

Лабораторная работа 4.4.1. Изучение амплитудной решётки.

Вязовцев Андрей, Б01-005

04.03.22

Цель работы: знакомство с работой и настройкой гониометра Г5, определение спектральных характеристик амплитудной решётки.

В работе используются: гониометр, ртутная лампа, амплитудная решётка, призмный уголкоый отражатель, щель с микрометрическим винтом.

Теоретическая справка:

Амплитудную решётку можно представить в виде непрозрачного экрана, в котором прорезано большое число N параллельных щелей — штрихов (см. рис. 1). Постоянство расстояний между штрихами d (период решётки, или шаг решётки) и шириной штриха b должно выдерживаться с большой точностью.

Интенсивность дифрагированного света максимальна для углов φ_m , при которых волны, приходящие в точку наблюдения от всех щелей, оказываются в фазе:

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

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

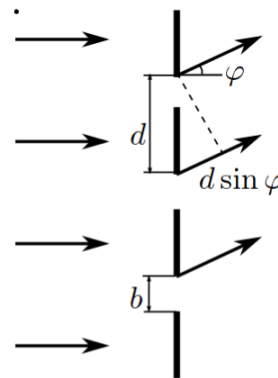


Рис. 1. Дифракция световой волны на амплитудной решётке

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = \frac{\varphi}{\delta\varphi} \quad (2)$$

Количество эффективно работающих штрихов и разрешающая способность связаны таким образом:

$$R = mN \quad (3)$$

Найти угловую дисперсию можно так:

$$D = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} \quad (4)$$

Экспериментальная установка:

В качестве источника света используются ртутная лампа ДРШ-250. Её спектр изображён на рис. 2. Её характеристики указаны в таблице 1.



Рис. 2. Спектр ртутной лампы ДРШ-250

№	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.

Таблица 1. Характеристики спектра ртутной лампы ДРШ-250

Внешний вид рабочей установки изображён на рис. 3.

Ход работы:

1. Настроим зрительную трубу и столик согласно методическому пособию.

2. Установим высоту входной щели так, чтобы было удобно наблюдать интерференционные полосы (т. е. чтобы они не сливались и не были слишком тусклыми).

3. Убедимся в верности формулы (1) при $m = \pm 1$. Например, у зелёной полосы в теории $\sin \varphi = \pm 0,273$, что в точности совпадает с экспериментальным (это можно выяснить из данных, полученных далее).

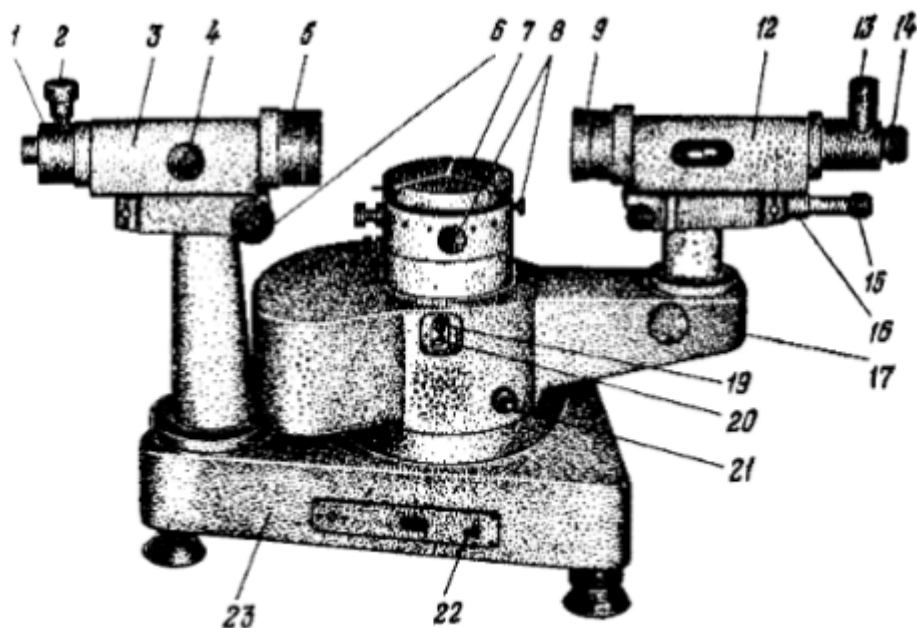


Рис. 3. Внешний вид гониометра Г5

4. Измерим угловые координаты спектральных линий ртути в ± 1 порядках. Результаты см. в таблице 2

цвет	красный 2	желтый 1	желтый 2	зелёный
α	$200^{\circ} 40' 28''$	$199^{\circ} 21' 1''$	$199^{\circ} 16' 54''$	$198^{\circ} 22' 28''$

цвет	голубой	синий	фиолетовый	белый
α	$196^{\circ} 45' 46''$	$195^{\circ} 6' 43''$	$194^{\circ} 11' 58''$	$182^{\circ} 31' 50''$

цвет	белый	фиолетовый	синий	голубой
α	$182^{\circ} 31' 50''$	$171^{\circ} 51' 42''$	$169^{\circ} 56' 56''$	$168^{\circ} 18' 33''$

цвет	зелёный	желтый 2	желтый 1	красный 2
α	$166^{\circ} 41' 39''$	$165^{\circ} 45' 4''$	$165^{\circ} 42' 30''$	$164^{\circ} 22' 30''$

Таблица 2. Линии спектра ртутной лампы

5. Желтые линии, кроме приведённых выше, не наблюдаются.
6. Найдём угловую ширину жёлтой полосы (первой, при $m = -1$), а после выясним аппаратную разрешающую способность по формуле (2).

Левый край: $199^{\circ}21'45''$
Правый край: $199^{\circ}21'3''$

Таким образом, $\varphi = 16^{\circ}49'13''$, $\delta\varphi = 42''$.

$$R = \frac{\varphi}{\delta\varphi} \approx 1400$$

7. Определим момент открытия щели три раза. Получаем: 0,76 мм, 0,73 мм, 0,73 мм.

8. Найдём предельное разрешение по жёлтой паре первого порядка. Для это настроим щель так, чтобы пара сливалась. Получаем: 1,38 мм.

9. Найдём количество эффективно работающих штрихов по формуле (3):

$$N = 1400$$

Также с помощью (1) оценим $d \approx 2$ мм (использован жёлтый максимум), что совпадает с характеристиками решётки.

Обработка результатов:

10. Найдём φ_m для каждого максимума и построим график $\sin \varphi_m(\lambda)$.

Из наклона графика ($\frac{\sin \varphi_m}{\lambda} = (52 \pm 3) \cdot 10^{-5} \text{ нм}^{-1}$) и формулы (1) получаем:

$$d = (1.92 \pm 0.11) \text{ мкм}$$

Это соответствует характеристикам установки ($d = 2$ мкм).

11. Найдём угловую дисперсию по формуле (4).

$$D \approx 12 \frac{\text{угл.сек}}{\text{\AA}}$$

12. Из формулы (1) рассчитаем порядок спектра, при котором совпадают жёлтая и фиолетовая полосы. Получим уравнение:

$$\lambda_{\text{желт}} m = \lambda_{\text{фиол}}(m + 1)$$

Отсюда получим:

$$m = \frac{\lambda_{\text{желт}}}{\lambda_{\text{желт}} - \lambda_{\text{фиол}}} \approx 2,3$$

Но m не может быть дробным. Поэтому нужно заменить $m + 1$ на $m + k$ и найти такое k , что m близко к целому. При $k = 3$ получим $m = 7$

