

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ)  
ФИЗТЕХ-ШКОЛА ЭЛЕКТРОНИКИ, ФОТОНИКИ  
И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Лабораторная работа № 4.4.2

**Изучение фазовой решетки (эшелет)**

выполнил студент 2 курса  
группы Б04-006  
**Белостоцкий Артемий**

Долгопрудный, 2021 г.

## Цель работы

Исследовать спектр ртутной лампы в рабочем порядке и дисперсию эшелета в разных порядках; определить параметры и спектральные характеристики эшелета; оценить влияние ширины пучка на разрешающую способность

## В работе используются

- гониометр
- ртутная лампа
- эшелет
- призмный уголкоый отражатель
- щель с микрометрическим винтом

## Теоретическая часть

Дифракционная решётка представляет собой стеклянную или металлическую пластину, на которую через строго одинаковые интервалы нанесены параллельные штрихи. Основные параметры дифракционной решётки — период  $d$  (постоянная решётки), число штрихов  $N$ . Условие дифракции Фраунгофера — решётка освещается плоской волной, а плоскость наблюдения практически находится в бесконечности.

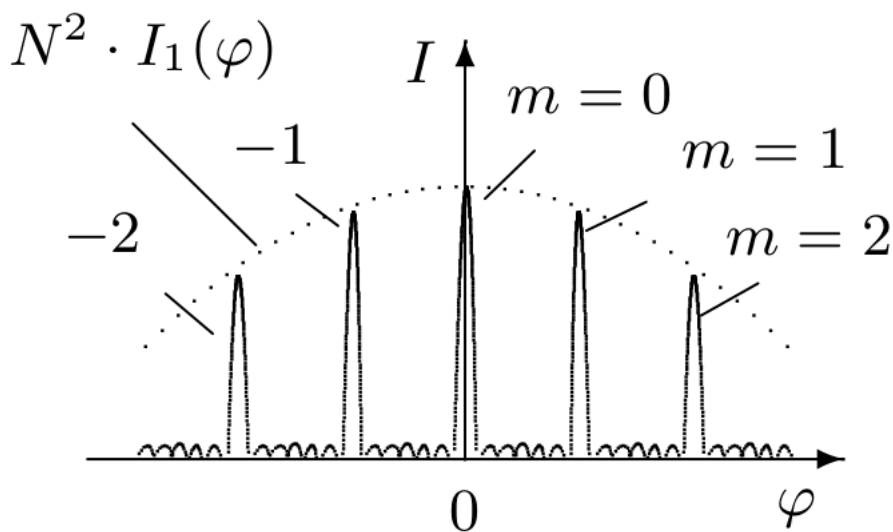


Рис. 1: Распределение интенсивности света при дифракции Фраунгофера на решётке

Согласно принципу Гюйгенса-Френеля распределение интенсивности в дифракционной картине определяется суперпозицией волн; амплитуды всех интерферирующих волн при  $\varphi$  практически одинаковы; фазы составляют арифметическую прогрессию:

$$d \sin \varphi_m = m\lambda,$$

где  $m \in Z$  — порядок спектра.

Интенсивность  $I$  света, распространяющегося под углом  $\varphi$  к нормали:

$$I = I_1(\varphi) \frac{\sin^2(N(dk \sin \varphi)/2)}{\sin^2((dk \sin \varphi)2)},$$

где  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  — волновое число.

Дисперсия  $D$  характеризует угловое расстояние между близкими спектральными линиями:

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

Согласно критерию разрешения Релея, линии становятся неразличимыми, когда расстояние между ними меньше, чем расстояние от максимума одной линии до её первого минимума:

$$\frac{Nkd}{2}(\sin(\varphi + \Delta\varphi) - \sin \varphi) = \pi,$$

где  $\Delta\varphi$  — угловая полуширина главного максимума,  $\Delta\varphi = \frac{\lambda}{Nd \cos \varphi}$

Разрешающая способность спектрального прибора  $R$  вычисляется по формуле:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = m \cdot N$$

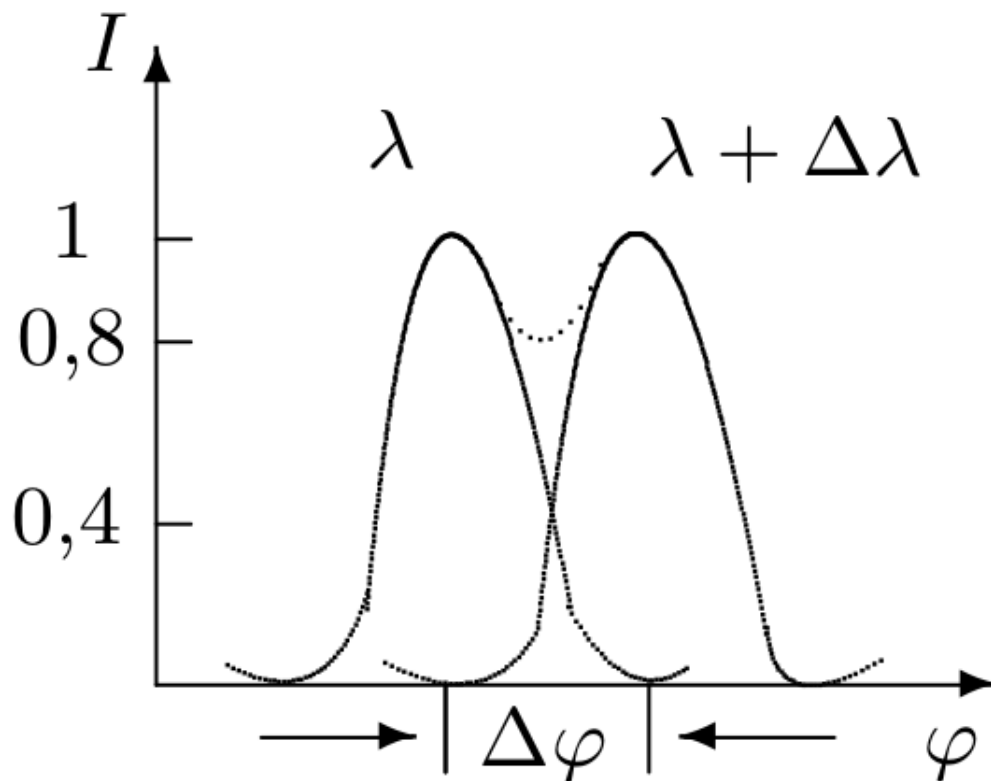


Рис. 2: К определению разрешающей способности дифракционной решётки

Дисперсионная область  $G$  — предельная ширина спектрального интервала  $d\lambda$ , при которой спектры соседних порядков перекрываются только своими границами:

$$G = d\lambda = \frac{\lambda}{m}.$$

## Ход работы

### Исследование спектра ртутной лампы

Для угла  $\psi = 45^\circ$  измерим угловые координаты спектральных линий ртути в рабочем порядке. Отметим главную координату каждой из описанных линий: Для оценки разреша-

Ахроматический	$93^\circ 10' 30''$	
Фиолетовый	$75^\circ 36' 45''$	$4047 \text{ \AA}$
Синий	$74^\circ 23' 45''$	$4358 \text{ \AA}$
Голубой	$72^\circ 15' 35''$	$4916 \text{ \AA}$
Зелёный	$70^\circ 12' 35''$	$5461 \text{ \AA}$
Желтый 2	$69^\circ 3' 25''$	$5770 \text{ \AA}$
Жёлтый 1	$68^\circ 58' 35''$	$5791 \text{ \AA}$

ющей способности измерим гирину одной из линий жёлтого дублета и рассчитаем аппаратную полуширину линии  $\Delta\lambda$ :

$$\text{Ширина линии: } 68^\circ 2' 10'' - 68^\circ 2' 0'' = 10''$$

$$\Delta\lambda = \frac{1}{3} \text{ \AA}; \quad R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{5770}{20} \cdot 60 = 17810$$

Для угла  $\psi = 30^\circ$  измерим координаты каждой из жёлтых линий во всех наблюдаемых порядках: Повторим измерения для  $\psi = 45^\circ, 60^\circ$ :

$I_{\text{пол}}$	$\text{Ж}_1$	$89^\circ 3' 55''$
	$\text{Ж}_2$	$88^\circ 55' 45''$
$I_{\text{отр}}$	$\text{Ж}_1$	$39^\circ 50' 55''$
	$\text{Ж}_2$	$39^\circ 55' 25''$

$I_{\text{отр}}$	$\text{Ж}_1$	$68^\circ 58' 35''$
	$\text{Ж}_2$	$69^\circ 3' 35''$
$II_{\text{отр}}$	$\text{Ж}_1$	$48^\circ 32' 15''$
	$\text{Ж}_2$	$48^\circ 40' 50''$

Таблица 1:  $\psi = 45^\circ$

### Зависимость разрешающей силы от ширины пучка:

Натроим зрительную трубу на желтый дублет в рабочем порядке; определим начало отсчёта — момент открытия щели. Крест появляется при  $59^\circ 57' 20''$ ; ширина щели — 3 деления.

Откроем щель пошире; уменьшая ширину щели, добьемся предельного разрешения желтого дублета, оценим число штрихов:

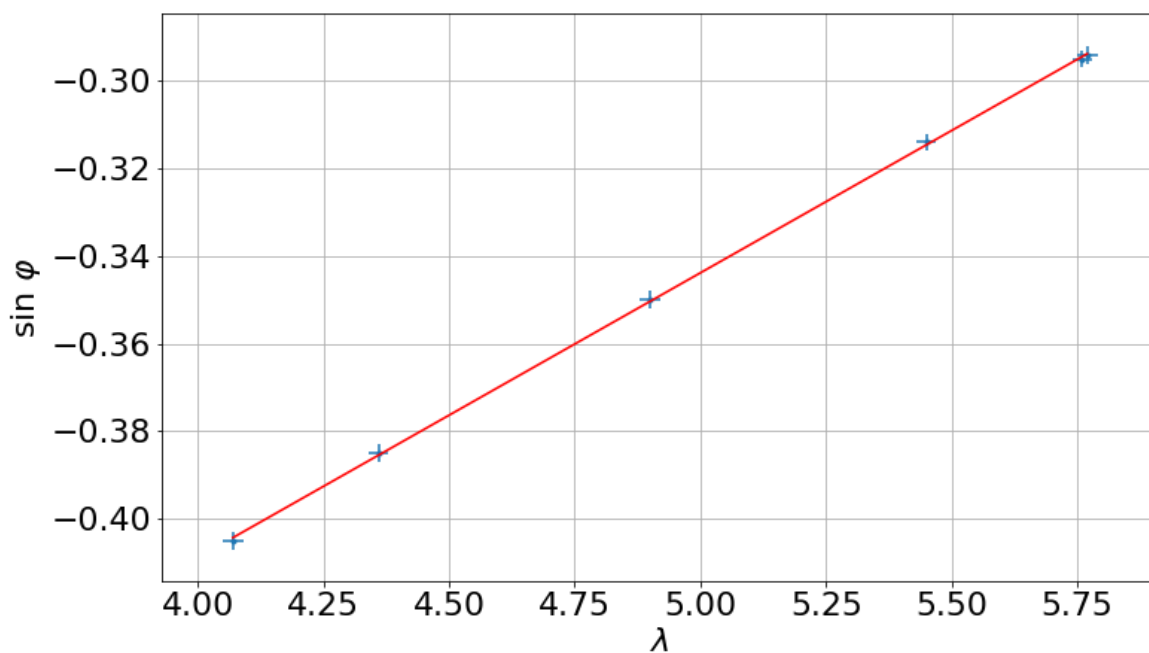
$$n \approx 1600 \text{ штр/мм}; \quad \Delta\lambda = 2 \text{ \AA}.$$

Построим график зависимости  $\sin \varphi_m = f(\lambda)$  и по углу наклона определим период эшелета: Угол наклона графика  $k = (6.5 \pm 0.1) \cdot 10^6$

Число штрихов  $n \approx 650 \pm 10 \text{ штр/мм}$

Период эшелета:  $d = \frac{1}{0.65} = 1.53 \pm 0.04 \text{ мм}.$

$I_{\text{отр}}$	$\lambda_{K_1}$	$92^{\circ}15'5''$
	$\lambda_{K_2}$	$92^{\circ}20'15''$
$II_{\text{отр}}$	$\lambda_{K_1}$	$70^{\circ}51'45''$
	$\lambda_{K_2}$	$71^{\circ}0'35''$
$III_{\text{отр}}$	$\lambda_{K_1}$	$50^{\circ}51'5''$
	$\lambda_{K_2}$	$51^{\circ}4'45''$

Таблица 2:  $\psi = 60^{\circ}$ Зависимость  $\sin \varphi_m$  от  $\lambda$ 

Угловая дисперсия в рабочем порядке для жёлтого дублета в угловых секундах на  $\dot{A}$ :

$$D = 14.3 \frac{\text{угл} \cdot \text{сек}}{\dot{A}}$$

Экспериментальная разрешающая способность:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 2890$$

## Вывод

В данной лабораторной работе мы исследовали спектральные характеристики дифракционной решётки, научились работать с гониометром, экспериментально определили период решётки и разрешающую способность.