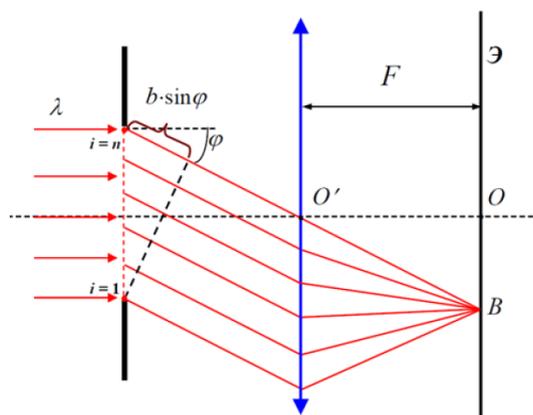


Краткое теоретическое введение

Дифракция света — это совокупность физических явлений, обусловленных волновой природой света и наблюдаемых при его распространении в среде с резко выраженной оптической неоднородностью (например, при прохождении через отверстия в экранах, вблизи границ непрозрачных тел и т.п.). В более узком смысле под дифракцией понимают огибание светом различных препятствий, т.е. отклонение от законов геометрической оптики.

Различают два вида дифракции: **дифракцию Френеля** и **дифракцию Фраунгофера**. Качественное отличие дифракции Фраунгофера от дифракции Френеля состоит в том, что в центре дифракционной картины всегда располагается максимум. Такое возможно лишь достаточно далеко за препятствием. Поэтому данный случай называют «дифракцией в дальней зоне» или «дифракцией в параллельных лучах». Следовательно, термин «дифракция Фраунгофера» принято использовать, когда источник света и экран, на котором наблюдается дифракционная картина, находятся на большом расстоянии от препятствия. В этом случае на препятствие падают параллельные лучи света, а освещённость в каждой точке дифракционной картины есть результат сложения волн, распространяющихся в одном направлении.

На практике о дифракции Фраунгофера говорят в тех случаях, когда препятствие «открывает» для центра дифракционной картины существенно меньше одной зоны Френеля. Часто такую картину формируют в фокальной плоскости собирающей линзы, поставленной за препятствием (см. рис.). Использование линзы не является принципиально необходимой составляющей схемы наблюдения дифракции Фраунгофера.



Индивидуальное задание посвящено изучению явления **дифракции на щели, описываемой в рамках приближения Фраунгофера**. Помимо нахождения параметров дифракционной картины требуется рассчитать распределение интенсивности света на экране по направлениям, т.е. зависимость $I(\varphi)$, где φ — угол отклонения от первоначального направления распространения света (угол дифракции).

Пусть плоская монохроматическая световая волна с длиной λ падает нормально на экран, в котором вырезана узкая длинная щель ширины b с прямыми параллельными границами (см. рис.). Линза собирает на экране, установленном в ее фокальной плоскости, лучи, прошедшие через отверстие. Волновая поверхность падающей волны, плоскость щели и экран параллельны друг другу.

Интенсивность в определенной точке B экрана определяется, согласно принципу Гюйгенса-Френеля, интерференцией вторичных волн, которые исходят от всех элементарных участков щели и распространяются в одном и том же направлении φ .

Амплитуда результирующего колебания в точке B , обусловленная вторичными волнами от всей щели шириной b ,

$$E_{\varphi} = E_0 \cdot \frac{\sin u}{u}, \quad (1)$$

где $u = \frac{\pi}{\lambda} b \cdot \sin \varphi$.

Распределение интенсивности света на экране в зависимости от угла дифракции φ определится выражением

$$I_{\varphi} = I_0 \left(\frac{\sin u}{u} \right)^2, \quad (2)$$

где I_0 – интенсивность света при $\varphi = 0$. При $\varphi = 0$ $u = \frac{\pi}{\lambda} b \cdot \sin \varphi$ также обращается в нуль.

Так как $\lim_{u \rightarrow 0} \frac{\sin u}{u} = 1$, то и $I(\varphi = 0) = I_0$, т.е. интенсивность максимальна в центре дифракционной картины.

Интенсивность света, согласно формуле (2), обращается в нуль при углах дифракции, которые определяются из условия $\sin u = 0$ ($u \neq 0$). Следовательно, $u = \frac{\pi}{\lambda} b \cdot \sin \varphi = m\pi$, что приводит к условию **дифракционных минимумов**:

$$b \cdot \sin \varphi = \pm m\lambda, \text{ где } m = 1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

Между минимумами расположены максимумы освещенности, которые получают из условия равенства нулю первой производной функции (2) по u . Взяв производную, получаем условие максимумов $tg u = u$. Это трансцендентное уравнение, решения которого удовлетворяют соотношениям

$$u_1 = \pm 1,43\pi, \quad u_2 = \pm 2,46\pi, \quad u_3 = \pm 3,47\pi, \dots,$$

или

$$\sin \varphi_1 = \pm 1,43\lambda/b, \quad \sin \varphi_2 = \pm 2,46\lambda/b, \quad \sin \varphi_3 = \pm 3,47\lambda/b, \dots \quad (4)$$

Видно, что с ростом m значение m -го корня стремится к $(m + \frac{1}{2})\pi$, откуда получаем условие **дифракционных максимумов**:

$$b \cdot \sin \varphi = \pm \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda, \text{ где } m = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

Это условие не учитывает центральный максимум при угле дифракции $\varphi = 0$. Угловой размер центрального дифракционного максимума, как это следует из формулы (3),

$$\Delta \varphi = 2\lambda/b. \quad (6)$$

Расчетное задание

Монохроматический свет с длиной волны λ падает нормально на непрозрачное препятствие с узкой длинной щелью шириной b . Дифракционную картину наблюдают на экране, расположенном на расстоянии L от препятствия. Дифракционный минимум (для нечетных номеров вариантов) или максимум (для четных номеров вариантов) наблюдается под углом φ_m , где m – порядок спектра. В приведенной ниже таблице Δx – ширина центрального максимума на экране, Δx_{ik} – расстояние между минимумами (для

нечетных номеров вариантов) или максимумами (для четных номеров вариантов) i -го и k -го порядков.

Определите величины, отмеченные в таблице знаком вопроса. При вычислениях считайте, что угловое положение максимумов определяется выражениями (4). Используя известные значения b и λ , запишите в явном виде формулу (2).

С помощью любой компьютерной программы (MS Excel, MS Mathematics, MATLAB и др.), рассчитайте распределение интенсивности на экране $I(\varphi)$ как функцию угла дифракции φ . В расчетах примите интенсивность в центре дифракционной картины $I_0 = 1$. Постройте график распределения интенсивности на экране в зависимости от синуса угла дифракции.

Номер варианта расчетного задания соответствует порядковому номеру студента в журнале группы в системе ОРИОКС.

Вариант	λ , нм	b , мкм	m	φ_m	L , м	Δx , см	i	k	Δx_{ik} , см
1	?	50	1	0°40'	1,0	?	1	2	?
2	577	?	2	?	1,0	5,77	2	3	?
3	?	40	2	?	1,0	3,2	2	3	?
4	640	?	2	?	1,0	6,4	2	3	?
5	405	50	1	?	1,0	?	1	3	?
6	633	?	2	?	1,5	6,33	2	3	?
7	436	?	2	1°00'	1,0	?	1	3	?
8	?	40	3	?	1,5	?	1	2	1,80
9	582	?	2	1°00'	1,0	?	1	2	?
10	?	50	3	?	1,5	?	1	2	1,44
11	582	?	1	0°40'	1,0	?	1	2	?
12	436	?	2	2°00'	1,0	?	1	3	?
13	550	60	1	?	1,5	?	1	3	?
14	590	?	2	1°00'	1,0	?	1	2	?
15	760	100	1	?	1,5	?	1	3	?
16	?	60	2	?	1,0	?	1	3	2,13
17	?	60	1	0°33'	1,2	?	1	2	?
18	577	?	2	?	1,2	5,77	2	3	?
19	?	48	2	?	1,2	3,2	2	3	?
20	640	?	2	?	1,2	6,4	2	3	?
21	405	60	1	?	1,2	?	1	3	?
22	633	?	2	?	1,0	6,33	2	3	?
23	436	?	2	1°00'	1,2	?	1	3	?
24	?	60	3	?	1,0	?	1	2	0,80
25	582	?	2	0°40'	1,5	?	1	2	?
26	?	60	3	?	1,5	?	1	2	1,20
27	620	?	1	0°43'	1,0	?	1	2	?
28	436	?	1	2°00'	1,0	?	1	3	?
29	550	40	1	?	1,0	?	1	3	?
30	590	?	2	0°40'	1,5	?	1	2	?
31	760	60	1	?	1,0	?	1	3	?
32	?	90	2	?	1,5	?	1	3	2,13

Оформление задания

- 1) Расчетное задание оформите в отдельной тетради. Запишите номер варианта. Сформулируйте задание в соответствии со своим вариантом, указав известные параметры дифракционной картины.
- 2) Укажите параметры дифракционной картины, рассчитанные в ходе выполнения задания. Запишите формулы, по которым они были рассчитаны.
- 3) График распределения интенсивности на экране в зависимости от синуса угла дифракции распечатайте или зарисуйте аккуратно на миллиметровой бумаге, вклейте в тетрадь. Приведите соответствующее номеру варианта аналитическое выражение для зависимости $I(\varphi)$, которое использовалось при построении графика.
- 4) Не позднее **15 учебной недели** сдайте расчетное задание преподавателю, ведущему семинарские занятия.

Максимальный балл за расчетное задание **равен 3**.