

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
(МФТИ)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4.4.1

АМПЛИТУДНАЯ ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

Работу выполнила студентка группы Б01-009 М.В.Шлапак

Долгопрудный 2022

Содержание

1	Цель работы	2
2	Теоретическая часть	2
3	Экспериментальная установка	2
4	Ход работы	4
4.1	Настройка гониометра	4
4.2	Установка решетки	5
4.3	Исследование спектра ртутной лампы	5
5	Вывод	8

1 Цель работы

Знакомство с работой и настройкой гониометра Г5, определение спектральных характеристик амплитудной решетки.

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

2 Теоретическая часть

Основное соотношение приближенной теории дифракционной решетки:

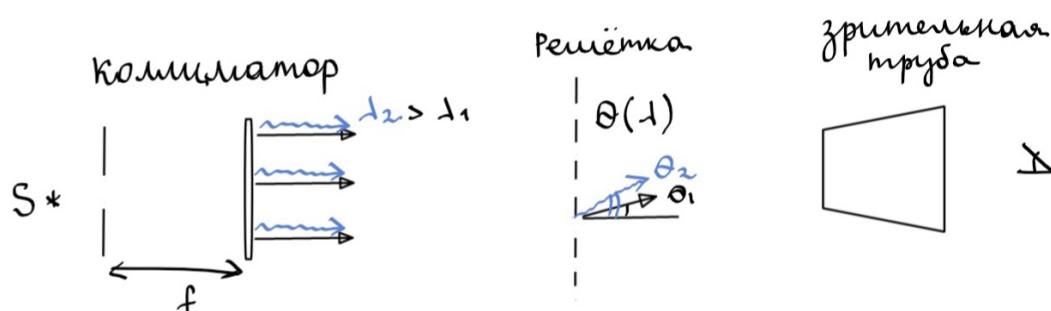
$$d \sin \varphi_m = m\lambda. \quad (1)$$

Угловая дисперсия D характеризует угловое расстояние между близкими спектральными линиями:

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

3 Экспериментальная установка

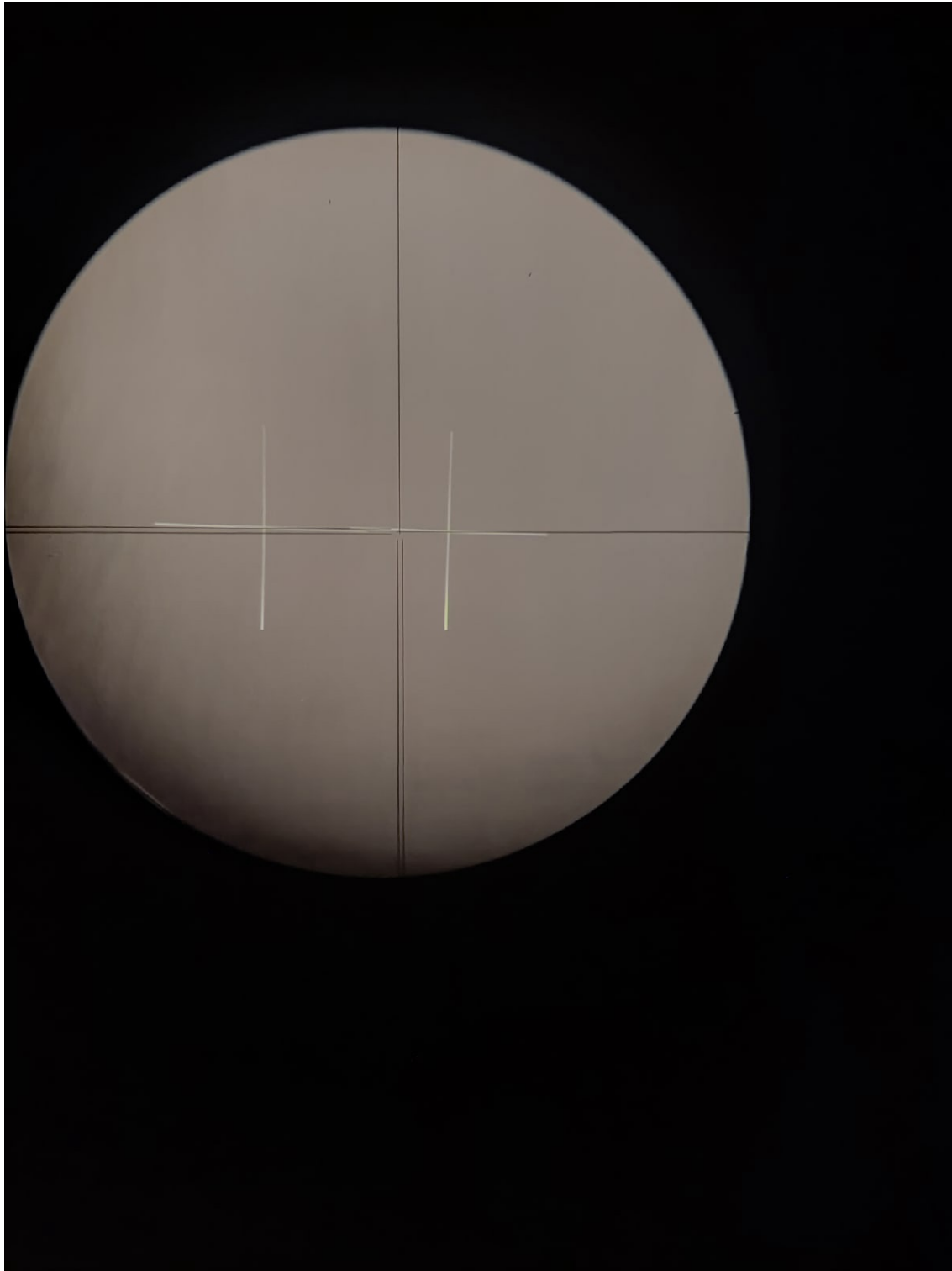
При работе с дифракционной решеткой основной задачей является точное измерение углов, при которых наблюдаются главные максимумы для различных длин волн. В нашей работе для измерения углов используется гониометр Г5. Принципиальная схема экспериментальной установки приведена на рис 1.



4 Ход работы

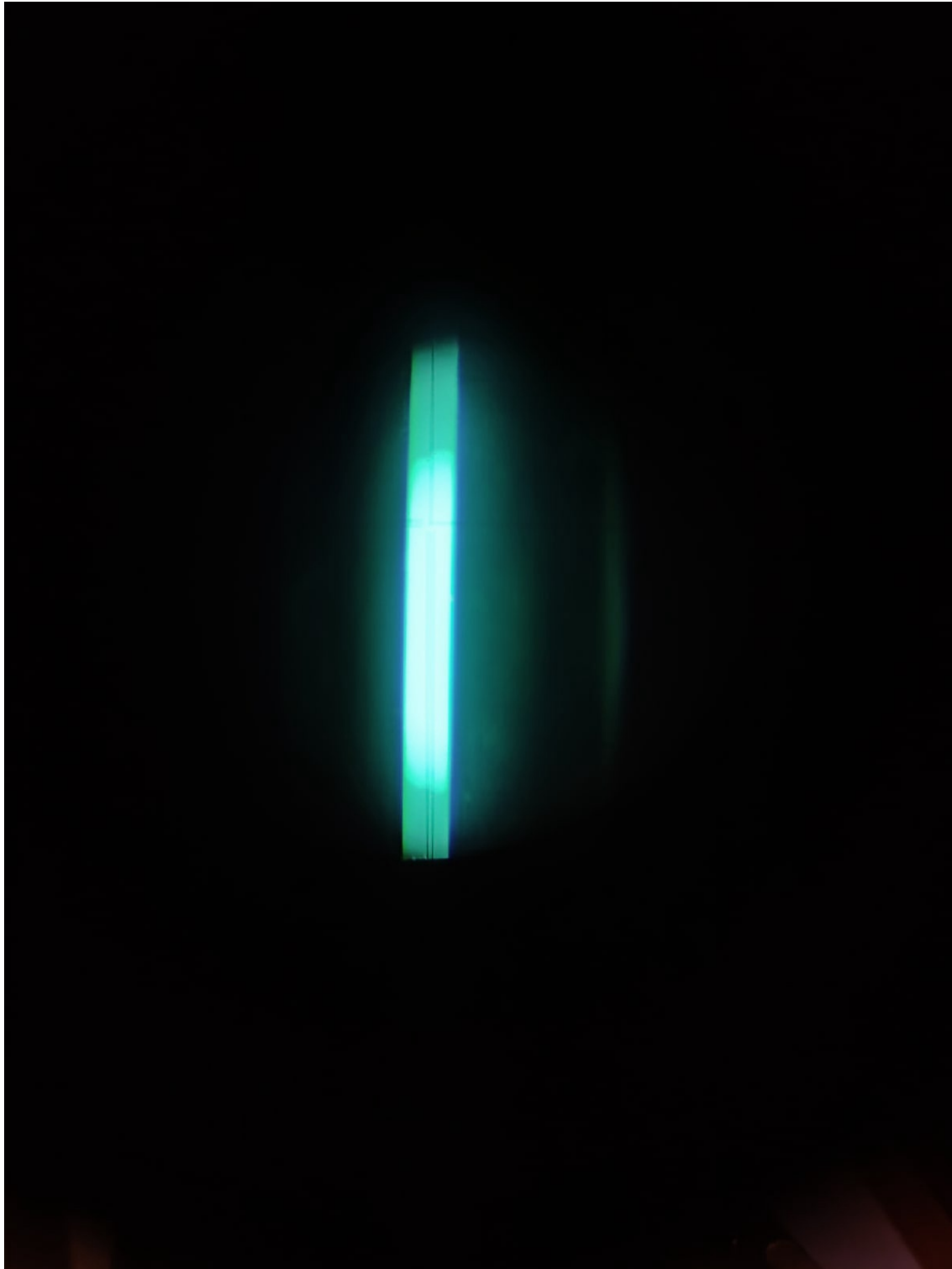
4.1 Настройка гониометра

Провели юстировку гониометра, руководствуясь правилами, изложенными в Приложении. Ознакомились с устройством гониометра и назначением элементов настройки.



4.2 Установка решетки

Установим решетку на столик так, чтобы её плоскость была перпендикулярна оси зрительной трубы и параллельна одному из установочных винтов. В центре поля зрения расположена белая ахроматическая полоса (спектр нулевого порядка).



4.3 Исследование спектра ртутной лампы

Характеристики решётки: 500 штр/мм $\Rightarrow d = 0,2 \cdot 10^{-5}$ м.

1) Перед выполнением работы убедимся в справедливости формулы $d \sin \phi_m = m\lambda$.

Для этого определим углы дифракции для двух ярких линий спектра в одном порядке и убедимся, что $d \sin \phi_m \sim \lambda$

Угол для первой линии: $163^\circ 4' 1''$
Угол для второй линии: $163^\circ 11' 37''$

Мы брали жёлтые линии, поэтому $\lambda = 578 \text{ нм}$

$$0,2 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \sin 163^\circ \approx 0,58 \text{ мкм} \approx 580 \text{ нм} \sim \lambda$$

Как видно из вычислений, формула верна.

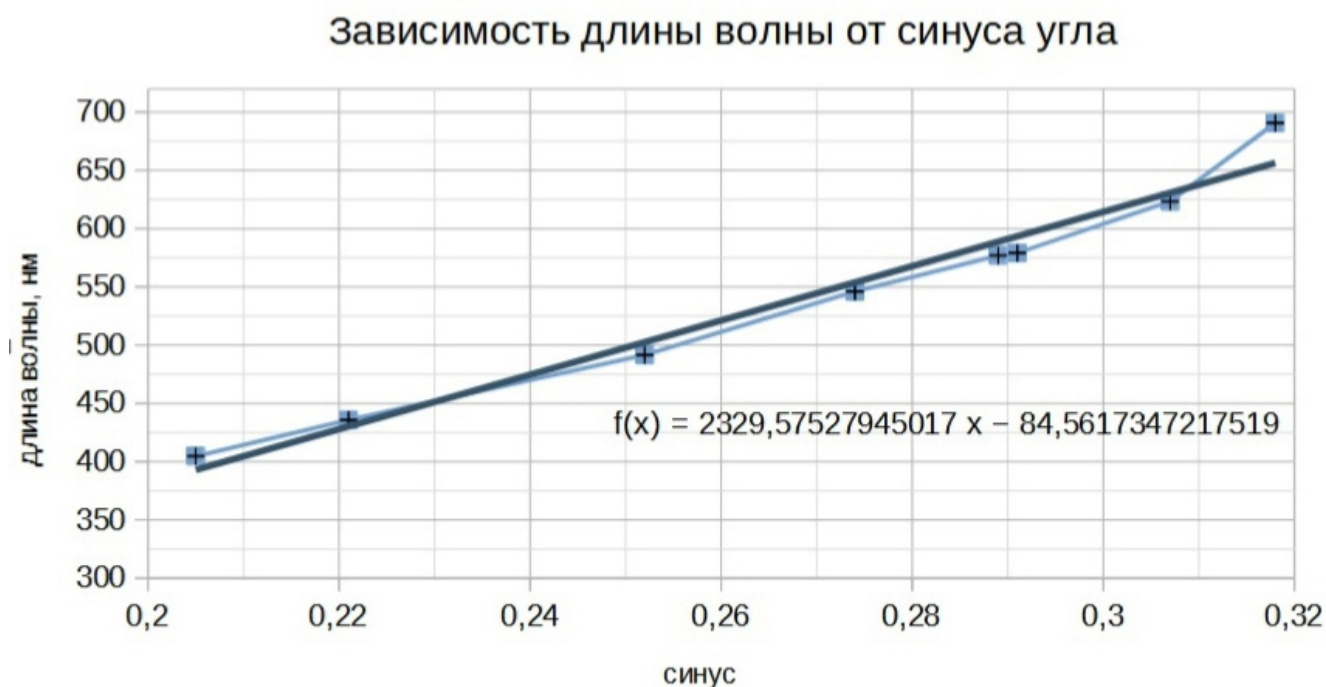
2) Измерим с помощью гониометра угловые координаты спектральных линий ртути в +1 порядке и построим график зависимости $\sin \phi_m$ от длины волны :

велич.	фиол.	син.	гол.	зел.	желт.	желт.	красн.	красн.	σ
ϕ	$168^\circ 11' 26''$	$167^\circ 12' 29''$	$165^\circ 23' 33''$	$164^\circ 05' 50''$	$163^\circ 11' 37''$	$163^\circ 4' 1''$	$162^\circ 06' 25''$	$161^\circ 26' 52''$	$0,5''$
$\sin \phi$	0,205	0,221	0,252	0,274	0,289	0,291	0,307	0,318	0,0001
$\lambda, \text{ нм}$	404,7	435,8	491,6	546,1	577,0	579,1	623,4	690,7	0,5

Примерное расположение и относительная яркость основных линий взята из методического пособия:

Характеристики спектра ртутной лампы ДРШ									
№	K_1	K_2	1	2	3	4	5	6	
$\lambda \text{ нм.}$	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	

Получившаяся зависимость:



По основному соотношению для амплитудной решетки получаем, что период решетки должен выражаться как угловой коэффициент наклона аппроксимирующей прямой:

$$d \approx 2329,58 \text{ нм} \approx 0,233 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Для расчёта погрешности воспользуемся МНК:

$$\sigma_d = 893,8 \text{ нм} \approx 0,09 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Поэтому итоговый ответ для экспериментального значения периода решётки:

$$d = (0,23 \pm 0,09) \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

2) Для оценки угловой дисперсии решётки измерим угловые координаты линий жёлтого дублета для всех видимых порядков спектра, положительных и отрицательных.

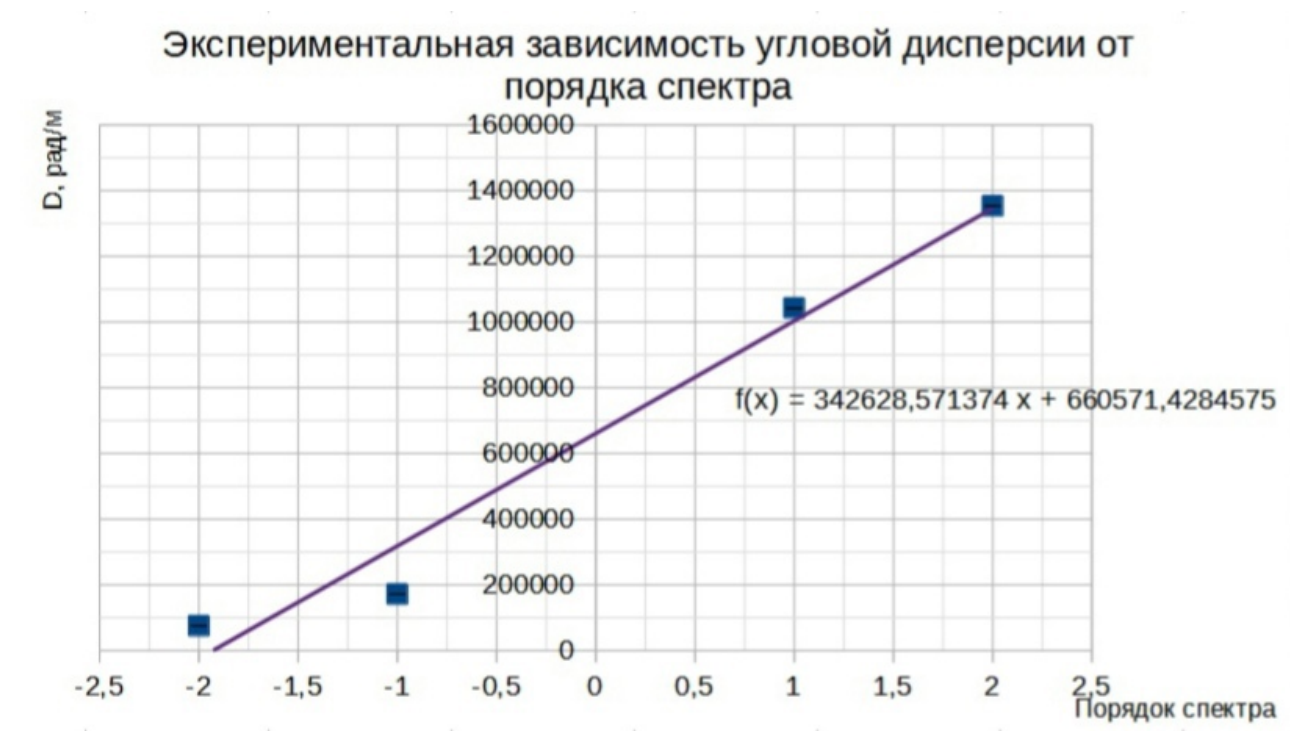
Рассчитаем по этим линиям угловую дисперсию в спектрах разного порядка согласно формуле $D = \frac{d\varphi}{d\lambda}$, построим график зависимости угловой дисперсии от порядка спектра, затем сравним эту зависимость с расчётной по формуле $D = \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos \varphi} = \frac{m}{\sqrt{d^2 - m^2 \lambda^2}}$ для средней длины волны жёлтого дублета $\lambda \approx 578 \text{ нм}$.

длина волны, нм	577,0	579,1
+1 порядок	163°11'37"	163°04'01"
-1 порядок:	196°24'21"	196°25'36"
-2 порядок:	215°05'22"	215°04'49"
+2 порядок	144°20'39"	144°10'47"

Тогда угловая дисперсия для спектров разного порядка:

порядок	-2	-1	1	2	σ
$d\varphi$, рад	0,0001584	0,00036	0,0021888	0,0028416	1"
$d\lambda$, нм	2,1	2,1	2,1	2,1	0,5 нм
D_{exp} , рад/м	$-7,5 \cdot 10^4$	$-17,1 \cdot 10^4$	$104,2 \cdot 10^4$	$135,3 \cdot 10^4$	$0,1 \cdot 10^4$ рад/м
D_{teor} , рад/м	$-122,5 \cdot 10^4$	$-52,2 \cdot 10^4$	$52,2 \cdot 10^4$	$122,5 \cdot 10^4$	-

Экспериментальная зависимость:



Зависимость получается пропорциональной порядку спектра.

3) Оценим разрешимый спектральный интервал $\delta\lambda$. Согласно формуле:

$$\Delta\varphi \approx D\delta\lambda = \frac{m}{d \cos \varphi_m} \delta\lambda$$

То есть $\delta\lambda \approx \Delta\varphi/D$

Тогда разрешимый спектральный интервал: $< \delta\lambda > \approx 7,11$ ангстрем

Оценим разрешающую способность для средней длины волны жёлтого дублета по формуле:

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda}$$

Тогда $R \approx 813$

Оценим число эффективно работающих штрихов решётки и её эффективный размер по формуле:

$$N = \frac{R}{m}$$

Тогда $N \approx 407$ (за порядок спектра взят наивысший порядок, то есть 2)

5 Вывод

В данной работе мы впервые научились применять гониометр для вычисления углов, проверили основное соотношение дифракционной решетки, а также определили некоторые спектральные характеристики нашей амплитудной решётки:

$\delta\lambda$	R	N
7,11 анг.	813	407