

4.4.1 – Амплитудная дифракционная решётка.

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

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

Теоретическая часть. Спектральный анализ (разложение электромагнитного излучения на монохроматические составляющие) может многое сказать о природе источника излучения. Принципиальная схема установки для изучения спектра показана на рисунке 1: коллиматор формирует параллельный пучок света от источника, ДЭ осуществляет пространственное спектральное разложение пучка.

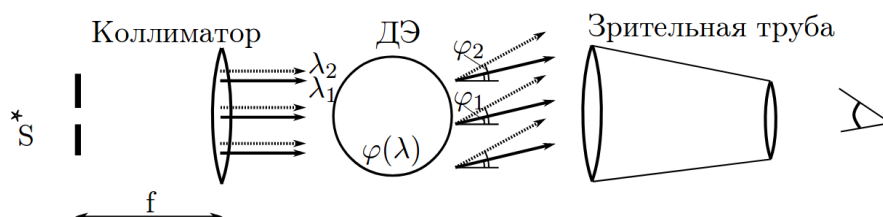


Рис. 1: Схема прибора: источник-коллиматор, диспергирующий элемент, зрительная труба.

В нашем эксперименте диспергирующим элементом является амплитудная дифракционная решетка (рис. 2). Каждая щель становится, по принципу Гюйгенса-Френеля, источником вторичных сферических волн, интерферирующих между собой; ясно, что максимум интенсивности света на экране наблюдается только в том случае, если дифрагирующие волны приходят в одной фазе:

$$d \sin \varphi = m\lambda, \quad (1)$$

где d – период решетки, λ – длина волны, m – целое число. Поскольку пучок света представляет собой суперпозицию монохроматических волн с длинами волн λ_i , мы наблюдаем пространственное разделение максимумов в зависимости от длины волны (соотв. цвета).

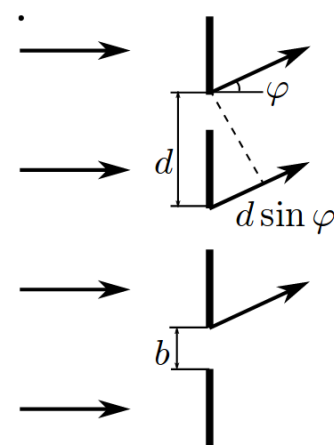


Рис. 2: Дифракция световой волны на амплитудной решётке

Эксперимент. В данной работе будем исследовать спектр ртути (источник – ртутная лампа). Первым делом измерим угловые координаты (о гониометре говорить не будем) спектров ртути:

цвет	φ	$\sin(\varphi - \varphi_0)$	λ , нм
фиолетовый	13°02'01"	0.225	404.7
синий	13°59'37"	0.242	435.8
голубой	14°27'08"	0.249	491.6
зеленый	15°43'20"	0.271	546.1
желтый	16°38'29"	0.286	577.0
желтый	16°42'36"	0.287	579.1

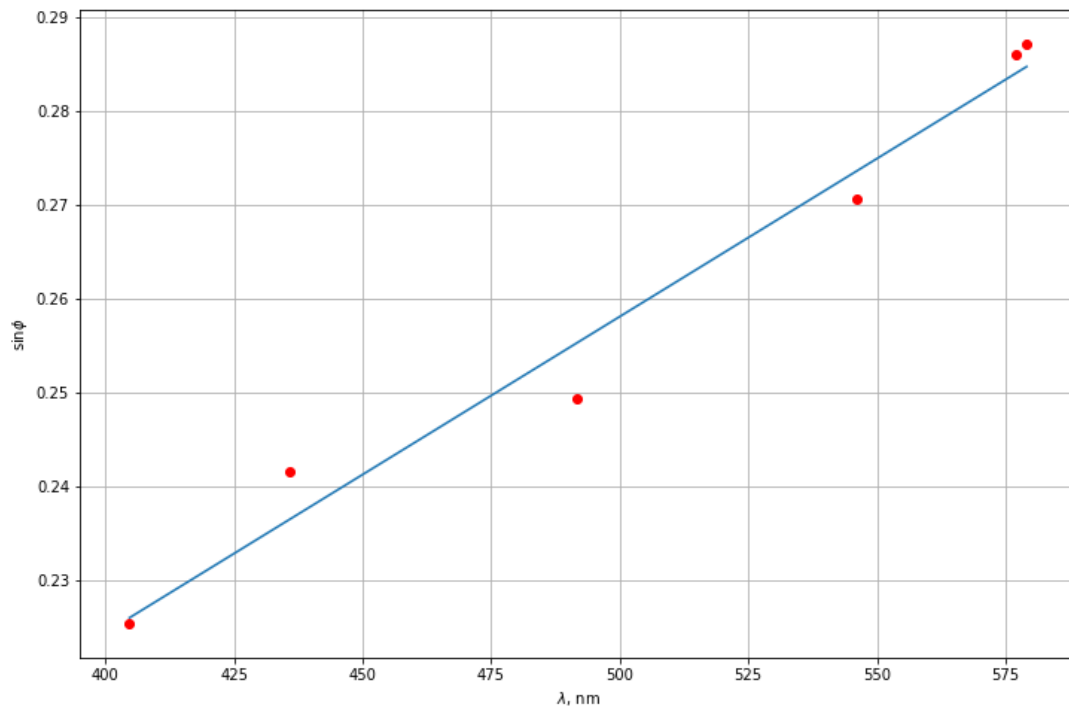


Рис. 3: Зависимость пространственного спектрального разложения от длины волны.

Измерения ясно показывают справедливость формулы (1). По графику зависимости определим шаг решетки:

$$d \simeq 2890 \pm 190 \text{ нм}$$

Заметим, что на установке $N = 500$ штрихов/мм $\Rightarrow d = 2000$ нм, что мы почти и получили.

Теперь исследуем угловую дисперсию по линиям жёлтого дублета в спектрах разного порядка m :

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

m	1-ая линия	2-ая линия	$\Delta\varphi$, сек	D_{exp}	D_{theor}
1	16°38'29"	16°42'36"	247	11.76	16.96
-1	6°58'00"	6°53'43"	-257	-12.23	-16.96
-2	26°31'01"	26°44'45"	824	-39.23	-44.11

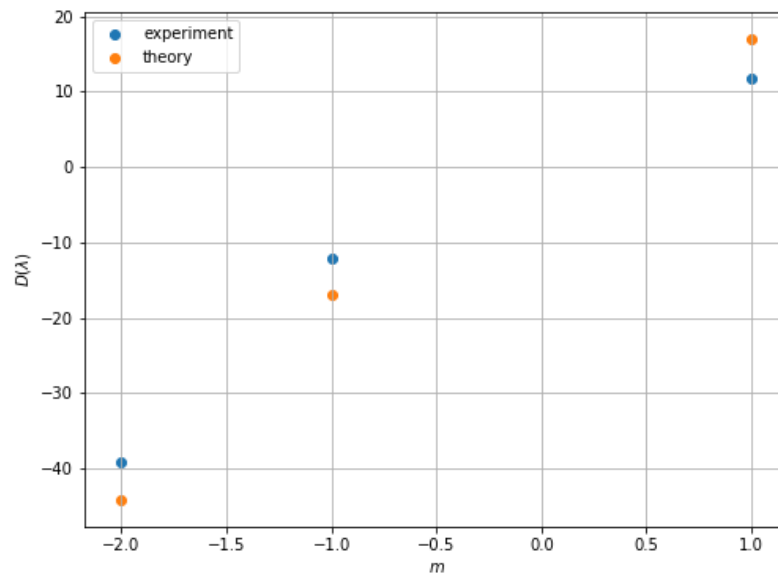


Рис. 4: Угловая дисперсия.

Оценим также разрешающую способность $R = \lambda/\delta\lambda$. Ширина одного желтого дуплета есть $\delta\varphi = 32''$, тогда $\delta\lambda = \delta\varphi/D \simeq 1.9\text{\AA} \Rightarrow R = 1.9 \cdot 10^3$. Тогда число одновременно работающих штрихов в критерии Релея $N = R/m = 1.0 \cdot 10^3$.

Вывод. В данной работе мы научились проводить простейший спектральный анализ, а также оценили по результатам эксперимента параметры установки.