

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ МАХА-ЦЕНДЕРА И РЭЛЕЯ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ: ОПТИКА

О. С. Мироненко

Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,

220030, г. Минск, Беларусь, fiz.mironenk@bsu.by

Научный руководитель — О. С. Филиппенко, старший преподаватель

В статье анализируются принципы работы и конструктивные особенности интерферометров Маха-Цендера и Рэлея. Представлено теоретическое обоснование явления интерференции, описание методик проведения экспериментов с каждым из приборов на физическом практикуме. Рассмотрены их области применения, особенности измерений. Приведены методические указания, способствующие развитию навыков у студентов.

Ключевые слова: интерферометр Маха-Цендера; интерферометр Рэлея; интерференция; показатель преломления; оптическая разность хода; поляризация.

Рассмотрим использование двухлучевых интерферометров Маха-Цендера и Рэлея в физическом практикуме: оптика.

Принцип работы интерферометров основывается на явлении интерференции. Разделение световой волны может происходить на 2 и более когерентные световые волны, проходящие разные оптические пути. Затем эти волны интерферируют. Интерферометры Рэлея и Маха-Цендера относят к типу двухлучевые. Известны два способа получения когерентных пучков: метод деления волнового фронта и метод деления амплитуд. Интерферометр Рэлея работает по методу деления фронта, Маха-Цендера — по методу деления амплитуды, обеспечивая большую интенсивность.

Интерферометр Рэлея. Световой пучок разбивают на два при помощи щелей, затем на пути световых лучей размещаются кюветы с исследуемым веществом, которые обеспечивают разность хода. При этом интерферометр Рэлея обладает компенсатором, вращением которого можно регулировать оптическую разность хода. На рис.1 приведена принципиальная схема.

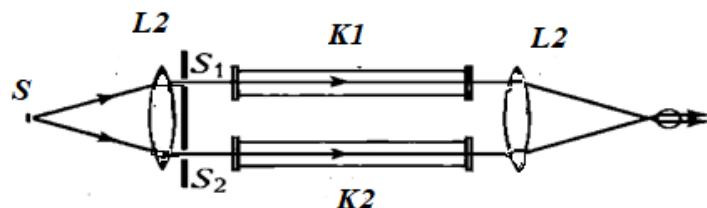


Рис.1. Принципиальная схема интерферометра Рэлея (вид сверху)

Важной отличительной конструктивной особенностью интерферометра Рэлея является то, что он закрытый, и студенты окажут малое влияние на результаты измерений.

Интерферометр Маха-Цендера. Полупрозрачной пластиной Π_1 луч света S_0 разделяется на два. После отражения от зеркал A_1 и A_2 лучи света снова соединяются полупрозрачной пластиной Π_2 в результате частичного отражения и прохождения через нее. Интерференция этих лучей приводит к возникновению интерференционной картины. Если на пути одного из лучей помещена ячейка Q с газом или веществом, показатель преломления которого отличен от единицы, то интерференционная картина сместится (рис.2).

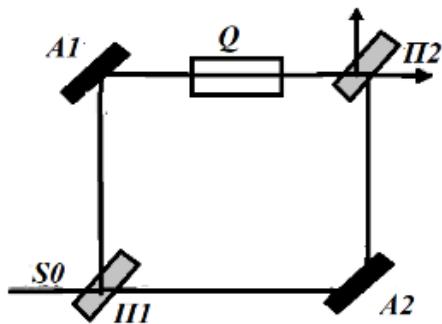


Рис.2. Схема интерферометра Маха – Цендера

В интерферометре Рэлея также происходит смещение, но только не всей интерференционной картины, а только части, соответствующей одному из пучков.

Сравнительные характеристики двух интерферометров по некоторым параметрам в таблице.

Сравнение интерферометров Рэлея и Маха-Цендера

Характеристика	Интерферометр Маха-Цендера	Интерферометр Рэлея
Тип интерференции	Двухлучевая	Двухлучевая
Принцип работы	Разделение светового пучка с помощью полупрозрачной пластины, затем их объединение полупрозрачной пластины после отражения от зеркал	Дифракция света на двух параллельных щелях, интерференция дифрагировавших пучков
Оптические элементы	Полупрозрачные пластины и зеркала	Линза, диафрагма, щели, объективы, окуляр, компенсатор

Окончание таблицы

Характеристика	Интерферометр Маха-Цендера	Интерферометр Рэлея
Применение	Измерение показателя преломления газа и жидкости и плотности потока газа, оптические модуляторы, изучение интерференции	Определение показателей преломления оптических сред при различных давлениях, поляризуемости воздуха, калибровка оптических приборов, детектор примесей в жидкостях и газах

Интерферометр Рэлея. Ранее в работе по изучению интерферометра Рэлея рассчитывался лишь коэффициент поляризуемости воздуха α . Предлагаются следующие дополнительные задания. Использовать различные образцы веществ: азот, углекислый газ и их смесь. При постоянных значения длины пути l и длины волны λ , измеряя сдвиг полос Δm , можно определить значение показателя преломления n .

Использование различных веществ расширяет возможности эксперимента и позволяет производить измерения коэффициента поляризуемости, показателей преломления, сравнения их между собой и производить оценку погрешностей. Идея сама по себе не является новой, но в физическом практикуме: оптика ранее не использовалась в сочетании с заданиями для интерферометра Маха-Цендера.

Интерферометр Маха–Цендера. Работа интерферометра Маха-Цендера возможна в двух режимах. Обычный режим предполагает получение интерференционной картины с большим расстоянием между интерференционными полосами, чтобы поле интерференции имело равномерную освещенность. Предлагается изучить условия появления и исчезновения интерференционных полос при различных положениях и параметрах поляризаторов.

Второй метод – сдвиговый, который реализуют при внесении в плечи интерферометра плоскопараллельных пластин (из слюды, стекла) и одинаковой толщины, что дает дополнительную разность хода. Использование поляризационных фильтров позволяет наглядно продемонстрировать влияние взаимной ориентации поляризаций пучков на интерференцию. При помещении на пути световых пучков растворов разной концентрации также можно наблюдать фазовый сдвиг, который может быть экспериментально измерен.

При внесении плоскопараллельной пластины на пути следования светового пучка изменяется показатель преломления, и, следовательно, разность хода, что может быть использовано при оценке изменения давления, температуры и т.д. Еще одним заданием является разделение входного светового пучка от лазера на два параллельных, в один из которых вводится зеркало и в дальнейшем определяется, при каком угле поворота получается максимум интерференции.

Изучение интерферометров Рэлея и Маха–Цендера в рамках лабораторного курса способствует развитию навыков настройки оптических схем, проведения измерений и обработки результатов. Пилотное тестирование показало высокую эффективность: студенты успешно справились с представленными заданиями, а также увидели на практике области применения указанных интерферометров и провели их сравнительный анализ.

Библиографические ссылки

1. Саржевский, А. М. Оптика. Полный курс / А.М. Саржевский. – 2-е изд. М.: Едиториал УРСС, 2004. 608 с.
2. Физический практикум / А.Г. Белянкин [и др.]; под ред. В.И. Ивероновой. Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. 956 с.
3. Матвеев, А.Н. Оптика: учеб. пособие для физ. спец. вузов / А.Н. Матвеев М.: Высш. шк., 1985. 351 с.