают на грань AC под сравнительно большими углами. Те лучи, для которых углы падения i близки к i_0 ($i_0 = \arcsin \frac{1}{n}$),

преломляются в прослойку под углами r , близкими к 90° . В этой области значений угла r коэффициент отражения ρ от границы прослойки близок к единице, и следовательно, эти грани без специальной обработки их поверхности обладают свойствами зеркала, подходящего для многолучевой интерференции.

В результате многократных отражений от поверхностей прослойки каждый луч, входящий в нее под достаточно большим углом, образует на выходе из призмы 2 соответствующий пучок параллельных лучей. Объектив L фокусирует эти пучки в своей фокальной плоскости, где и наблюдается интерференционная картина. В проходящем свете разность хода Δ между соседними лучами интерферирующего пучка может быть выражена по формуле

$$\Delta = 2d \cos r + \frac{\lambda}{2\pi} (\gamma_1 - \gamma_2). \quad (1)$$

Здесь γ_1 и γ_2 — скачки фаз, возникающие при отражении от границ воздух — стекло. В случае больших r $\gamma_1 = \gamma_2 = \pi$. Поэтому

$$\Delta = 2d \cos r + \lambda. \quad (1a)$$

В интересующей нас области достаточно больших значений угла $r \cos r$ мал, поэтому можно получить систему интерференционных полос низких порядков при толщине прослойки $d \gg \lambda$.

Условие возникновения максимумов интенсивности можно записать в виде

$$2d \cos r_k = k\lambda \quad (k = 1, 2, 3, \dots). \quad (2)$$

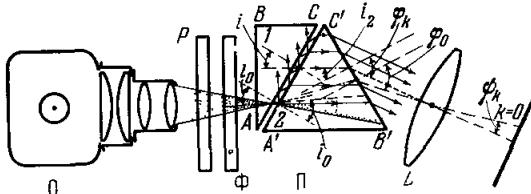


Рис. 1а.

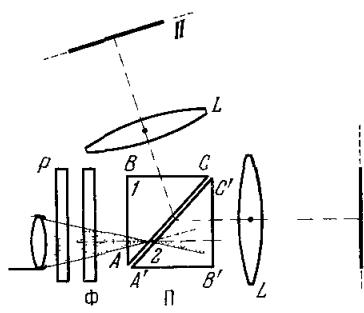


Рис. 1б.

Максимум нулевого порядка ($k = 0$), который соответствовал бы границе области полного внутреннего отражения ($i = i_0$; $r = 90^\circ$; $\varphi = \varphi_0$), в картине отсутствует, поскольку интенсивность светового потока, преломленного в прослойку, стремится к нулю при $r \rightarrow 90^\circ$.

Расчет углового смещения ψ_k максимумов низких порядков k относительно «границы» полного внутреннего отражения, а также углового расстояния $\Delta\psi_k$ между соседними максимумами k -го и $(k + 1)$ -го порядков, приводит к формулам

$$\psi_k = \frac{1}{2} \frac{\cos i_2}{\cos \varphi \cdot \cos i_0} k^2 \left(\frac{\lambda}{2d} \right)^2, \quad (3)$$

$$\Delta\psi_k = \frac{1}{2} \frac{\cos i_2}{\cos \varphi \cdot \cos i_0} (2k + 1) \left(\frac{\lambda}{2d} \right)^2. \quad (3a)$$

Своеобразие интерференционной картины, возникающей в рассматриваемом расположении, проявляется в том, что характер интерференционных полос претерпевает существенное изменение при возрастании k . Полосы низких порядков оказываются очень узкими и резкими. По мере увеличения порядка k наблюдается существенное расширение и размывание полос, обусловленное быстрым уменьшением коэффициента отражения ρ , при уменьшении углов i и соответственно r .

Особенно отчетливо влияние величины ρ на характер распределения освещенности в интерференционной картине можно обнаружить, используя поляризованный свет. В этом случае наблюдается весьма существенное изменение контрастности картины, особенно средней ее части, при переходе от p -колебаний к s -колебаниям.

Использование в нашей установке низких значений k обусловливает большую величину ее спектральной области дисперсии $\Delta\lambda = \frac{\lambda}{k}$. Поэтому оказывается возможным наблюдать картину не только в монохроматическом, но и в белом свете.

В заключение отметим еще одну особенность описываемого опыта. Поскольку в рассматриваемом случае толщина прослойки d входит в выражение разности хода Δ с малым множителем $\cos r$, влияние отклонений прослойки от плоскопараллельности оказывается существенно ослабленным. Это позволяет получить устойчивую интерференционную картину удовлетворительного качества, используя простое упругое крепление прибора и не прибегая к специальным методам его юстировки.

ДЕМОНСТРАЦИЯ ОПЫТОВ

Основной частью демонстрационной установки является прибор, состоящий из двух призм: вспомогательной призмы 1 ($\angle A = 31^\circ$, $\angle B = 90^\circ$, $AC = 4,8 \text{ см}$) и призмы 2 ($A'C' = C'B'$, $\angle C = 62^\circ$). Перед скреплением этих призм на грань $A'C'$ призмы 2 вблизи противоположных ее краев накладывались две полоски тонкой алюминиевой фольги толщиной 6 мк . Бажно, чтобы эти прокладки располагались ровно, без изгибов, и их поверхности не имели шероховатостей. После этого на призму 2 соответствующим образом накладывалась призма 1. Призмы 1 и 2 плотно прижимались одна к другой и затем скреплялись при помощи двух резиновых колец подходящей упругости, охватывающих прибор вблизи противоположных его оснований. Прибор II устанавливался на подъемном столике, и необходимое его положение и ориентация относительно светового пучка достигались соответствующим поворотом столика. При выполнении опытов в монохроматическом свете использовался осветитель ОИ-18 с лампой СВД-120, а также светофильтры для выделения отдельных линий ртутного спектра. Источником белого света служил осветитель от оптической скамьи с конденсором, объективом и кинопроекционной лампой мощностью 300 вт . Объектив L , применяющийся в наших опытах, имел фокусное расстояние $F = 140 \text{ см}$.

Из формул (3) и (3a) следует, что величины угловых смещений ψ_k и $\Delta\psi_k$ пропорциональны $1/d^2$. Поэтому для увеличения ψ_k и $\Delta\psi_k$ необходимо уменьшать d . С этой целью в опытах использовался также и другой прибор II, изготовленный из двух призм более крупного размера. Последний подобен прибору II, но не имеет специальных разделительных прокладок между призмами. Воздушная прослойка в нем создавалась за счет разделяющих призмы пылинок и имела толщину порядка 1 мк .

Расположение рис. 1а использовалось при выполнении опытов в проходящем свете. Расположение рис. 1б позволяет получить картину как в проходящем, так и в отраженном свете (при соответственно меньшей величине угловой области дисперсии).

При демонстрации опытов большой аудитории целесообразно, не прибегая к помощи линзы, показать интерференционную картину на удаленном экране. В одном из таких опытов установка была расположена на расстоянии $l = 5 \text{ м}$ от экрана размером $2,7 \times 1,9 \text{ м}^2$, а интерференционная картина покрывала полностью или частично

этот экран по ширине, захватывая часть стены аудитории по высоте. Фотографии нескольких картин такого рода приведены на рис. 2, *a*, *b*, *в*, *г*.

Картинны рис. 2, *a*, *б* получены при освещении установки линейчатым спектром ртутной лампы ОИ-18 (без светофильтра). В качестве поляризатора использовался поляроид. На фотографиях хорошо видны те резкие изменения в распределении освещенности, которые по отмеченному выше причине возникают при переходе от *s*-колебаний (рис. 2, *a*) к *p*-колебаниям (рис. 2, *б*).

Картинны рис. 2, *в*, *г* получены при работе с прослойкой меньшей толщины ($d = 1-2 \text{ мк}$). Первая из них наблюдалась при освещении установки светом зеленой линии ртутного спектра ($\lambda = 5460,7 \text{ \AA}$), а вторая — в свете лампы накаливания, но с красным светофильтром. Ориентация плоскости поляризации в обоих опытах была

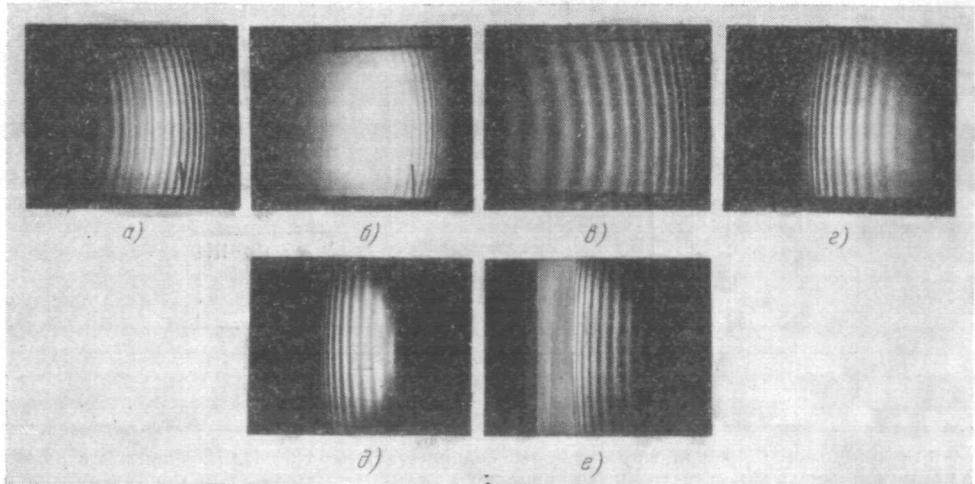


Рис. 2.

одинаковой (*s*-колебания). В белом свете картина представляет собой систему цветных полос — спектров низких порядков, цвета которых в случае *s*-колебаний оказываются весьма насыщенными.

Фотографии рис. 2, *д*, *е* также получены при работе с тонкой прослойкой. В этом случае приборы располагались по схеме рис. 1а, и картины наблюдались в фокальной плоскости объектива *L* как в проходящих лучах (в плоскости I, рис. 2, *д*), так и в отраженных лучах (в плоскости II, рис. 2, *е*). Картинны сфотографированы с малого экрана ($0,8 \times 0,8 \text{ м}^2$) при освещении установки немонохроматическим красным светом, поляризованным в соответствующей плоскости (*s*-колебания — рис. 2, *д*, *p*-колебания — рис. 2, *е*).

В нижней части фотографий рис. 2, *а*, *б*, *в*, *г* видны следы картин на краю демонстрационного стола.

Я. Е. Амстиславский