

Федеральное агенство по образованию  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ТГУ)  
Физический факультет  
Кафедра общей и экспериментальной физики

КУРСОВАЯ РАБОТА  
МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ  
ДИФРАКЦИЯ СВЕТА  
Шепелева Татьяна Сергеевна

Руководитель  
\_\_\_\_\_ асс. Воронцов А.А.

Автор работы  
\_\_\_\_\_ Шепелева Т.С.

Томск 2009

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Методика решения задач на тему дифракция</b>	<b>4</b>
2.1	Общие положения . . . . .	4
2.2	Общие методы решения задач по физике . . . . .	5
2.3	Методика решения задач по теме Дифракция света . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Основы издательской системы L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Заключение</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Список использованной литературы</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Приложение А</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Приложение Б</b>	<b>25</b>

# 1 Введение

В настоящее время на смену печатным изданиям в систему образования приходят электронные образовательные ресурсы (ЭОР). Преимущества ЭОР разнообразны: возможность использовать одного ресурса многими пользователями, возможность сделать материал достаточно наглядным, динамичным и даже интерактивным. Таким образом использование информационных технологий позволяют сделать процесс обучения более эффективным.

Существуют много технологий создания ЭОР. Каждый из этих технологий ориентированна на создание определенных классов ресурсов. Например, для создание виртуальных лабораторных работ используются языки программирования высокого уровня, а для создания анимационных моделей используются Adobe Flash. Специфика создания электронных ресурсов по физике требует специального инструментария для автоматизации набора математических формул. В данной работе для решения этой проблемы была использованна издательская система  $\text{\LaTeX}$ . Основное преимущество этой системы в том, что любое сколь угодно сложное форматирование математических выражений предоставляется в текстовом виде. Это позволяет исходный код читать и форматировать любым текстовым редактором. В отличии от текстовых процессоров класса Microsoft Word издательская система  $\text{\LaTeX}$  распространяется бесплатно, имеет низкие системные требования и работает во всех операционных системах. На основе одних исходных текста можно формировать документы в различных форматах. Это особенность  $\text{\LaTeX}$ 'а позволяет в разработке электронных ресурсов сосредоточить внимание на содержательной части. При этом дизайн и качество документа остаются неизменными независимо от входного формата. В начале изучения издательской системы  $\text{\LaTeX}$  удобно использовать выходной формат PDF. В  $\text{\LaTeX}$ 'е была подготовленна данная работа именно в указанном формате. Результатом работы является изучение  $\text{\LaTeX}$ 'а на минимальном уровне, набор условий и примеров решений задач. Издательская система используется для создание учебно-методического комплекса по теме Дифракция света. В работе наброно несколько десятков задач и несколько примеров решений. Решение оформленно на основе изучения существующих методических рекомендаций.

## 2 Методика решения задач на тему дифракция

### 2.1 Общие положения

Задачей обычно называют целесообразно подобранные упражнения, главное назначение которых заключается в изучении физических явлений, формировании понятий, развитии физического мышления учащихся и привитии им умений применять свои знания на практике. Вследствие чего, выбор правильной методики решения задач является залогом успешного решения. Конечно, не существует универсальной методики решения задач, которой нужно беспрекословно следовать. Можно создать примерный алгоритм, которому будем следовать при решении задач. Для того чтобы начать решать задачу первое, что надо сделать – это понять ее. Установите в общих чертах условия задачи: что неизвестно, а что дано. Лучше все данные задачи сразу выразить в одинаковых величинах (СИ). Сделайте чертеж, схему или рисунок, поясняющие описанный в задаче процесс. Указать на чертеже все данные и искомые величины задачи.

После того как мы разобрали условие задачи, необходимо выяснить какие законы здесь действуют. Сначала нужно определить связь между исходными данными и неизвестным. Написать уравнение или систему уравнений, отображающих происходящий физический процесс в общем виде. Если возникают трудности при составлении уравнений, то следует рассмотреть вспомогательную задачу. Может быть, вы встречались с такой задачей раньше или сталкивались с подобной задачей в несколько другом виде. Если невозможно решить полностью задачу, то следует оставить только часть условия, отбросить другую часть. Если у вас не получается решить предлагаемую задачу, постарайтесь сначала решить какую-нибудь подобную задачу. Возможно, следует изменить неизвестное и исходные данные, для того чтобы новое неизвестное и новые исходные данные стали ближе друг к другу. Преобразовать исходные равенства так, чтобы в конечном виде в них входили лишь упомянутые в условиях задачи величины и табличные данные. После этого проверить все ли исходные данные вы применили, все ли математические понятия, включенные в задачу, вы использовали.

Теперь остается решить задачу в общем виде (получить "рабочую формулу"), т.е. выразить искомую величину через заданные в задаче. Проверяйте каждый шаг, доказывая, что он безошибочен. Затем произвести вычисления и проверку единиц величин, подставив их в "рабочую формулу". Полученная единица должна совпадать с единицей искомой в задаче величины. Запомнить и применить этот результат или способ решения для какой-нибудь другой задачи.

## 2.2 Общие методы решения задач по физике

Физическая задача – это физическое явление, точнее – это его словесная модель с некоторыми известными и неизвестными физическими величинами, характеризующими это явление. Существует два способа нахождения неизвестных величин: экспериментальный и теоретический. В экспериментальном на опыте определяют неизвестные величины, а в теоретическом методе неизвестные определяют путем анализа явления, с помощью физических законов.

При решении физической задачи различают три этапа: физический, математический и аналитический.

Физический этап решения задачи включает: ознакомление с условием задачи и составление системы уравнений. После составления системы уравнений задача считается физически решенной.

В математическом этапе происходит решение системы и получения числового ответа. Математический этап неправильно считать второстепенным. С точки зрения практики задача решена правильно, если получен верно ее общий и числовой ответ. Последний этап – это аналитический, его нельзя провести не зная общего и числового ответа. На этом этапе анализируют, как и от каких физических величин зависит найденная величина, при каких условия она осуществляется. При анализе числового ответа сравнивают правильность полученного ответа и физически возможного.

Знания системы этапов недостаточно для решения задач, поэтому отсюда вытекает необходимость в системе общих методов решения. Система общих методов должна обладать следующими свойствами: она должна быть универсальной, т. е. она должна применяться к любой задаче общего курса физики; она должна охватывать все этапы решения произвольной задачи. В результате этих свойств можно предложить следующие методы.

Метод анализа физической ситуации задачи. Он сводится к выделению и анализу физического явления. Анализ явления происходит при прочтении условия задачи. Далее необходимо записать краткое условие, сделать чертеж или рисунок, обозначив на нем все данные и искомые величины. В основной части этого метода надо провести анализ физического явления, т. е. определить его качественную и количественную характеристики. Во-первых, выбирают физическую систему, во-вторых, определяют качественные характеристики и, в-третьих, рассматривают в каких физических процессах участвуют объекты системы.

Затем устанавливают количественную связь и соотношения между исходными данными. Далее составляют систему уравнений и после этого задача считается физически решенной. Этот метод применяется на физическом этапе решения.

Обще-частные методы. Метод дифференцирования и интегрирования. Система обще-частных методов решения хороша тем, что она универсальна. Она может быть применена к решению задач из любого раздела физики. Частным случаем этого метода является метод дифференцирования и интегрирования (метод ДИ). В методе ДИ происходит анализ границ применимости физических законов. В основе этого метода лежит принцип возможности представления законов в дифференциальной форме и принцип суперпозиции. Математическую основу метода составляют дифференцирование и интегрирование функций.

Метод упрощения и усложнения. Этот метод используют при решении непоставленных и нестандартных задач. Этот метод позволяет развернуть задачу в более сложную или простую. Составными частями этого метода является процесс упрощения (отброс второстепенных явлений, пренебрежение несущественными деталями и т.д.) и процесс усложнения (усложнение физических явлений, связей и т. д.). Материальную основу этих процессов составляет метод оценок. Этот метод часто используют при оценке физических величин и физических явлений.

Метод постановки задач. Этот метод используют на этапе анализе решения задач или на этапе постановки задачи при решении непоставленных задач (неидеализированная и решение неоднозначно, распадающаяся на ряд поставленных задач). Сначала в решении непоставленной задачи надо поставить условие. Необходимо выяснить при проведении анализа физического явления, какие можно ввести упрощения, чем можно пренебречь. После процесса идеализации формулируется задача: при каких условиях дано что-то, требуется найти нечто. Далее идет уже известный этап. Вторично провести анализ физического явления, записать систему уравнений и решить ее в общем виде. Затем числовой расчет. Далее, снимая дополнительные условия, можно решить другие задачи, как указано выше. Таким образом с одной непоставленной задачей может быть связана большая группа разнообразных задач.

### **2.3 Методика решения задач по теме Дифракция света**

Рассмотрев общие принципы решения задач и общие методы решения задач по физике, перейдем к конкретной теме – дифракция света. Для этого необходимо знать, как классифицируются задачи по данной теме и какие существуют методы их решения.

#### **КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАДАЧ**

Все задачи по дифракции можно разделить на: дифракцию Френеля, дифракцию Фраунгофера и задачи на дифракционную решетку.

Рассмотрим дифракцию Френеля на круглом отверстии.

С помощью спирали Френеля можно оценить результат дифракции на круглом отверстии или круглом экране в центре дифракционной картины и определить ее вид. Рассмотрим дифракцию на непрозрачном экране, в котором проделано круглое отверстие радиуса  $r$ .

Пусть  $E_0$  и  $I_0$  обозначают амплитуду и интенсивность волны в точке  $P$  при свободном распространении волны, т. е. при отсутствии экрана. Длина отрезка  $|OF|$  пропорциональна  $E_0$ . Действие непрозрачного экрана сводится к устранению той части волнового фронта, которую он закрывает. На действие открытой части волнового фронта влияние экран не оказывает. Общий световой поток пропорционален площади поверхности отверстия.

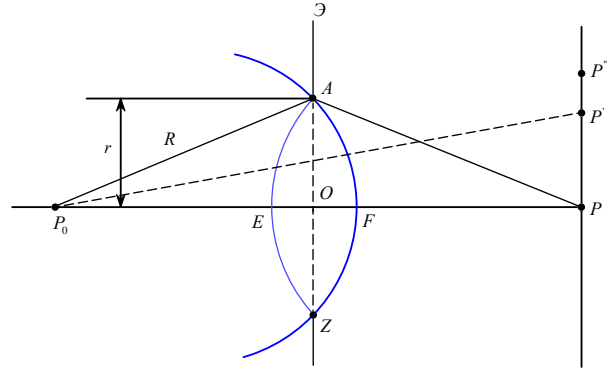


Рис. 1. Дифракция света на круглом отверстии

Оценить интенсивность света в центре дифракционной картины в зависимости от радиуса отверстия можно следующим способом. Построим сферу с центром в точке  $P_0$ , где расположен источник света, так чтобы она проходила через края отверстия  $AB$ . Выбрав точку наблюдения, построим зоны Френеля и подсчитаем сколько зон укладывается в отверстии. Найдем интенсивность света  $I$  за экраном в точке  $P$ .

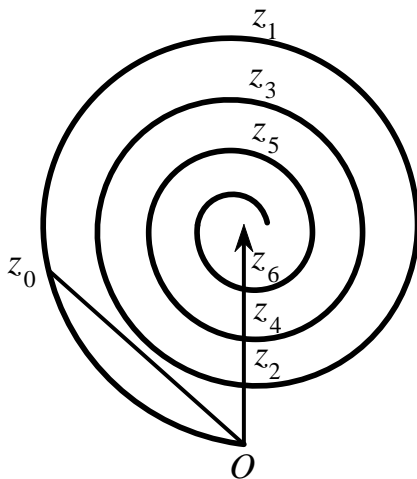


Рис. 2. Спираль Френеля

Если экран открывает центральную зону Френеля, то амплитуда колебания света в точке наблюдения пропорциональна отрезку  $|OZ_1| = 2|OF|$ , т.е.  $E \simeq 2E_0$ ,  $I \simeq 4I_0$ . Таким образом, интенсивность  $I$  в центре  $P$  дифракционной картины оказывается в четыре раза большей, чем было бы при свободном распространении волны.

Если удалять от центра, то частично будет открываться вторая зона Френеля, и по мере увеличения расстояния от оси симметрии  $P_0P$  разность хода между самой близкой и дальнейшими точками на открытом отверстии волнового фронта может стать равной  $\lambda/2$ . Таким образом, из-за интерференции вторичные волны будут компенсировать друг друга. Из соображений симметрии ясно, что множество таких то-

чек будет представляться темным кольцом с центром в точке  $P$ . Далее, понятно, что вокруг темного кольца должно возникнуть светлое кольцо, например при смещении в точку  $P''$ . Поэтому дифракционная картина от круглого отверстия представляет собой чередование концентрических светлые и темные колеи (с центром в точке  $P$ ). Диаметр первого темного кольца будет несколько превышает диаметр отверстия. Из-за дифракции свет должен проникать в область геометрической тени, т. е. огибать препятствие.

Если увеличить радиус отверстия  $r$ , то при открытых двух первых зон Френеля в точке  $P$  наблюдается минимум интенсивности, так как действия первой и второй зоны практически полностью компенсируют друг друга. На спирали Френеля одновременной действие двух первых зон Френеля пропорционально отрезку  $|OZ_2|$ , длина которого очень мала (по сравнению с длиной отрезка  $|OZ_1|$ ). Если число открытых зон равно трем, то интенсивность света в точке  $P$  будет такой же, как получилось бы, если бы была открыта только третья зона Френеля. Совокупное действие трех зон Френеля пропорционально длине отрезка  $|OZ_3|$ . Всегда при четном числе открытых зон Френеля в точке  $P$  будет наблюдаться минимум, а при нечетных максимум. Поскольку зоны с большим номером вносят меньший вклад в результирующее колебание (из-за большего угла дифракции), при большом числе зон, укладывающихся в отверстии непрозрачного экрана, заметного влияния на интенсивность света на оси пучка экран оказывать не будет.

Теперь перейдем к случаю, когда волновая поверхность плоская и характер препятствия полуплоскость или щель.

Пусть на экран падает нормально плоская монохроматическая волна длины  $\lambda$ . Расположим перед экраном на расстоянии  $l$  от него непрозрачную полуплоскость  $N$  с прямолинейным краем. Если бы свет распространялся прямолинейно, то на экране мы бы видели резкую тень от края полуплоскости. В действительности из-за волнового характера света на экране образуется сложная дифракционная картина. Для расчета этой картины воспользуемся принципом Гюйгенса-Френеля. В качестве волновой поверхности  $S$  возьмем открытую часть, которая продолжает непрозрачную полуплоскость. Сначала найдем амплитуду колебания в точке  $P_0$ , которая находится на краю геометрической тени. Разо-

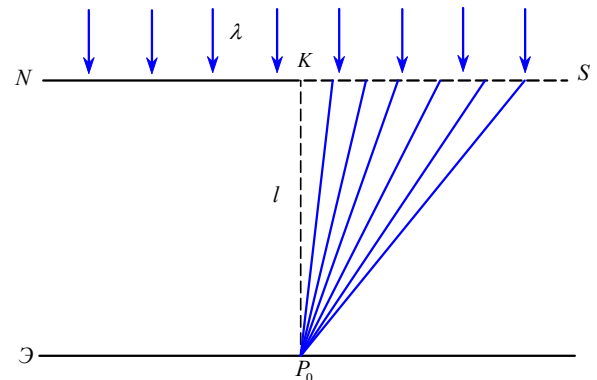


Рис. 3. Дифракция света на полуплоскости и щели

бъем мысленно открытую часть волновой поверхности  $S$  на узкие одинаковой ширины прямолинейные полоски (зоны), параллельные краю полуплоскости.

Амплитуду колебаний, приходящих в точку  $P_0$  от первой зоны-полоски изобразим вектором  $dA_1$ , от второй  $dA_2$ , повернутым на небольшой угол против часовой стрелки. В дальнейшем угол между векторами становится все больше, так как запаздывание следующих зон-полосок увеличивается. Модули  $dA_i$  уменьшаются. Результирующая амплитуда колебаний в точке  $P_0$  от достаточно широкой полосы волновой поверхности  $S$  изобразится суммой векторов  $dA_i$  от всех зон-полосок.

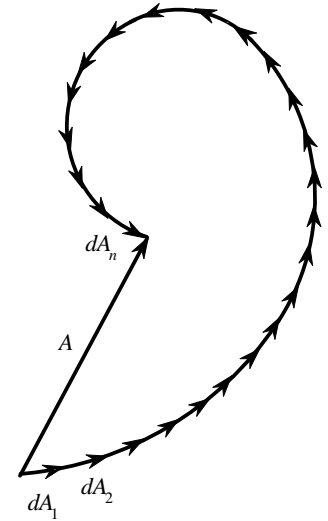


Рис. 4. Векторная диаграмма

Дифракцию Фраунгофера получила значительно большее практическое применение в оптике. Фраунгофер предложил иной способ наблюдения дифракции. На отверстие или щель направляют параллельный пучок света и дифракционную картину наблюдают на большом расстоянии, т.е. практически в параллельных лучах. Это и есть дифракция Фраунгофера.

Дифракция Фраунгофера на круглом отверстии представляет особый интерес, т.к. в оптических приборах оправы линз и объективов имеют круглую форму.

Ее можно наблюдать на экране в фокальной плоскости линзы, направив на отверстие нормально плоскую световую волну. Эта картина имеет вид центрального светлого пятна, окруженного чередующимися темными и светлыми кольцами. Соответствующий расчет дает, что минимум первого темного кольца отстает от центра дифракционной картины на угловое расстояние

$$\vartheta = 1,22\lambda/D$$

при условии, что  $D \gg \lambda$ .

Следует обратить внимание, что в центре фраунгоферовской дифракционной картины от круглого отверстия *всегда* образуется максимум.

В отличие от дифракции Фраунгофера от круглого отверстия, расчет дифракции от узкой длинной щели с параллельными краями значительно проще.

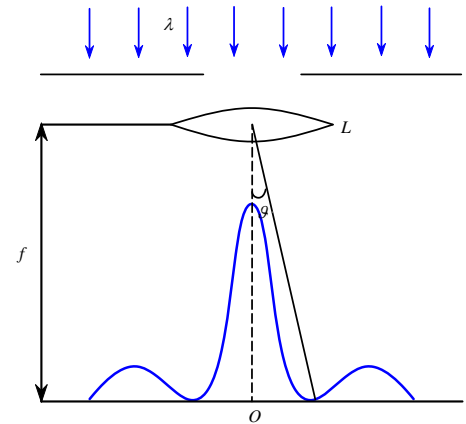


Рис. 5. Распределение интенсивности от круглого отверстия

Пусть на щель ширины  $b$  падает нормально плоская световая волна. Разобьем мысленно эту щель на узкие одинаковые по ширине зоны-полоски. Колебания приходящие от каждой такой зоны имеют одинаковую амплитуду  $dA$ , т.к. распространяются параллельно друг другу перед линзой. Разность фаз между колебаниями будет одинакова. Отсюда следует, что при графическом изображении мы получим цепочку векторов  $dA_i$ , одинаковых по модулю и повернутых друг относительно другу на один и тот же угол.

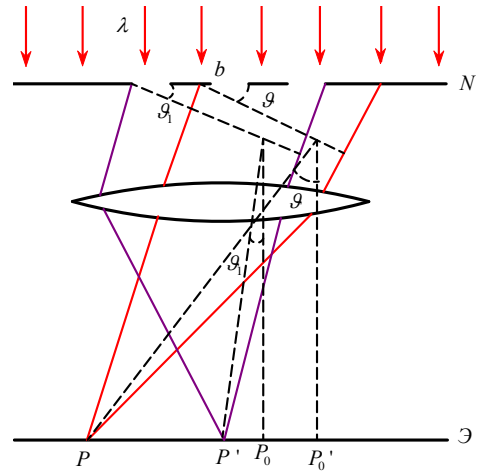


Рис. 6. Дифракция света на полуплоскости и щели

Наиболее частным случаем дифракции Фраунгофера является дифракция на периодических структурах. В частности дифракционная решетка.

Это оптический прибор, работающий по принципу дифракции света, представляет собой совокупность большого числа регулярно расположенных штрихов (щелей, выступов), нанесённых на некоторую поверхность. Фронт световой волны разбивается штрихами решётки на отдельные пучки когерентного света. Эти пучки претерпевают дифракцию на штрихах и интерферируют друг с другом. Так как для каждой длины волны существует свой угол дифракции  $\vartheta$ , то белый свет раскладывается в спектр. Расстояние, через которое повторяются штрихи на решётке, называют периодом дифракционной решётки  $d$ . В дифракционной картине максимумы наблюдаются при выполнении условия

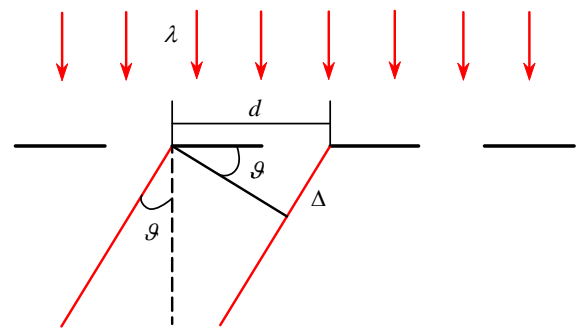


Рис. 7. Дифракционная решетка

$$d \sin \vartheta = m\lambda$$

Дифракционная решетка, как любой спектральный прибор обладает рядом характеристик.

Разрешающая способность решетки, которая позволяет различить две длины волн, отличающиеся на  $\Delta\lambda$  в области длин волн  $\lambda$ :  $R = \lambda/\Delta\lambda = mN$ ,  $m$  – порядок дифракционного спектра,  $N$  – общее число щелей дифракционной решетки.

Угловая дисперсия решетки:  $D = \left| \frac{\Delta\vartheta}{\Delta\lambda} \right|$ . Она показывает под каким малым углом  $\Delta\vartheta$  видны две линии в спектре одного порядка, отличающиеся на  $\Delta\lambda$ .

Линейная дисперсия  $D^*$  дифракционной решетки – это величина  $\Delta l / \Delta\lambda$ , которая показывает на каком расстоянии  $\Delta l$  видны на экране две линии в спектре одного порядка, отличающиеся на  $\Delta\lambda$ .

Теперь обратимся к методам решения задач. Выделяют:

### Метод зон Френеля

Участки, на которые можно разбить поверхность световой (или звуковой) волны для вычисления результатов дифракции света (или звука). Суть метода такова. Пусть от светящейся точки  $Q$  распространяется сферическая волна и требуется определить характеристики волнового процесса, вызванного ею в точке  $P$ . Разделим поверхность волны  $S$  на кольцевые зоны; для этого проведём из точки  $P$  сферы радиусами  $PO$ ,  $Pa = PO + l/2$ ;  $Pb = Pa + l/2$ ,  $Pc = Pb + l/2$ , ( $O$  – точка пересечения поверхности волны с линией  $PQ$ ;  $l$  – длина световой волны). Кольцеобразные участки поверхности волны, «вырезаемые» из неё этими сферами, и называется Зонами Френеля.

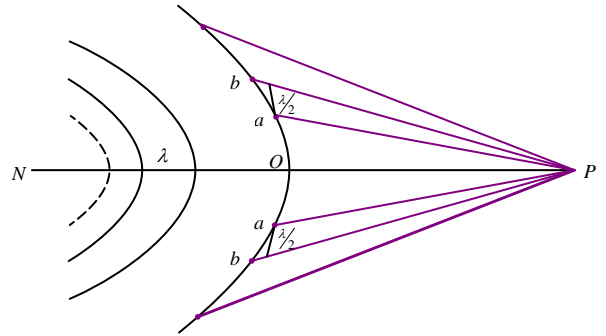


Рис. 8. Зоны Френеля

### Метод графического сложения амплитуд

Каждое гармоническое колебание можно представить в виде вектора амплитуды, состоящего с направлением колебания некоторый угол, равный фазе колебания. Предполагается, что вектор амплитуды вращается вокруг точки, совпадающей с его началом, против часовой стрелки с угловой скоростью, равной круговой частоте колебания. Длина вектора равна величине колебаний, согласно выбранному масштабу. Этот метод удобен при сложении колебаний. Он применяется с целью вычисления результирующей амплитуды. Для этого открытую часть фронта волны необходимо разделить на такие элементарные участки, чтобы фаза и амплитуда колебаний, вызываемых всеми точками данного участка, практически могла считаться постоянной.

### Спираль Корню

В методе зон Френеля сложение амплитуд дает кривую в виде спирали (так как площади зон Френеля равны). В этом случае площади зон не равны, то построение более сложную кривую – вначале она полого, затем переходит в спираль. Обусловлено это тем, что вначале площади соседних зон резко отличаются, а затем становятся почти одинаковыми. Аналогично получается левая ветвь, полностью симметричная правой. Точки  $\mathcal{F}_+$   $\mathcal{F}_-$ , к которым спираль асимптотически приближается, называется полюсами. Полученная таким образом кротоида называется СПИРАЛЬЮ КОРНЮ. Симметричность ветвей обусловлена симметричным расположением правой и левой частей фронта волны относительно точки В. Точка О является точкой перегиба.

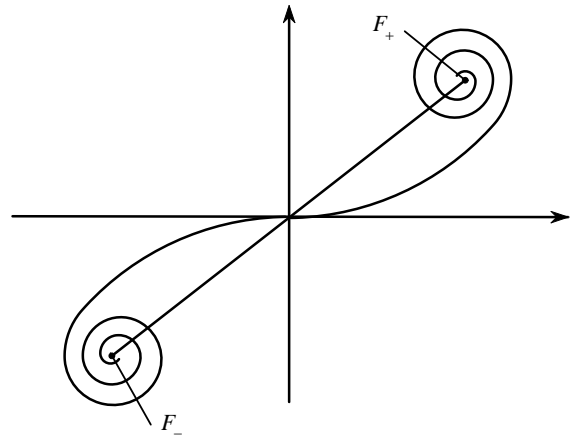


Рис. 9. Спираль Корню

В некоторой точки В1, результирующая амплитуда определяется как

$$\sum_{i=1}^n \Delta \vec{E}_{0i} + \sum_{i=1}^{\infty} \Delta \vec{E}_{0j} = \vec{E}_{0B1},$$

где  $n$  – число действующих влево от точки В1 зон. второй член определяет влияние бесконечного количества зон, расположенных вправо от точки наблюдения. Распределение интенсивности на экране в соответствии со спиралью Корню представлена на рисунке.

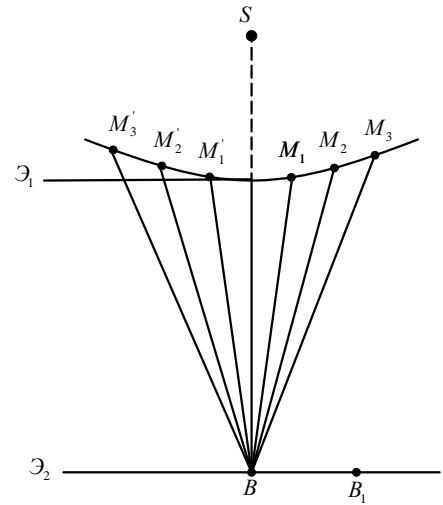


Рис. 10. Применение спирали Корню для вычисления амплитуды

#### Аналитический метод

Ширину элементарной полоски обозначим через  $dx$ . Возмущение, вызванное каждой полоской в плоскости щели, описывается уравнением  $E_0 = cdx \cos \omega t$ , где  $c$ - постоянная величина. Если амплитуду падающей волны, соответствующей всей ширине щели, обозначить за  $E_0$ , то  $E_0 = \int_0^b cdx = cb$ , откуда  $c = E_0/b$

### 3 Основы издательской системы ЛАТ<sub>E</sub>X

Система компьютерной верстки Т<sub>E</sub>X была создана выдающимся американским математиком и программистом Дональдом Кнутом в конце 70-х годов XX века; издательские системы на ее базе до сих пор широко используются и сдавать свои позиции не собираются. В чем же причина долголетия, в чем ее достоинства?

Т<sub>E</sub>X распространяется свободно, работает практически на всех существующих компьютерных платформах, и все они работают одинаково. Исходный формат Т<sub>E</sub>X'овских документов – это обычный текстовый файл. В Т<sub>E</sub>X'е легко создаются даже сложные структуры типа примечаний, оглавлений, библиографий и прочее. Пользователю нужно выучить лишь несколько понятных команд, задающих логическую структуру документа, т.е. практически не требуется работать собственно с макетом документа. Т<sub>E</sub>X стал международным языком для обмена математическими и физическими статьями: набрав свою статью в Т<sub>E</sub>X'е, пользователь может отправить ее по электронной почте своему коллеге, даже если отправитель работает под Windows, а получатель – с UNIX'ом или, допустим, на Макинтоше. В Т<sub>E</sub>X'е существует отделение логической структуры документа от фактического содержания. Любой дистрибутив Т<sub>E</sub>X'а представляет собой набор множества макропакетов. Существуют системы, которые имеют более развитый графический интерфейс, сравнимый с текстовым процессором Microsoft Word, внутреннее представление данных соответствует языку Т<sub>E</sub>X. Примером таких систем являются Scientific Word, Scientific Work Place, Scientific Notebook, TexMacs. Т<sub>E</sub>X поддерживает множество форматов выходных документов. Он позволяет импортировать и экспортировать документы в большое число форматов. Никакая другая из существующих в настоящее время издательских систем не может сравниться с Т<sub>E</sub>X'ом в полиграфическом качестве текстов с математическими формулами.

Документ, созданный в Т<sub>E</sub>X выглядит в любом выходном формате в электронном виде или на печати одинаково хорошо, независимо от сложности форматирования.

Наконец, основные реализации Т<sub>E</sub>X'а для всех платформ распространяются бесплатно.

Как у любой программы у Т<sub>E</sub>X'а есть недостатки. Для этой издательской системы отсутствует свободно распространяемые текстовые процессоры. Для работы с Т<sub>E</sub>X'ом необходимо знание основных команд. Издательская система и редактор для работы с ней поставляются отдельно. При этом существует большой выбор, как дистрибутивов, так и текстовых редакторов. Для Windows самыми распространенными является MikTeX. Последняя версия MikTeX 2.7 использовалась нами в работе.

В Т<sub>E</sub>X'е существуют основные команды. Команды могут иметь аргументы: например `documentstyle[12pt,twocolumn]book`. Это означает, что мы будем набирать книгу

двенадцатым шрифтов в две колонки. Команда `section` обеспечивают нумерацию разделов. Для принудительного разрыва страниц в  $\text{\TeX}$ 'е существует команда `newpage`. Под действием этой команды текущая страница завершается и дополняется снизу пустым пространством. Математические формулы в стандартных обозначениях ограничивается одним знаком доллара в начале и одним в конце.  $\text{\TeX}$  в каждый момент обработки исходного текста учитывает значения различных параметров: величину абзацного отступа, ширину и высоту страницы и многое другое. Можно сказать, что параметры – частный случай команд, т.е. это команды которые выдают число. Например: `parindent=2cm` – задать абзацный отступ. Существуют и многие другие команды, в  $\text{\TeX}$ 'е встроено 300 примитивов и 600 обычных команд.

## 4 Заключение

Для создание учебно-методического комплекса по теме Дифракция света необходимо подготовить: теоритический материал, примеры решения задач и задачи для контрольного знания. В качестве основы для условий задач был выбран задачник И. Е. Иродова по общей физике, как наиболее близкий к университетской программе, в котором задачи по выбранной теме представлены достаточно широко. В качестве инструмента для создания учебно-методического комплекса была выбранна издательская система  $\text{\LaTeX}$ . В результате на входном языке  $\text{\LaTeX}$  был создан документ, включающий в себя методические рекомендации по решению задач, несколько десятков условий задач и несколько примеров решения. Было создано около двух десятков рисунков.

В будущем планируются дополнить материал большим количеством примеров задач, распределить задачи по разнам уровням сложности и составить тест.

## 5 Список использованной литературы

1. Беликов Б. С. Решение задач по физике. Общие методы / Б. с. Беликов.– М.: Выш. шк., 1986.– 256 с.
2. Годжаев Н. М. Оптика / Н. М. Годжаев.– М.: Выш. шк., 1977.– 432 с.
3. Гуссенс М. Путеводитель по пакету  $\LaTeX$  и его расширению / М. Гуссенс, Ф.Миттельбах, А. Самарин.– М.:Мир, 1999.– 246 с.
4. Иродов И. Е. Задачи по общей физике / И. Е. Иродов.– 5-е изд.– М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.– 432 с.
5. Иродов И. Е. Волновые процессы. Основные законы / И. Е. Иродов.– 2-е изд.– М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.– 253 с.
6. Кнут Д.Э. Все про  $\TeX$  / Д. Э. Кнут.– Протвино.:РД $\TeX$ , 2003.– 560 с.
7. Львовский С. М. Набор и вёрстка в системе  $\LaTeX$  / С. М. Львовский.– 3-е изд.–М.: Московский центр непрерывного математического образования, 2003.– 448 с.
8. Матвеев А.Н. Оптика / А.Н. Матвеев.– М.: Высш. шк., 1985.– 351 с.
9. Мелёшина А. М. Пособие для самостоятельного обучения решению задач по физике в вузе / А. М. Мелёшина, И. К. Зотова, А. М. Фосс.– Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986.– 440 с.
10. Новодворская Е. Методика проведения упражнений по физике во втузе / Е. Новодворская, Э. Дмитриев.– 3-е изд.– М.: Высш. шк.,1981.– 318 с.
11. Сивухин Д. В. Общий курс физики: в 5 т. / Д. В. Сивухин.– М.: Физмалит, 2005.– Т.4: Оптика.– 793 с.
12. Трофимова Т. Курс физики. Колебания и волны / Т. Трофимова, А. Фирсов.– М.: Издательский центр "Академия 2003.–256 с.

## 6 Приложение А

### Задачи на дифракцию света

1 Плоская световая волна падает нормально на диафрагму с круглым отверстием, которое открывает  $N$  зон Френеля - для точки  $P$  на экране, отстоящем от диафрагмы на расстоянии  $b$ . Длина волны света  $\lambda$ . Найти интенсивность света  $I_0$  перед диафрагмой, если известно распределение интенсивности света на экране  $I(r)$ , где  $r$  - расстояние до точки  $P$ .

2 Точечный источник света с длиной волны, равной  $\lambda = 0,50$  мкм, расположен на расстоянии  $a = 100$  см перед диафрагмой с круглым отверстием радиуса  $r = 1,0$  мм. Найти расстояние  $b$  от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии составляет  $k = 3$ .

3 Плоская световая волна  $\lambda = 640$  нм с интенсивностью  $I_0$  падает нормально на круглое отверстие радиуса  $R = 1,20$  мм. Найти интенсивность в центре дифракционной картины на экране, отстоящем на  $b = 1,50$  м от отверстия.

4 Плоская монохроматическая световая волна с интенсивностью  $I_0$  падает нормально на непрозрачный экран с круглым отверстием. Какова интенсивность света  $I$  за экраном в точке, для которой отверстие равно первой зоне Френеля; внутренней половине первой зоны.

5 Монохроматическая плоская световая волна с интенсивностью  $I_0$  падает нормально на непрозрачный диск, закрывающий для точки наблюдения  $P$  первую зону Френеля. Какова стала интенсивность  $I$  в точке  $P$  после того, как у диска удалили (по диаметру): половину; половину внешней половины первой зоны?

6 Плоская световая волна с  $\lambda = 0,60$  мкм падает нормально на достаточно большую стеклянную пластинку, на противоположной стороне которой сделана выемка (рис.1). Для точки наблюдения  $P$  она представляет собой первые полторы зоны Френеля. Найти глубину выемки  $h$ , при которой интенсивность света в точке  $P$  будет: максимальной; минимальной; равной интенсивности падающего света.

7 Свет с  $\lambda = 0,60$  мкм падает нормально на поверхность стеклянного диска, который перекрывает полторы зоны Френеля для точки наблюдения  $P$ . При какой толщине этого диска интенсивность света в точке  $P$  будет максимальной?

8 На пути плоской световой волны с  $\lambda = 0,54$  мкм поставили тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием  $f = 50$  см, непосредственно за ней - диафрагму с круглым отверстием и на расстоянии  $b = 75$  см от диафрагмы - экран. При каких радиусах отверстия центр дифракционной картины на экране имеет максимальную освещенность?

9 Плоская световая волна падает нормально на круглое отверстие. На расстоянии  $b = 9,0$  м от него находится экран, где наблюдают некоторую дифракционную картину. Диаметр отверстия уменьшили в  $\eta = 3,0$  раза. Найти новое расстояние  $b'$ , на котором надо поместить экран, чтобы получить на нем дифракционную картину, подобную той, что в предыдущем случае, но уменьшенную в  $\eta$  раз.

10 Между источником света с  $\lambda = 0,55$  мкм и фотопластиной поместили непрозрачный шарик диаметра  $D = 40$  мм. Расстояние между источником и шариком  $a = 12$  м, а между шариком и фотопластиной  $b = 18$  м. Найти размер изображения  $y'$  на пластинке, если поперечный размер источника  $y = 6,0$  мм.

11 Точечный источник монохроматического света расположен перед зонной пластинкой на расстоянии  $a = 1,5$  м от нее. Изображение источника образуется на расстоянии  $b = 1,0$  м от пластинки. Найти фокусное расстояние зонной пластинки.

12 Плоская световая волна длины  $0,60$  мкм падает нормально на непрозрачно длинную полосу ширины  $0,70$  мм. За ней на расстоянии  $100$  см находится экран. Найти с помощью спирали Корно отношения интенсивностей света в середине дифракционной картины и на краях геометрической тени.

13 Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на длинную щель, за которой на расстоянии  $b = 60$  см находится экран. Сначала ширину щели установили такой, что в середине дифракционной картины на экране наблюдался наиболее глубокий минимум. Раздвинув после этого щель на  $\Delta h = 0,70$  мм, получили в центре картины следующий минимум. Найти длину волны света.

14 Плоская световая волна с  $\lambda = 0,65$  мкм падает нормально на большую стеклянную пластинку, на противоположной стороне которой имеется уступ и непрозрачная полоска ширины  $a = 0,30$  мм (рис.2). На расстоянии  $b = 110$  см от пластинки находится экран. Высота уступа  $h$  подобрана такой, что в точке 2 на экране интенсивность света оказывается максимально возможной. Найти с помощью спирали Корно отношения интенсивностей в точках 1 и 2.

15 Световая волна с  $\lambda = 0,60$  мкм падает нормально на прямоугольную щель. За ней на расстоянии  $b = 163$  см находится экран. обозначим одну из границ геометрической тени на экране буквой  $P$ . Найти ширину  $x$  щели, если разность фаз колебаний,

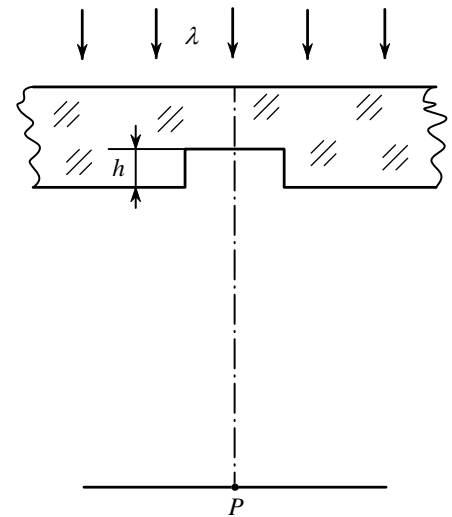


Рис. 1

приходящих в точку  $P$  от противоположных краев щели, равна  $\pi/2$ .

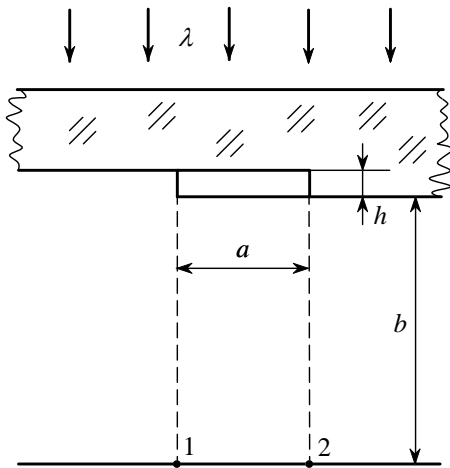


Рис. 2

16 Плоская монохроматическая световая волна, интенсивность которой  $I_0$  и  $\lambda = 0,60$  мкм, падает нормально на преграду с двумя щелями (рис.3). Известно, что  $s_1 = 0,51$  мм,  $s_2 = 1,19$  мм. Найти освещенность  $E$  в середине дифракционной картины на экране, отстоящем от преграды со щелями на расстояние  $b=60$  см.

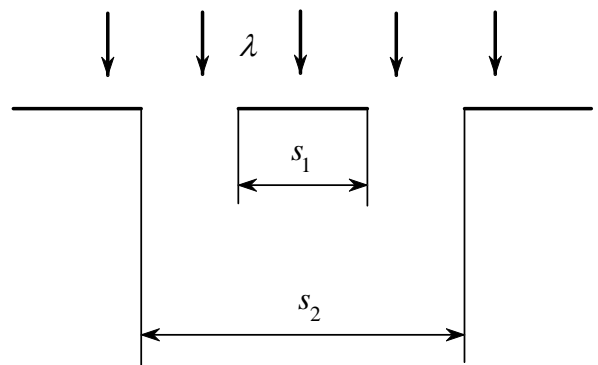


Рис. 3

17 Световая волна  $\lambda = 0,60$  мкм падает нормально на стеклянную пластинку, на противоположной непрозрачной стороне которой имеется прозрачный участок (щель), профиль которого показан на рис. 4. При какой минимальной глубине  $h$  выемок освещенность в центре дифракционной картины на экране, отстоящем на расстоянии 187 см от этой структуры, будет максимальной? Известно, что  $s_1 = 0,90$  мм и  $s_2 = 2,25$  мм.

18 Свет с длиной волны  $\lambda$  падает нормально на длинную прямоугольную щель ширины  $b$ . Найти угловое распределение интенсивности света при френгоферовой дифракции, а также угловое положение минимумов.

19 Монохроматический свет падает нормально на щель ширины  $b=11$  мкм. За щелью находится тонкая линза с фокусным расстоянием  $f = 150$  мм, в фокальной плоскости которой расположен экран. Найти длину волны света, если расстояние между симметрично расположенными минимумами третьего порядка (на экране) равно  $x = 50$

мм.

20 Свет с длиной волны  $\lambda = 0,50$  мкм падает на щель ширины  $b = 10$  мкм под углом  $\vartheta_0 = 30^\circ$  к ее нормали. Найти угловое положение первых минимумов, расположенных по обе стороны центрального фраунгоферова максимума.

21 Плоская световая волна с  $\lambda = 0,60$  мкм падает нормально на грань стеклянного клина с преломляющим углом  $\theta = 15^\circ$ . На противоположной, непрозрачной, грани имеется щель ширины  $b=10$  мкм, параллельная ребру клина. Найти:

угол  $\Delta\vartheta$  между направлением на фраунгоферов максимум нулевого порядка и направлением падающего света; угловую ширину максимума нулевого порядка.

22 Монохроматический свет падает на отражательную дифракционную решетку с периодом  $d = 1,0$  мм под углом скольжения  $\alpha = 1,0^\circ$ . Под углом скольжения  $\alpha = 3,0^\circ$  образуется фраунгоферов максимум второго порядка. Найти длину волны света.

23 Изобразить примерную дифракционную картину, возникающую при дифракции Фраунгофера от решетки из трех одинаковых щелей, если отношение периода решетки к ширине щели равно: а) двум; б) трем.

24 При нормальном падении света на дифракционную решетку угол дифракции для линии  $\lambda_1 = 0,65$  мкм во втором порядке равен  $45^\circ$ . Найти угол дифракции для линии  $\lambda_2 = 0,50$  мкм в третьем порядке.

25 Свет с длиной волны 535 нм падает нормально на дифракционную решетку. Найти ее период, если одному из фраунгоферовых максимумов соответствует угол дифракции  $35^\circ$  и наибольший порядок спектра равен пяти.

26 Определить длину волны света, падающего нормально на дифракционную решетку с периодом  $d = 2,2$  мкм, если угол между направлениями на фраунгоферовы максимумы первого и второго порядков  $\Delta\vartheta = 15^\circ$ .

27 Свет с длиной волны 530 нм падает на прозрачную дифракционную решетку, период которой равен 1,50 мкм. Найти угол с нормалью к решетке, под которым образуется фраунгоферов максимум наибольшего порядка, если свет падает на решетку: а) нормально; б) под углом  $60^\circ$  к нормали.

28 Свет с  $\lambda = 0,60$  мкм падает нормально на дифракционную решетку, которая нанесена на плоской поверхности плоско-выпуклой цилиндрической стеклянной линзы

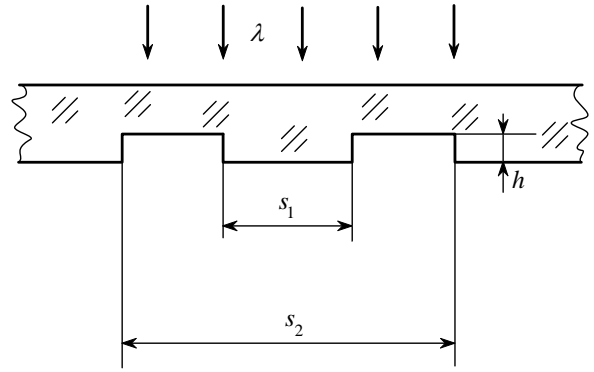


Рис. 4

с радиусом кривизны  $R=20$  см. Период решетки  $d = 6,0$  мкм. Найти расстояние между симметрично расположенными главными максимумами первого порядка в фокальной плоскости этой линзы.

29 Плоская световая волна с  $\lambda = 0,50$  мкм падает нормально на грань стеклянного клина с углом  $\theta = 30^\circ$ . На противоположной грани клина нанесена прозрачная дифракционная решетка с периодом  $d = 2,00$  мкм, штрихи которой параллельны ребру клина. Найти углы между направлением падающего света и направлениями на главные френгоферовы максимумы нулевого и первого порядков. Каков максимальный порядок спектра? Под каким углом к направлению падающего света он будет наблюдаться?

30 Плоская световая волна длины  $\lambda$  падает нормально на фазовую дифракционную решетку, профиль которой показан на рис. 5. Решетка нанесена на стеклянной пластинке с показателем преломления  $n$ . Найти глубину  $h$  штрихов, при которой интенсивность центрального френгоферова максимума равна нулю. Каков при этом угол дифракции, соответствующий первому максимуму?

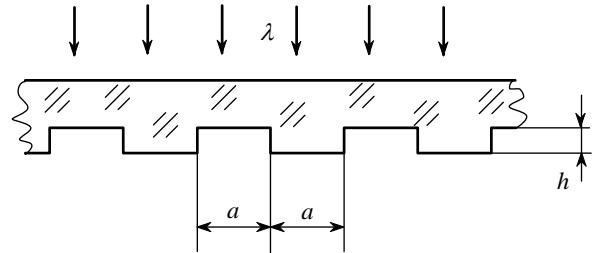


Рис. 5

31 На рис. 6 показана схема установки для наблюдения дифракции света на ультразвуке. Плоская световая волна длиной  $\lambda = 0,55$  мкм проходит через кювету  $K$  с водой, в которой возбуждена стоячая ультразвуковая волна с частотой  $\nu = 4,7$  МГц. В результате дифракции света на оптически неоднородной периодической структуре в фокальной плоскости объектива  $O$  с фокусным расстоянием  $f = 35$  см возникает дифракционная картина. Расстояние между соседними максимумами  $\Delta x = 0,60$  мм. Найти скорость распространения ультразвуковых колебаний в воде.

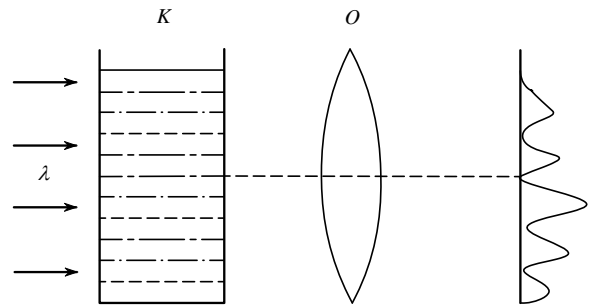


Рис. 6

32 Щель ширины  $b$ , освещаемая светом с  $\lambda = 0,60$  мкм, находится в фокальной плоскости объектива с фокусным расстоянием  $f = 1,5$  м. За объективом расположен экран с двумя узкими щелями, отстоящими друг от друга на расстояние  $d = 1,0$  мм. Оценить ширину  $b$ , при которой будет наблюдаться интерференция от двух щелей.

33 Для измерения методом Майкельсона углового расстояния  $\psi$  между компонентами двойной звезды перед объективом телескопа поместили диафрагму с двумя узкими параллельными щелями, расстояние  $d$  между которыми можно менять. Уменьшая  $d$ , обнаружили первое ухудшение видимости дифракционной картины в фокальной плоскости объектива при  $d = 95$  см. Найти  $\psi$ , считая длину волны света  $\lambda = 0,55$  мкм.

34 Прозрачная дифракционная решетка имеет период  $d = 1,50$  мкм. Найти угловую дисперсию  $D$  (в угл. мин/нм), соответствующую максимуму наибольшего порядка спектральной линии с  $\lambda = 530$  нм, если свет падает на решетку: а) нормально; б) под углом  $\vartheta_0 = 45^\circ$  к нормали.

35 Свет с  $\lambda = 589,0$  нм падает нормально на дифракционную решетку с периодом  $d = 2,5$  мкм, содержащую  $N = 10000$  штрихов. Найти угловую ширину фраунгоферова максимума второго порядка (в угл. сек).

36 Показать, что при нормальном падении света на дифракционную решетку максимальная величина ее разрешающей способности не может превышать значения  $l/\lambda$ , где  $l$  - ширина решетки,  $\lambda$  - длина волны света.

37 Показать на примере дифракционной решетки, что разность частот двух максимумов, разрешаемых по критерию Рэлея, равна обратной величине разности времен прохождения самых крайних интерферирующих колебаний, т. е.  $\delta\nu = l/\delta t$ .

38 Свет, содержащий две спектральные линии с длинами волн 600,000 и 600,050 нм, падает нормально на дифракционную решетку ширины 10,0 мм. Под некоторым углом дифракции  $\vartheta$  эти линии оказались на пределе разрешения (по критерию Рэлея). Найти  $\vartheta$ .

39 Свет падает нормально на дифракционную решетку ширины  $l = 6,5$  см, имеющую 200 штрихов на миллиметр. Исследуемый спектр содержит спектральную линию длиной  $\lambda = 670,8$  нм, которая состоит из двух компонент, отличающихся на  $\delta\lambda = 0,015$  нм. Найти: а) в каком порядке эти компоненты будут разрешены; б) наименьшую разность длин волн, которую может разрешить эта решетка в области  $\lambda \approx 670$  нм.

40 При нормальном падении света на дифракционную решетку ширины 10 мм обнаружено, что компоненты желтой линии натрия (589,0 и 589,6 нм) оказываются разрешенными, начиная с пятого порядка спектра. Оценить: а) период этой решетки; б) при какой ширине решетки с таким периодом можно разрешить в третьем порядке дублет спектральной линии с  $\lambda = 460$  нм, компоненты которого различаются на 0,13 нм.

41 Дифракционная решетка кварцевого спектрографа имеет ширину 25 мм и содержит 250 штрихов на миллиметр. Фокусное расстояние объектива, в фокальной плоскости которого находится фотопластинка, равно 80 см. Свет падает на решетку нормально. Исследуемый спектр содержит спектральную линию, компоненты дублета

которой имеют длины волн 310,154 и 310,184 нм. Определить: а) расстояния на фотопластинке между компонентами этого дублета в спектрах первого и второго порядков; б) будут ли они разрешены в этих порядках спектра.

42 Освещаемая щель находится в фокальной плоскости объектива с фокусным расстоянием  $f = 25$  см. За объективом расположена дифракционная решетка с периодом  $d = 5,0$  мкм и числом штрихов  $N = 1000$ . При какой ширине  $b$  щели будет полностью использована разрешающая способность решетки вблизи  $\lambda = 600$  нм?

43 На фотопластинке, отстоящей на  $l = 40$  см от небольшого предмета, хотят получить его голограмму, где были бы записаны детали предмета размером  $d = 10$  мкм. Длина волны света  $\lambda = 0,60$  мкм. Каким должен быть размер фотопластинки?

44 Какой должна быть ширина основания трехгранной призмы с дисперсией  $|dn/d\lambda| = 0,10$  мкм<sup>-1</sup>, чтобы она имела такую же разрешающую способность, как и дифракционная решетка из 10000 штрихов во втором порядке спектра?

45 Имеется зрительная труба с диаметром объектива  $D = 5,0$  см. Определить разрешающую способность объектива трубы и минимальное расстояние между двумя точками, находящимися на расстоянии  $l = 3,0$  км от трубы, которое она может разрешить. Считать  $\lambda = 0,55$  мкм.

46 Плоская световая волна с  $\lambda = 0,6$  мкм падает нормально на идеальный объектив с фокусным расстоянием  $f = 45$  см. Диаметр отверстия объектива  $d = 5$  см. Пренебрегая потерями света на отражения, оценить отношение интенсивности  $I$  световой волны в фокусе объектива к интенсивности  $I_0$  волны, падающей на объектив.

47 Определить минимальное увеличение зрительной трубы с диаметром объектива  $D = 5,0$  см, при котором разрешающая способность ее объектива будет полностью использована, если диаметр зрачка глаза  $d_0 = 4,0$  мм.

48 Имеется микроскоп с числовой апертурой объектива  $\sin \alpha = 0,24$ , где  $\alpha$  - угол полураствора конуса лучей, падающих на оправу объектива. Найти минимальное разрешаемое расстояние для этого микроскопа при оптимальном освещении объекта светом с длиной волны  $\lambda = 0,55$  мкм.

49 Найти минимальное увеличение микроскопа с числовой апертурой объектива  $\sin \alpha = 0,24$ , при котором разрешающая способность его объектива будет полностью использована, если диаметр зрачка глаза  $d_0 = 4,0$  мм.

50 Пучок рентгеновских лучей с длиной волны  $\lambda = 40$  пм падает нормально на плоскую прямоугольную решетку из рассеивающих центров и дает на плоском экране, расположенном на расстоянии  $l = 10$  см от решетки, систему дифракционных максимумов (рис.7). Найти периоды решетки  $a$  и  $b$  соответственно вдоль осей  $X$  и  $Y$ , если расстояния между симметрично расположенными максимумами второго порядка равны

$\Delta x = 60$  мм (по оси  $X$ ) и  $\Delta y = 40$  мм (по оси  $Y$ ).

51 Пучок рентгеновских лучей падает на трехмерную прямоугольную решетку, периоды которой  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Направление падающего пучка совпадает с направлением, вдоль которого период решетки равен  $a$ . Найти направления на дифракционные максимумы и длины волн, при которых эти максимумы будут наблюдаться.

52 Узкий пучок рентгеновских лучей падает под углом скольжения  $\alpha = 60,0^\circ$  на естественную грань монокристалла  $NaCl$ , плотность которого  $\rho = 2,16$  г/см<sup>3</sup>. При зеркальном отражении от этой грани образуется максимум второго порядка. Определить длину волны излучения.

53 Пучок рентгеновских лучей с  $\lambda = 174$  пм падает на поверхность монокристалла, поворачивающегося вокруг оси, которая параллельна его поверхности и перпендикулярна направлению падающего пучка. При этом направления на максимумы второго и третьего порядков от системы плоскостей, параллельных поверхности монокристалла, образуют между собой угол  $\lambda = 60^\circ$ . Найти соответствующее межплоскостное расстояние.

54 При прохождении пучка рентгеновских лучей с  $\lambda = 17,8$  пм через поликристаллический образец на экране, расположенном на расстоянии  $l = 15$  см от образца, образуется система дифракционных колец. Определить радиус светлого кольца, соответствующего второму порядку отражения от системы плоскостей с межплоскостным расстоянием  $d = 155$  пм.

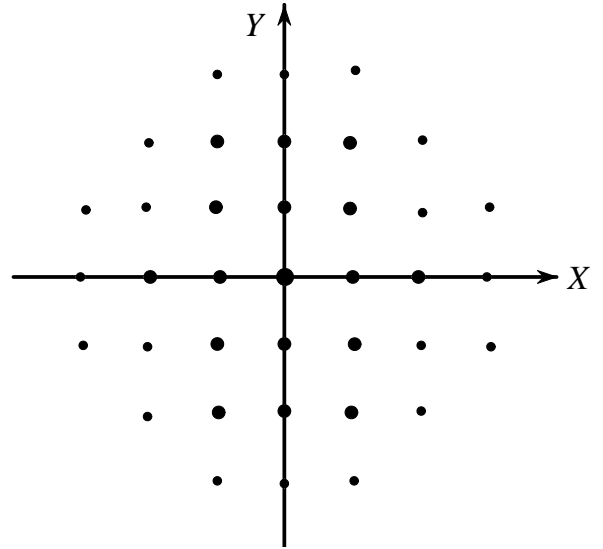


Рис. 7

## 7 Приложение Б

### Примеры решения задач

Разберем несколько задач на основе существующей методики.

#### Дифракция Френеля на круглом отверстии

Плоская световая волна с  $\lambda$  мкм падает нормально на достаточно большую стеклянную пластинку, на противоположной стороне которой сделана выемка (рис.1). Для точки наблюдения  $P$  она представляет собой первые полторы зоны Френеля. Найти глубину выемки  $h$ , при которой интенсивность света в точке  $P$  будет: максимальной; минимальной.

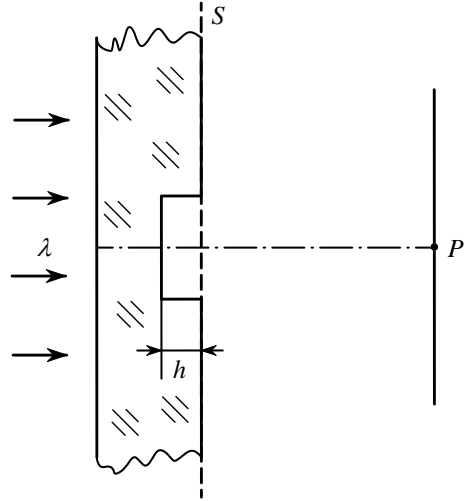


Рис. 1

Решение. Прежде всего изобразим на первом витке спирали Френеля интересующие нас векторы в отсутствие выемки (рис.2), где изображенные векторы соответствуют амплитудам колебаний: от всей волновой поверхности ( $A_\infty$ ), от первых полутора зон Френеля ( $A_1$ ), и от всех остальных ( $A_0$ ). Видно, что  $A_\infty = A_1 + A_0$ .

Теперь представим себе, что мы начали постепенно делать выемку - увеличивать  $h$ . Это приводит к тому, что колебания, проходящие через выемку, начнут опережать по фазе, поскольку их оптический путь меньше на  $\Delta = h(n-1)$ , что соответствует сдвигу по фазе  $\delta = 2\pi\Delta/\lambda$  и поворота вектора  $A_1$  на этот угол по часовой стрелке.

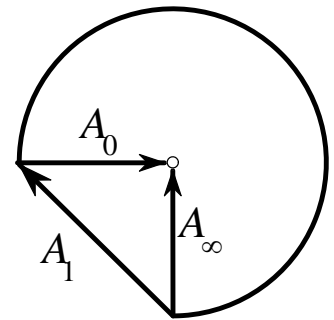


Рис. 2

Для получения максимума интенсивности, а значит и амплитуды, надо чтобы вектор  $A_1$  оказался сонаправленным с вектором  $A_0$ . Для этого его следует повернуть, как показано на рис.3,а, на угол  $\delta = (3/4)\pi + 2\pi m$ , где  $m=0,1,\dots$ . Из условия, что получим

$$\frac{3}{4}\pi + 2\pi m = 2\pi \frac{h(n-1)}{\lambda}$$

откуда следует, что

$$h = \frac{\lambda}{n-1} \left( m + \frac{3}{8} \right)$$

Для получения минимума, нужно чтобы вектор  $A_1$  оказался противоположно направлен вектору  $A_0$ . Из рис.3,б видно, что его нужно повернуть на угол  $\delta = (7/4)\pi + 2\pi m, m=0,1,\dots$ . Следовательно,

$$\frac{7}{4}\pi + 2\pi m = 2\pi \frac{h(n-1)}{\lambda}$$

откуда глубина выемки

$$h = \frac{\lambda}{n-1} \left(m + \frac{7}{8}\right)$$

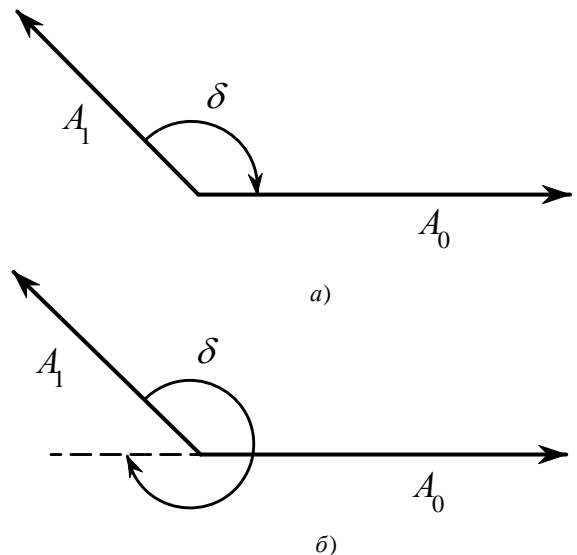


Рис. 3

### Дифракция Фраунгофера от щели

Монохроматический свет с длиной

волны с  $\lambda = 0,60$  мкм падает на длинную прямоугольную щель под углом  $\varphi_0 = 30^\circ$  к ее нормали. Определить ширину  $a$  щели, если направление  $\varphi$  на первый максимум от центрального фраунгоферова максимума составляет  $34^\circ$ .

Решение. Оптическая разность хода двух сходственных лучей при наклонном падении параллельного пучка монохроматического света на щель  $AB$  (рис.4)

$$\Delta = AD - CB = a \sin \varphi - a \sin \varphi_0 = a(\sin \varphi - \sin \varphi_0), (1)$$

где  $\varphi$  — угол дифракции;  $\varphi_0$  — угол падения пучка света на поверхность щели.

Условие дифракционных минимумов от одной щели, если свет от нее падает нормально,

$$\Delta = \pm m\lambda, (2)$$

( $m = 1, 2, \dots$ ), где согласно условию  $m = 1$ .

Приравнявая выражения (1) и (2), найдем, что искомая ширина щели

$$a = \frac{\lambda}{\sin \varphi - \sin \varphi_0}$$

Рис. 4

Подставляя значения данных, получаем

$$a = \frac{0,60}{\sin 34^\circ - \sin 30^\circ} = \frac{0,60}{0,559 - 0,5} = 10,2$$

Оценим результат. Ответ 10,2мкм. Единицы измерения совпадают с искомой величиной, получившийся численный результат вполне правдоподобный.