

Домашнее задание для студентов 2-го курса (2-й этап)  
(По программе курса физики на 3 семестра)

*Дифракция Френеля*

1. Вычислить радиусы первых пяти зон Френеля для случая плоской волны. Расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения – 1,2 м. Длина волны  $\lambda = 600 \text{ нм}$ .
2. Найти внешний радиус третьей зоны Френеля при разбиении волнового фронта точечного монохроматического источника, находящегося на расстоянии: от источника  $a = 4 \text{ см}$ , до точки наблюдения:  $b = 150 \text{ мм}$  и  $\lambda = 570 \text{ нм}$ .
3. На экране Р наблюдается дифракция Френеля на круглом отверстии от точечного монохроматического источника S, если в отверстии укладывается две зоны. Определить диаметр отверстия, если расстояние от источника до отверстия:  $a = 16 \text{ мм}$ , расстояние от отверстия до экрана:  $b = 220 \text{ мм}$ ,  $\lambda = 0,65 \text{ мкм}$ . Максимум или минимум интенсивности наблюдается при этом на экране?
4. На экране наблюдают результат дифракции монохроматического излучения ( $\lambda = 450 \text{ нм}$ ) от точечного источника на круглом отверстии. Определить диаметр отверстия, если известно, что оказались открыты четыре френелевских зоны. Расстояние от источника до отверстия:  $a = 15 \text{ мм}$ , расстояние от отверстия до экрана:  $b = 250 \text{ мм}$ .
5. На круглое отверстие радиусом 1,5 мм в непрозрачном экране падает нормально параллельный пучок лучей с длиной волны 0,6 мкм. На пути лучей, прошедших через отверстие помещают экран. Определить максимальное расстояние от отверстия до экрана, при котором в центре дифракционной картины еще будет наблюдаться темное пятно.
6. Расстояние между точечным источником  $(\cdot) S$  и точкой наблюдения  $(\cdot) B$  равно 2 м. В какой точке на луче SB, надо поставить диафрагму с отверстием, диаметр которого 1,9 мм, чтобы при рассмотрении из точки B в отверстии укладывалось три зоны Френеля? Длина волны излучаемого света  $\lambda = 600 \text{ нм}$ .
7. В точке S находится источник монохроматического света ( $\lambda = 600 \text{ нм}$ ). Диафрагма с отверстием, радиусом 1 мм, перемещается из точки, отстоящей от S на 0,5 м, в точку, отстоящую от S на 1,27 м. Сколько раз будет наблюдаться затемнение в точке B, если  $SB = 1,5 \text{ м}$ ?
8. На чертеже зон Френеля, сделанном для плоского фронта волны, радиус первой окружности, ограничивающей центральную зону равен 2 см. Радиус последней окружности 14 см. Сколько зон Френеля содержится на чертеже? Зная, что площади всех зон равновелики, определить расстояние между двумя последними окружностями.
9. Между точечным источником S и точкой наблюдения B находится экран с отверстием, радиус которого можно изменять. При  $R_1 = 0,8 \text{ мм}$  в  $(\cdot) B$  открыто 3 зоны Френеля. Найдите  $R_2 > R_1$  при котором в  $(\cdot) B$  снова наблюдается максимум интенсивности.
10. Между точечным источником S и точкой наблюдения B находится экран с отверстием, радиус которого можно изменять. При  $R_1 = 0,6 \text{ мм}$  в  $(\cdot) B$  открыто 2 зоны Френеля. Найдите  $R_2 > R_1$ , при котором в  $(\cdot) B$  снова наблюдается минимум интенсивности.
11. Определить радиус  $r$  последней  $n$ -ой открытой френелевской зоны для наблюдателя в  $(\cdot) B$ , если расстояние от вершины сферического волнового фронта до плоскости отверстия  $d = 2 \text{ мкм}$ , а расстояния  $a$  (радиус фронта) и  $b$ , соответственно равны 90 мм и 300 мм.
12. Точечный источник света с длиной волны, равной  $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ , расположен на расстоянии  $a = 100 \text{ см}$  перед диафрагмой с круглым отверстием радиуса  $r = 1,0 \text{ мм}$ . Найти расстояние  $b$  от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии составляет три.
13. Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого  $r$  можно менять. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны  $a = 100 \text{ см}$  и  $b = 125 \text{ см}$ . Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре

дифракционной картины на экране наблюдается при  $r_1, 00$  мм и следующий максимум – при  $r_2 = 1,29$  мм.

14. Зонная пластинка дает изображение источника удаленного от нее на 2 м, на расстоянии 1,5 м от своей поверхности. Где получится изображение источника, если его отодвинуть в бесконечность?
15. Рассчитать радиус  $m$ -ой зоны Френеля при условии, что на зональную пластинку падает плоская волна. Найти  $r_1$  для этого случая, полагая расстояние до экрана  $b = 8$  м,  $\lambda = 450$  нм.
16. Радиус центрального прозрачного круга амплитудной зонной пластинки равен 250 мкм. Определить внутренний радиус третьего темного кольцевого пояса.
17. На амплитудную зонную пластинку падает плоский волновой фронт ( $\lambda = 585$  нм). Максимальная концентрация световой энергии на оси пластинки достигается в точке  $F_0$  на расстоянии 450 мм от нее. Найти диаметр центральной непрозрачной зоны. Найти значения 3-х первых дополнительных фокусов.
18. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии  $L$  от точечного источника монохроматического света ( $\lambda = 600$  нм). На расстоянии  $0,5 L$  от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром 1 см. Чему равно расстояние  $L$ , если преграда закрывает только центральную зону Френеля?
19. На рисунке (см. рис. 1) представлены распределения дифрагированного на щели плоского монохроматического излучения в трех плоскостях  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ . Найти дистанцию Рэлея ( $R$ ), условно отделяющую области дифракции в ближней и дальней зоне. Ширина щели 250 мкм,  $\lambda = 0,45$  мкм.
20. Определить фокусное расстояние зонной пластинки для света с длиной волны 546 нм, если радиус пятого кольца этой пластинки равен 1,2 мм. Определить радиус  $r_1$  первого кольца этой пластинки. Что произойдет, если пространство между зональной пластинкой и экраном заполнено средой с показателем преломления  $n$  ( $n > 1$ )?
21. Плоская монохроматическая волна падает нормально на экран с круглым отверстием. Диаметр отверстия уменьшается в  $N$  раз. Найти новое расстояние  $b$ , при котором в  $(\cdot) B$  будет наблюдаться та же дифракционная картина, но уменьшенная в  $N$  раз.
22. Диск диаметром 0,5 см с неровностями 20 мкм расположен на расстоянии 1 м от точечного источника  $S$  ( $\lambda = 0,5$  мкм). Считая, что пятно Пуассона видно до тех пор, пока неровности перекрывают зону Френеля не более чем на  $1/4$ , найти  $\min$  расстояние ( $b_m$ ) для его наблюдения.
23. На рисунке (см. рис. 1) представлены распределения дифрагированного на щели плоского монохроматического излучения в трех плоскостях  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ . Определить величину угла, соответствующего окрашенной области, если  $\lambda = 480$  нм, а дистанция Рэлея  $R = 1,1$  мм.
24. Радиус третьего кольца зонной пластинки равен 1,1 мм. Определить фокусное расстояние этой пластинки для света с длиной волны 480 нм. Определить радиус первого кольца этой пластинки.
25. Радиус центрального прозрачного круга амплитудной зонной пластинки равен 200 мкм. Определить внешний радиус второго темного кольцевого пояса.
26. Точечный источник света  $S$ , излучающий свет с длиной волны 550 нм освещает экран, расположенный на расстоянии  $L = 11$  м от  $S$ . Между источником света и экраном на расстоянии  $a = 5$  м от экрана помещена ширма с круглым отверстием, диаметр которого  $d = 4,2$  мм. Является ли освещенность в центре получающейся на экране картины большей или меньшей, чем та, которая будет иметь место, если убрать ширму?
27. Точечный источник света  $S$  ( $\lambda = 0,5$  мкм) расположен на расстоянии  $a = 90$  см перед экраном с круглым отверстием диаметра 1,0 мм. Найти расстояние  $b$  до точки наблюдения  $P$ , для которой амплитуда излучения изображается вектором  $AB$  на векторной диаграмме (см. рис. 2).

28. Свет от точечного источника  $S$  дифрагирует на круглом отверстии. Амплитуде в  $(\cdot)P$  соответствует на векторной диаграмме вектор  $AB$  (см. рис. 3). Экран с отверстием заменяют диском того же диаметра. Найти новый вектор, соответствующий амплитуде в  $(\cdot)P$ .
29. Плоская монохроматическая волна ( $\lambda = 610 \text{ нм}$ ) с интенсивностью  $J_0$  падает по нормали на круглое отверстие с  $r = 1 \text{ мм}$ . Найти интенсивность в  $(\cdot)P$  при расстоянии до экрана  $b = 1,1 \text{ м}$ . Амплитуде в  $(\cdot)P$  соответствует один из векторов, показанных на векторной диаграмме (см. рис. 3).
30. Какова интенсивность света  $J$  в фокусе зонной пластинки, если закрыты все зоны, кроме первой? Интенсивность света без пластинки равна  $J_0$ .
31. Какова интенсивность света  $J$  в фокусе зонной пластинки, если закрыть всю пластинку, за исключением внешней половины первой зоны? Интенсивность света без пластинки равна  $J_0$ .
32. Плоская световая волна ( $\lambda = 570 \text{ нм}$ ) с интенсивностью  $J_0$  падает нормально на непрозрачную диафрагму с отверстием радиуса  $0,7 \text{ мм}$ . Найти интенсивность в центре дифракционной картины на экране, отстоящем на расстоянии  $1,7 \text{ м}$  от отверстия.
33. Плоская световая волна ( $\lambda = 450 \text{ нм}$ ) с интенсивностью  $J_0$  падает нормально на непрозрачный диск радиуса  $0,9 \text{ мм}$ . Найти интенсивность в центре дифракционной картины на экране, отстоящем на расстоянии  $1,2 \text{ м}$  от диска.
34. Непрозрачный диск радиуса  $1,1 \text{ мм}$  освещается плоской световой волной ( $\lambda = 550 \text{ нм}$ ) с интенсивностью  $J_0$ . Найти интенсивность в центре дифракционной картины на экране, отстоящем на расстоянии  $1,1 \text{ м}$  от диска.
35. Плоская монохроматическая волна с интенсивностью  $J_0$  падает нормально на непрозрачную диафрагму с круглым отверстием. Какова интенсивность в центре дифракционной картины на экране, для которой отверстие открывает только внутреннюю половину первой зоны Френеля?
36. Плоская монохроматическая волна с интенсивностью  $J_0$  падает нормально на непрозрачную диафрагму с круглым отверстием. Какова интенсивность в центре дифракционной картины на экране, для которой отверстие сделали равным первой зоне Френеля и затем закрыли его половину (по диаметру)?
37. Какова интенсивность света  $J$  в фокусе зонной пластинки, если для точки наблюдения она закрывает все зоны, кроме первой и третьей? Интенсивность света без пластинки равна  $J_0$ .
38. Какова интенсивность света  $J$  в фокусе зонной пластинки, если для точки наблюдения она закрывает все зоны, кроме второй и четвертой? Интенсивность света без пластинки равна  $J_0$ .

### *Дифракция Фраунгофера*

1. Узкая щель шириной  $35 \text{ мкм}$  освещается монохроматическим излучением с плоским фронтом ( $\lambda = 620 \text{ нм}$ ). На экране  $P$  наблюдается дифракция Фраунгофера с характерным размером  $x$  (см. рис. 4). Определить величину  $x$ , если расстояние от щели до экрана  $b = 80 \text{ см}$ .
2.  $I(x)$  - распределение интенсивности дифрагированного на узкой щели излучения, где  $x$  - координата в плоскости экрана, перпендикулярная длинной стороне щели (см. рис. 5). Найти ширину щели, если  $\lambda = 0,51 \text{ мкм}$ ,  $a = 8,3 \text{ мм}$ , а расстояние от щели до экрана -  $765 \text{ мм}$ .
3.  $I(x)$  - распределение интенсивности дифрагированного на узкой щели излучения, где  $x$  - координата в плоскости экрана, перпендикулярная длинной стороне щели (см. рис. 5). Найти расстояние от щели до экрана, если  $\lambda = 570 \text{ нм}$ ,  $a = 13,2 \text{ мм}$ , ширина щели -  $0,06 \text{ мм}$ .
4. Узкая щель освещается монохроматическим излучением с плоским фронтом ( $\lambda = 610 \text{ нм}$ ). На экране наблюдается дифракция Фраунгофера с характерным размером  $x = 7,5 \text{ мм}$  (см. рис. 4). Определить ширину щели, если расстояние от щели до экрана  $b = 108 \text{ см}$ .
5. Узкая щель освещается монохроматическим излучением с плоским фронтом. На экране наблюдается дифракция Фраунгофера с характерным размером  $x = 8 \text{ мм}$  (см. рис. 4).

Определить длину волны падающего света, если ширина щели  $d = 32$  мкм, расстояние от щели до экрана  $b = 60$  см.

6. Плоская монохроматическая волна падает на щель шириной  $d$ . На экране  $P$  наблюдается дифракционная картина в дальней зоне. Определить, что произойдет с центральным максимумом при изменении угла падения волны на экран с  $0$  до  $\alpha$ .
7. На экране  $P$  с помощью линзы  $L$  с фокусным расстоянием  $50$  см наблюдают дифракцию Фраунгофера на щели шириной  $d$ . Определить изменение ширины центрального максимума и его сдвиг после поворота волнового фронта на угол  $\alpha = 20^\circ$ .
8. Свет с длиной волны  $\lambda = 0,5$  мкм падает по нормали на щель шириной  $d = 10$  мкм. Найти угловые положения первых минимумов, расположенных по обе стороны центрального фраунгоферовского максимума после того, как волновой фронт повернулся на угол  $\alpha = 30^\circ$ .
9. Чему равна постоянная дифракционной решетки, если для того, чтобы увидеть красную линию ( $\lambda = 700$  нм) в спектре второго порядка, зрительную трубу пришлось установить под углом  $30^\circ$  к оси коллиматора? Какое число штрихов нанесено на  $1$  см длины этой решетки? Свет падает на решетку нормально к поверхности.
10. Сколько штрихов на  $1$  мм длины имеет дифракционная решетка, если зеленая линия ртути ( $\lambda = 546$  нм) в спектре первого порядка наблюдается под углом  $19^\circ 8'$ .
11. На плоскую дифракционную решетку нормально к поверхности падает свет линии D натрия ( $\lambda = 589$  нм). Определить число штрихов на  $1$  мм длины решетки, если спектр второго порядка наблюдается под углом  $45^\circ$  к нормали.
12. На дифракционную решетку, нормально к ней падает пучок света. Угол дифракции для натриевой линии ( $\lambda = 589$  нм) в спектре первого порядка был найден равным  $17^\circ 8'$ . Некоторая линия дает в спектре второго порядка угол дифракции равный  $24^\circ 12'$ . Найти длину волны этой линии и число штрихов на  $1$  мм решетки.
13. На дифракционную решетку, нормально к ней, падает пучок света от разрядной трубки. Чему должна быть равна постоянная дифракционной решетки, чтобы в направлении  $\varphi = 41^\circ$  совпадали максимумы двух линий:  $\lambda_1 = 6563$  А и  $\lambda_2 = 4102$  А?\*
14. Дифракционная решетка освещается нормально падающим параллельным пучком света. В зрительной трубе, установленной под углом  $30^\circ$  к оси решетки, видны две совпадающие линии  $\lambda_1 = 675$  нм и  $\lambda_2 = 450$  нм. Наибольший порядок спектра, который можно наблюдать с помощью решетки - 4-ый. Определить постоянную решетки.
15. При освещении белым светом дифракционной решетки спектры третьего и четвертого порядков отчасти перекрывают друг друга. На какую длину волны в спектре третьего порядка накладывается фиолетовая граница спектра четвертого порядка ( $\lambda_1 = 400$  нм)?
16. На дифракционную решетку, нормально к ней, падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую длину волны в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия ( $\lambda = 670$  нм) спектра второго порядка?
17. Найти наибольший порядок спектра для желтой линии натрия  $\lambda = 589$  нм, если период дифракционной решетки равен  $2$  мкм.
18. Дифракционная решетка освещается параллельным, нормально падающим пучком света. В зрительной трубе, под углом  $30^\circ$  к оси решетки видны совпадающие линии ( $\lambda_1 = 630$  нм и  $\lambda_2 = 420$  нм). Наибольший порядок, который дает эта решетка – пятый. Определить период решетки.
19. Чему равен период дифракционной решетки, если эта решетка может разрешить в первом порядке спектра линии  $\lambda_1 = 4044$  А и  $\lambda_2 = 4047$  А? Ширина решетки  $3$  см.
20. Чему должна быть равна постоянная дифракционной решетки шириной в  $2,5$  см, чтобы в первом порядке был разрешен дублет натрия  $\lambda_1 = 5890$  А и  $\lambda_2 = 5896$  А?

---

\* Здесь и далее символом А обозначена единица измерения длины *ангстрем*.

21. Период дифракционной решетки длиной 2,5 см равен 2 мкм. Какую разность длин волн может разрешить эта решетка в области желтых лучей ( $\lambda = 600$  нм) в спектре второго порядка?
22. Период дифракционной решетки шириной 2 см равен 1 мкм. Какую разность длин волн  $\Delta\lambda$  ( в ангстремах) может разрешить эта решетка в области длин волн 600 нм в спектре второго порядка?
23. Определить угловую дисперсию дифракционной решетки для  $\lambda = 589$  нм в спектре первого порядка. Период решетки равен 2,5 мкм.
24. Определить разрешающую способность решетки, и разрешит ли решетка, имеющая постоянную 20 мкм, натриевый дублет ( $\lambda_1 = 5890$  А и  $\lambda_2 = 5896$  А) в спектре второго порядка, если длина нарезанной части решетки 1,5 см?
25. Ширина решетки равна 25 мм, постоянная  $d = 6$  мкм. В спектре какого наименьшего порядка получается раздельное изображение двух спектральных линий с разностью длин волн 1 А, если линии лежат в красной части спектра вблизи  $\lambda = 700$  нм?
26. Спектр натрия наблюдается с помощью дифракционной решетки, имеющей 500 штрихов на 1 мм. Какова должна быть минимальная длина решетки, чтобы разрешить линии 5890 и 5896 А в наивысшем порядке, в котором могут наблюдаться эти линии?
27. Угловая дисперсия дифракционной решетки для  $\lambda = 668$  нм в спектре первого порядка равна 41,6 угл.сек/нм. Найти период дифракционной решетки.
28. Разрешит ли решетка, имеющая постоянную 20 мкм, натриевый дублет ( $\lambda_1 = 5890$  А,  $\lambda_2 = 5896$  А) в спектре первого порядка, если длина нарезанной части решетки 2 см?
29. Ширина решетки равна 15 мм, постоянная  $d = 5$  мкм. В спектре какого наименьшего порядка получается раздельное изображение двух спектральных линий с разностью длин волн 1 А, если линии лежат в красной части спектра вблизи от 700 до 780 нм?
30. Дифракционная решетка шириной 25 мм имеет 400 штрихов на мм. Определить: а) ее разрешающую способность для спектра третьего порядка; б) наименьшую разность длин волн  $\delta\lambda$  двух спектральных линий одинаковой интенсивности вблизи  $\lambda = 0,56$  мкм, которые можно разрешить этой решеткой в максимальном порядке спектра, если свет падает на решетку нормально.
31. Подсчитать угловую дисперсию (в угл.с./нм) в спектре первого порядка для решетки, имеющей 3937 штрихов на 1 см. Подсчитать расстояние между компонентами желтой линии дублета Na ( $\lambda_1 = 5890$  А,  $\lambda_2 = 5896$  А) которое получится на фотопластинке в спектрографе с такой же решеткой при объективе с фокусным расстоянием 50 см.
32. Подсчитать угловую дисперсию (в угл.с./нм) в спектре второго порядка для решетки, имеющей 3937 штрихов на 1 см. Подсчитать линейную дисперсию спектрографа с такой решеткой при объективе с фокусным расстоянием 50 см.
33. На каком расстоянии будут находиться на экране две линии ртутной дуги (5770 А и 5791 А) в спектре первого порядка, даваемого дифракционной решеткой, имеющей 500 штрихов на 1 мм. Фокусное расстояние линзы равно 0,6 м.
34. Какое фокусное расстояние должна иметь линза, проектирующая на экран спектр, полученный при помощи дифракционной решетки, чтобы расстояние между двумя линиями калия  $\lambda_1 = 4044$  А и  $\lambda_2 = 4047$  А в спектре первого порядка было равно 0,1 мм? Период решетки 2 мкм.
35. Какое фокусное расстояние должен иметь спектрограф с дифракционной решеткой, имеющей ширину заштрихованной части 10 см и полное число штрихов 60000, чтобы разрешаемые им во втором порядке спектральные линии были видны на фотопластинке не ближе чем на расстоянии 0,2 мм ( $\lambda = 650$  нм) ?
36. Период решетки равен 4 мкм. На решетку падает нормально к поверхности пучок лучей белого света. Линза проектирует спектр на экран, удаленный на 1 м от линзы. Определить длину

спектра первого порядка на экране. За границы видимого спектра принять длины волн от 400 до 780 нм.

37. На дифракционную решетку, содержащую 500 штрихов на мм падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проецируется на экран линзой. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана равно 3 м. Границы видимого спектра  $\lambda_1 = 780$  нм,  $\lambda_2 = 400$  нм.
38. Перед объективом фотокамеры установлена дифракционная решетка с периодом 0,002 мм. На решетку, нормально к ней, падает пучок белого света. Найти длину спектра первого порядка, если фокусное расстояние объектива 21 см, а пленка чувствительна к лучам с длиной волны от 310 до 680 нм.
39. Перекрываются ли спектры первого и второго порядков для решетки, имеющей 100 штрихов на 1 мм, если на решетку нормально падает параллельный пучок лучей белого света? Какова разность углов отклонения конца первого и начала второго порядков спектра? Граница видимого света от 400 до 700 нм.
40. Найти разность углов отклонения конца первого и начала второго порядка спектров, даваемых дифракционной решеткой, имеющей 100 штрихов на мм. Решетка освещается нормально падающим на нее белым светом от 400 нм до 750 нм. Могут ли перекрываться спектры первого и второго порядков для этой решетки?

Рисунки к задачам по дифракции Френеля:

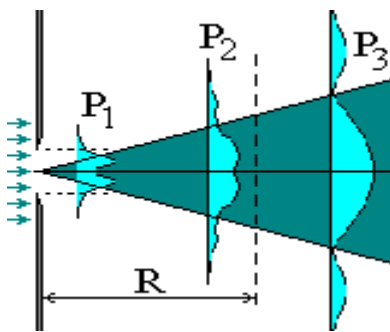


Рис. 1

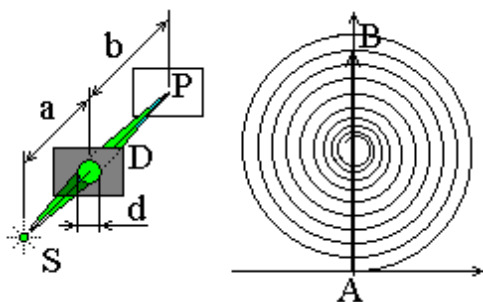


Рис. 2

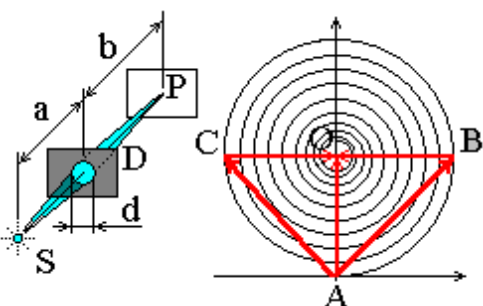


Рис. 3

Рисунки к задачам по дифракции Фраунгофера:

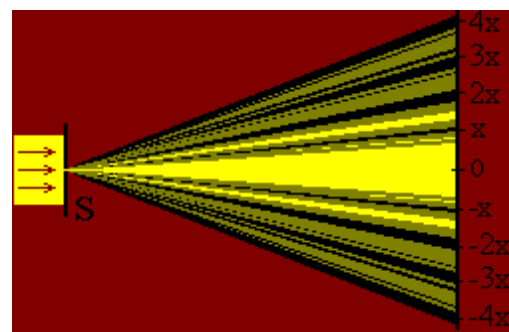


Рис. 4

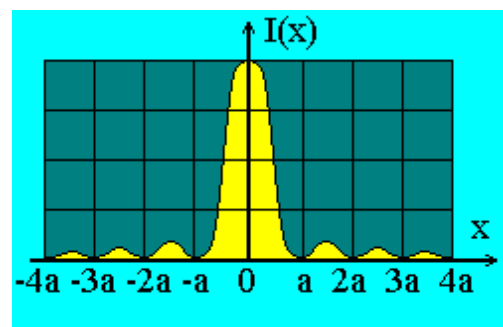


Рис. 5

Распределение задач по вариантам					
№ варианта	<i>Дифракция Френеля</i>			<i>Дифракция Фраунгофера</i>	
<b>1</b>	1	17	35	15	20
<b>2</b>	10	19	34	9	32
<b>3</b>	5	21	32	12	30
<b>4</b>	8	16	27	3	26
<b>5</b>	11	25	29	1	21
<b>6</b>	7	20	36	5	31
<b>7</b>	9	24	30	20	34
<b>8</b>	13	23	38	10	37
<b>9</b>	12	19	32	5	19
<b>10</b>	4	14	28	14	24
<b>11</b>	2	18	33	17	25
<b>12</b>	5	22	34	2	35
<b>13</b>	2	24	37	28	36
<b>14</b>	3	16	30	23	38
<b>15</b>	6	20	35	11	25
<b>16</b>	13	15	26	6	29
<b>17</b>	4	25	37	27	39
<b>18</b>	10	14	29	4	24
<b>19</b>	9	23	31	8	28
<b>20</b>	7	22	36	13	33
<b>21</b>	12	18	38	1	30
<b>22</b>	8	15	33	18	22
<b>23</b>	1	24	28	7	40
<b>24</b>	6	21	27	16	23
<b>25</b>	3	17	31	12	27