

Работа 4.4.1

Амплитудная дифракционная решётка (гониометр)

Киркича Андрей, Б01-202, МФТИ

Цель работы: знакомство с работой и настройкой гониометра, определение спектральных характеристик амплитудной решётки.

В работе используются: гониометр, дифракционная решётка, ртутная лампа.

В работе исследуются спектр ртутной лампы и дисперсия ртутной решётки, определяются период и спектральные характеристики решётки и оценивается влияние ширины пучка на разрешающую способность.

Теоретическая справка

Основное соотношение приближенной теории дифракционной решётки:

$$d \sin \varphi_m = m\lambda. \quad (1)$$

Угловая дисперсия D характеризует угловое расстояние между близкими спектральными линиями:

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos \varphi} = \frac{m}{\sqrt{d^2 - m^2 \lambda^2}}. \quad (2)$$

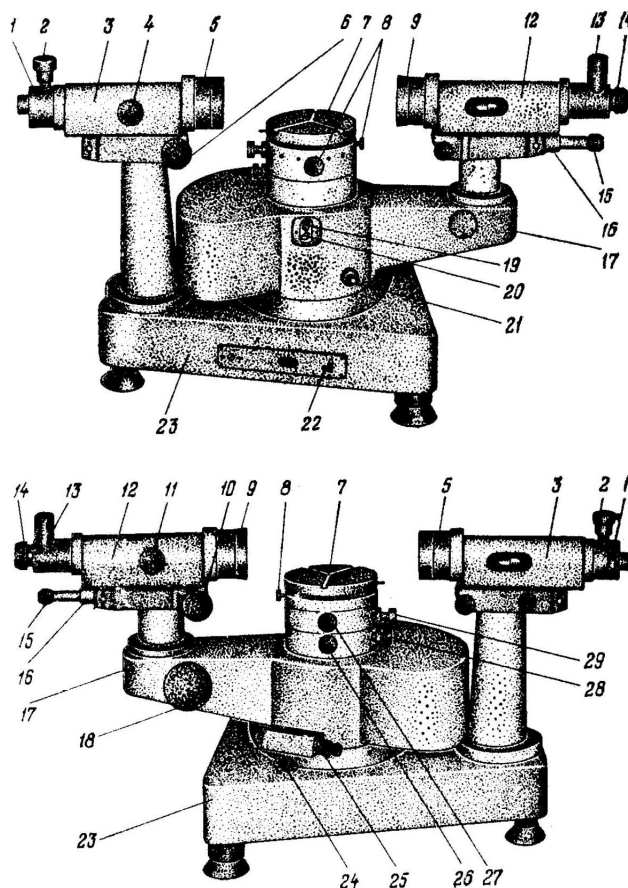
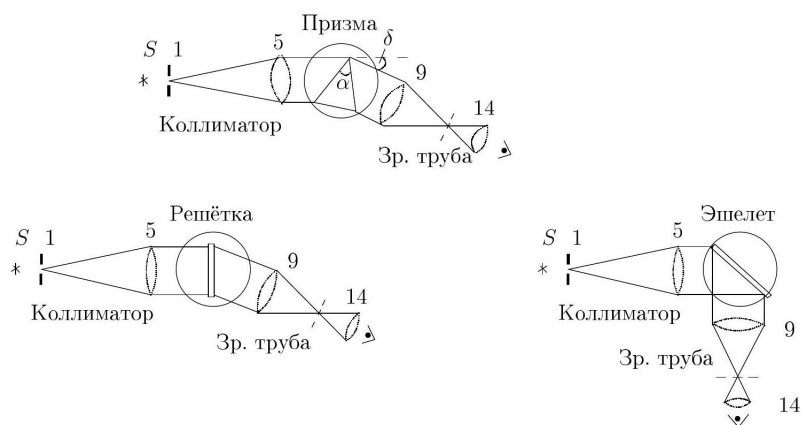
Рассмотрим изображения спектра для двух узких спектральных линий с длинами волн λ и $\lambda + \delta\lambda$. Для минимального значения $\lambda + \delta\lambda$, которое может быть определено по результатам измерений, вводят важнейшую характеристику спектрального прибора — разрешающую способность:

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda}. \quad (3)$$

Экспериментальная установка

Устройство гониометра

Гониометр служит для точного измерения углов и находит широкое применение в оптических лабораториях.



Оптическая схема и внешний вид гониометра

Ртутная лампа

Характеристики спектра ртутной лампы приведены в таблице ниже.

№	K_1	K_2	1	2	3	4	5	6
λ нм.	690,7	623,4	579,1	577,0	546,1	491,6	435,8	404,7
Цвет	красн.	красн.	желт.	желт.	зелен.	голуб.	синий	фиолет.
Яркость	4	4	10	8	10	4	4	3

Ход работы

Сначала были измерены углы для максимумов линий спектра ртутной лампы порядков ± 1 . Полученные данные приведены в Таблице 1.

№ линии	1 порядок	-1 порядок
6	11°41'57''	11°38'29''
5	12°36'34''	12°33'37''
4	14°15'39''	14°11'58''
3	15°52'33''	15°48'17''
2	16°48'04''	16°43'18''
1	16°51'56''	16°47'01''
K_2	17°52'08''	17°47'11''
K_1	18°12'43''	18°06'48''

Таблица 1: Углы линий спектра ртути

Далее для оценки угловой дисперсии решётки были измерены угловые координаты линий жёлтого дублета для всех видимых порядков спектра, положительных и отрицательных. Данные представлены в таблице 2.

m	φ_1	φ_2
-3	59°13'38''	59°35'05''
-2	35°03'45''	35°12'46''
-1	16°43'18''	16°47'01''
1	16°48'04''	16°51'56''
2	35°24'15''	35°33'12''
3	60°41'58''	61°04'30''

Таблица 2: Углы жёлтых линий

Наконец, для оценки разрешающей способности спектрального прибора была измерена угловая ширина одной из линий жёлтого дублета по нулям интенсивности в первом и втором порядках. Угловая ширина составила $\Delta\varphi_1 = 1'30''$ и $\Delta\varphi_2 = 1'53''$ соответственно.

Обработка данных

По полученным данным был построен график на рис. 1 зависимости $\sin \varphi_m$ от длины волны. По коэффициенту наклона с использованием формулы (1) был найден период решётки $d = \frac{1}{k} = 2.04 \pm 0.05$ мкм.

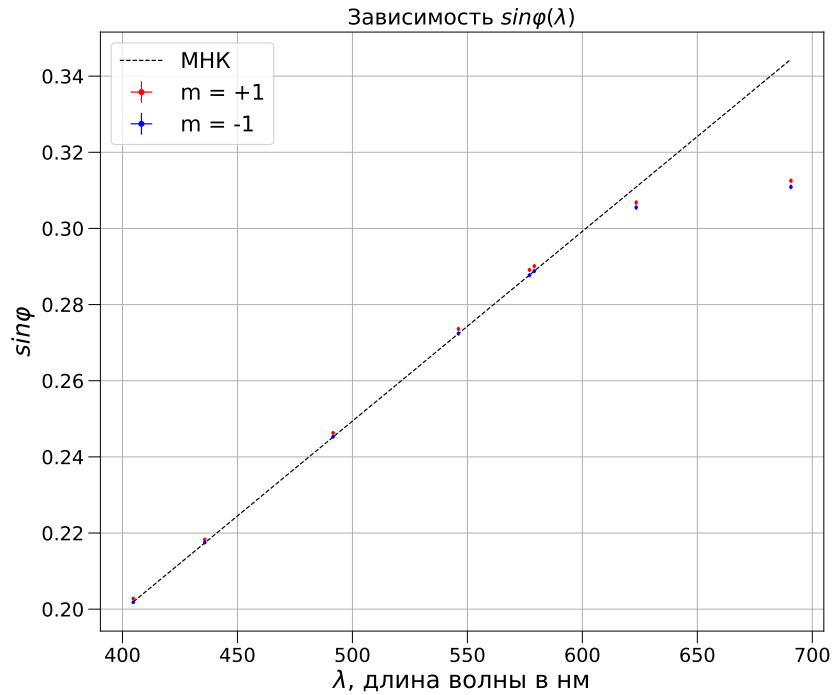


Рис. 1: График зависимости $\sin \varphi$ от длины волны для первых максимумов

Далее изучим зависимость D от m и сравним результат с формулой 2. Результат наглядно представлен на рисунке 2.

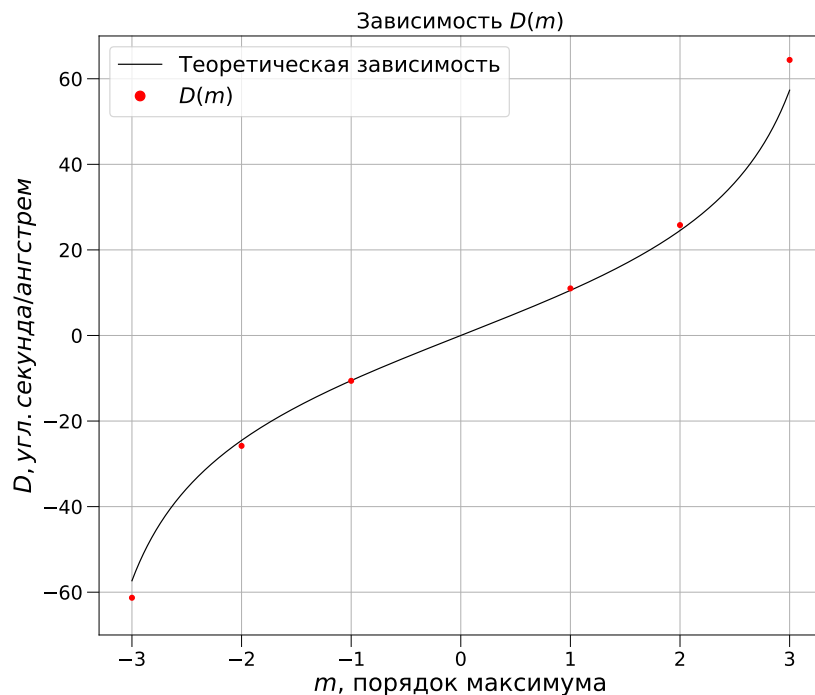


Рис. 2: Зависимость угловой дисперсии от порядка

Черная прямая - это теоретическая зависимость, построенная по параметру d , ранее определенному. Легко видеть, что теория очень хорошо описывает эксперимент

Определим также разрешающую способность по формуле $R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} \approx 680$, число рабочих штрихов решётки $N \approx 680$ и размер освещённой части $l = Nd \approx 1.36$ мм.

Заключение

Мы исследовали спектральные линии ртути, определили шаг решётки, её угловую дисперсию, а также её разрешающую способность. Полученные результаты близки к теоретическим предсказаниям.