

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4.3.3

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МИКРОСКОПА МЕТОДОМ АББЕ

Цель работы: определение дифракционного предела разрешения объектива микроскопа методом Аббе.

Оборудование: лазер, кассета с набором сеток, линзы, щель с микрометрическим винтом, оптический стол с набором рейтеров, экран, линейка.

ТЕОРИЯ

У каждого оптического прибора имеется минимальное расстояние l_{min} , которое он может разрешить. Для когерентно освещенного объекта, например периодической решетки, как на схеме ниже, чтобы получить изображение нужно, чтобы на противоположные края сфокусировались волны первого порядка.

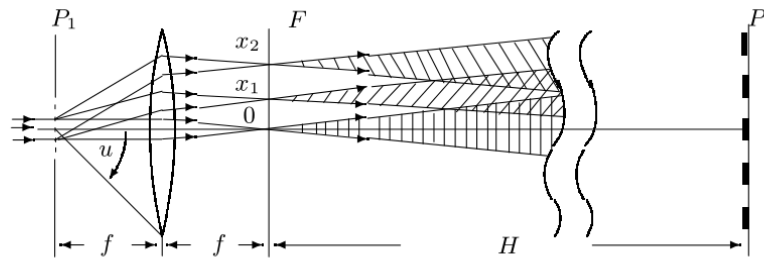


Рис. 1. Образование изображения в объективе микроскопа. P_1 — плоскость предмета, F — задняя фокальная плоскость объектива, P_2 — плоскость, сопряжённая с предметной плоскостью. В плоскости P_2 световые пучки сильно перекрываются

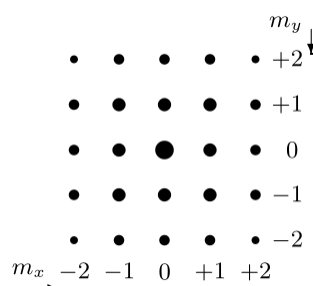
Тогда, минимальное разрешающее расстояние определится условием

$$l_{min} = \frac{\lambda}{D/2f} \quad (1)$$

Для двумерной решетки условием для главных максимумов является система

$$\begin{aligned} d \sin \theta_x &= m_x \lambda \\ d \sin \theta_y &= m_y \lambda \end{aligned} \quad (2)$$

Дифракция Фраунгофера на ней выглядит так:



ХОД РАБОТЫ

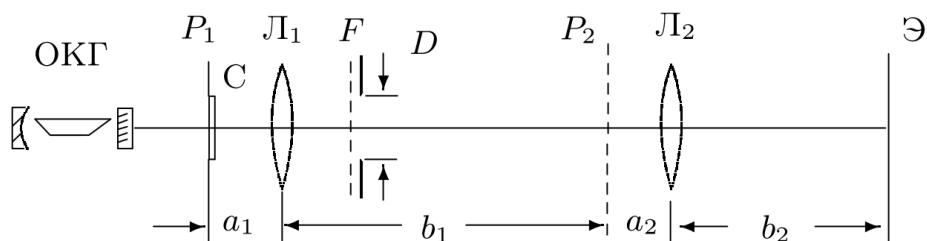
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА РЕШЁТОК ПО ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОМУ СПЕКТРУ

Настроим установку: включим лазер, закрепим кассету с решетками около выходного окна лазера. Расстояние от сетки до экрана $H = 1294$ мм, длина волны лазера $\lambda = 532$ нм. Измерим расстояния между максимумами для всех решеток. Погрешность измерения линейкой на экране ≈ 3 мм

№ решетки	Расстояние м/д соседними максимумами, мм	Все расстояние, мм	К-во промежутков м/д выбранными максимумами
1	35.0	210	6
2	17.4	244	14
3	14.0	182	13
4	14.0	182	13
5	7.0	182	26
6	4.1	62	15
Волос	18.3	110	6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА РЕШЕТОК ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ, УВЕЛИЧЕННОМУ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ МИКРОСКОПА

Соберем модель проекционного микроскопа, как на рисунке. Подберем расстояние линзы L_2 так, чтобы нерегулярное изображение проволоки было резким.



Измерим и запишем параметры установки:

Параметр	Размер, мм
a_1	165
b_1	340
a_2	25
b_2	760
f_1	100
f_2	25

Увеличение $\Gamma = 63 \pm 3$. Измерим периоды изображений сеток на экране.

№ решетки	Расстояние м/д соседними линиями, мм	Все расстояние, мм	К-во промежутков м/д выбранными линиями
1	1.4	34	24
2	2.8	54	19
3	3.5	67	19
4	3.5	66	19

5	6.8	129	19
6	12.4	173	14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДОВ РЕШЕТОК ПО ОЦЕНКЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МИКРОСКОПА

Разберем микроскоп, и поместим щелевую диафрагму в фокальную плоскость линзы L_1 . Для каждой решетки определим минимальный размер диафрагмы D , при котором на экране еще видно изображение сетки.

№ решетки	D , мм
1	2.77
2	2.07
3	1.87
4	1.53
5	0.67
6	0.61

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Из первого опыта, используя формулу (2) определим периоды решеток и дифракционные углы. Также определим периоды для второго опыта и для третьего используя формулу (1).

№ решетки	Период (1 опыт), мкм	Период (2 опыт), мкм	Период (3 опыт)	Первые дифракционные углы, рад
1	19.7 ± 0.3	22 ± 3	38	0.0271
2	39.6 ± 0.5	44 ± 4	51	0.0134
3	49 ± 1	56 ± 5	57	0.0108
4	49 ± 1	56 ± 5	70	0.0108
5	98 ± 2	108 ± 8	159	0.0054
6	168 ± 5	197 ± 12	174	0.0032
Волос	38 ± 3			0.0141

Проверим теорию Аббе и построим график зависимости $d = f(1/D)$, взяв периоды сеток из первого опыта.

