

ISSN 1561-2449

№ 7(97) июль 2015

Дистанционное и виртуальное обучение

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Ваграменко Я.А., доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, президент Академии информатизации образования.

Воронов М.В., доктор технических наук, профессор, Московский городской психолого-педагогический университет.

Иванников А.Д., доктор технических наук, профессор, зам. директора по научной работе Института проблем проектирования в микроэлектронике РАН.

Карпенко М.П., доктор технических наук, профессор, президент НАЧОУ ВПО Современной гуманитарной академии.

Письменский Г.И., доктор исторических наук, доктор военных наук, профессор, проректор по научной работе НАЧОУ ВПО СГА (главный редактор).

Попов В.В., доктор технических наук, профессор, научный руководитель НИИ инноваций и концептуального проектирования РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, профессор кафедры инженерной педагогики РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина.

Роберт И.В., академик РАО, доктор педагогических наук, профессор, директор ФГНУ «Институт информатизации образования» РАО.

Скуратов А.К., доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дирекция научно-технических программ».

Солдаткин В.И., доктор философских наук, профессор, Первый вице-президент Московского технологического института «ВТУ» по образовательной деятельности.

Тихомиров В.П., академик РАО, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего образования, научный руководитель ФГБОУ ВПО МЭСИ, Президент Международного Консорциума «Электронный Университет».

Тихонов А.Н., доктор технических наук, профессор, научный руководитель, директор МИЭМ НИУ ВШЭ.

Ответственность за содержание публикаций несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Рукописи авторам не возвращаются.

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Дистанционное и виртуальное обучение» обязательна.

Вниманию авторов! Свои материалы направляйте по адресу: 109029, Москва, ул. Нижегородская, д. 32, корп. 5, ком. 205. Издательство.
E-mail: exp@muh.ru

Журнал распространяется в Российской Федерации и странах СНГ.

Подписка осуществляется по каталогам агентства «Роспечать» – подписной индекс 79285,
«АРЗИ» – 87889.

По вопросам редакционной подписки обращаться по адресам: 109029, Москва, ул. Нижегородская, д.32, корп. 5, ком. 205 или pr@muh.ru.

Тел. (495) 7271241, доб. 4318

Журнал зарегистрирован в Государственном комитете Российской Федерации по печати 25 января 1999 года. Регистрационное свидетельство № 018440.

Журнал выходит 12 раз в год.

Журнал включен ВАК Минобробразования и науки РФ в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Рекомендован экспертным советом по информатике и вычислительной технике

СОДЕРЖАНИЕ

ВИРТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПОПОВ В.В., ЧИКИЧЕВ Д.Н.

Формирование подходов к созданию виртуальной среды для использования знаний о закономерностях развития технических систем в обучении творческих специалистов в технической сфере5

МАЙЕР Р.В.

Об использовании метода комплексных амплитуд для расчета дифракционных картин на компьютере..... 13

КАЙСАРОВА Д.В., КОЦЮБА И.Ю.

Использование электронных лексических карт в рамках преподавания дисциплины «Иностранный язык в профессиональной сфере» студентам технических направлений подготовки..... 22

ПРОНЧЕВ Г.Б., КУЗЬМЕНКОВ Д.А., ПРОНЧЕВА Н.Г.

Веб-приложения как инструментарий для электронных презентаций . 31

ДАНИЛОВ О.Е.

Использование компьютерных моделей маятников при изучении механических колебаний..... 40

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

ЦВЕТКОВ В.Я.

Дескриптивные и прескриптивные информационные модели 48

КОНДРАТЕНКО А.Б.

Методологические и теоретические подходы к проблеме опоры на врождённые специальные способности личности при обучении в условиях информационного общества 55

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ

ВОЛКОВ А.А., ГАСТЕВ С.А.

Дистанционное и виртуальное образование как элемент инновационно-аксиологической роботизированной системы преподавания . 60

МЕТОДИКА И ОПЫТ

НИКИТИНА Н.И., РОМАНОВА Е.Ю., КОМАРОВА Е.В.

Математические методы в оценке качества непрерывного профессионального образования специалистов социоэкономического профиля..... 73

ГАДЖИЕВА П.Д.

О вопросах подготовки будущих учителей к использованию информационно-коммуникационных технологий в профессионально-педагогической деятельности..... 84

Р.В. Майер, доктор педагогических наук, доцент

Об использовании метода комплексных амплитуд для расчета дифракционных картин на компьютере

Рассматривается проблема создания методики решения задач по дифракции волн с помощью компьютера, которая помогает сформировать у студентов представления о применении метода комплексных амплитуд для расчета дифракционных картин. Представлены примеры компьютерных программ, позволяющих построить спираль Корню и промоделировать дифракцию плоской волны на краю пластины, на одиночной щели, на круглом отверстии. Статья содержит семь рисунков, полученных в результате компьютерного моделирования.

***Ключевые слова:** методика обучения, компьютерное моделирование, дифракция, комплексные амплитуды, программирование, физические задачи.*

Одним из сложных и интересных явлений физики волн является дифракция. Оно состоит в огибании волнами препятствий и их захождении в область геометрической тени [1, с. 664–679]. Обычно при изучении дифракции формулируется принцип Гюйгенса–Френеля и рассматриваются примеры расчета дифракционных картин при дифракции на краю пластины, на отверстии, на диске, на щели, на нити, на двойной щели и т. д. [2, с. 277–419]. При изучении дифракции Френеля студенты узнают о прямом методе решения дифракционных задач, заключающемся в разбиении волновой поверхности на элементарные участки и вычислении результирующей интенсивности в точке наблюдения, изучают зоны Френеля, зоны Шустера, спираль Корню, знакомятся с различными методами расчета дифракционных картин [3, с. 381–424]. Все они требуют учета амплитуд и фаз вторичных волн, приходящих в точку наблюдения, что может быть сделано графическим методом, путем сложения элементарных колебаний на ПЭВМ [4, с. 231–236] или методом комплексных амплитуд. Определенный интерес представляет собой использование компьютера для моделирования физических явлений [5; 6]. Проблема заключается в совершенствовании методики решения одномерных задач по дифракции волн с помощью компьютера, которая позволит сформировать у студентов представления о методе комплексных амплитуд и его использовании для расчета дифракционных картин.

В данном случае разработка методики сводится к подбору задач и их решению, т. е. созданию алгоритмов и написанию компьютерных программ, расчи-

тывающих распределение интенсивности при дифракции волны на том или ином препятствии. Для расчета двумерных дифракционных картин придется перебирать все узловые точки некоторой плоскости и для каждой из них определять сумму комплексных амплитуд, создаваемых каждой точкой волновой поверхности. Эти вычисления связаны с достаточно большими затратами машинного времени, поэтому мы ограничимся решением одномерных задач: расчет дифракции плоских волн на краю пластины, узкой полоске, щели и т. д. При рассмотрении некоторых двумерных задач (дифракция на диске или круглом отверстии) полезно проанализировать соответствующую одномерную задачу (дифракция на полоске и на щели). В статье рассматриваются звуковые или электромагнитные волны с длиной порядка 10 см.

1. Построение спирали Корню

Рассмотрим дифракцию на краю пластины или щели, на которую нормально падает плоская волна. Согласно принципу Гюйгенса–Френеля каждая точка волновой поверхности является источником вторичных когерентных волн; колебания в точке наблюдения являются результатом их интерференции [2; 3]. Мысленно разрежем волновую поверхность на N элементарных полосок шириной Δx , параллельных краю пластины; каждая из них является источником S_i элементарной волны (рис. 1,а). Рассчитаем распределение интенсивности вдоль оси y . Результат сложения всех волн в точке наблюдения $M(y)$ можно представить с помощью векторной диаграммы, которую удобно построить на комплексной плоскости (рис. 1,б). От точки 0 отложим вектор \vec{a}_1 , длина которого пропорциональна амплитуде, а угол φ_1 , образованный с осью действительных чисел, равен фазе колебаний, создаваемых в точке наблюдения источником S_1 . От конца вектора \vec{a}_1 отложим вектор \vec{a}_2 , соответствующий колебаниям, создаваемым в точке наблюдения источником S_2 и т. д. Из принципа суперпозиции следует, что комплекс амплитуды результирующих колебаний равен: $\dot{A} = \dot{a}_1 + \dot{a}_2 + \dots + \dot{a}_N$. Его действительная и мнимая части:

$$A_{RE} = \sum_{i=1}^N a_i \cos \varphi_i, \quad A_{IM} = \sum_{i=1}^N a_i \sin \varphi_i.$$

Амплитуда результирующих колебаний в точке наблюдения $M(y)$ равна $A = \sqrt{A_{RE}^2 + A_{IM}^2}$, интенсивность пропорциональна $A^2 = A_{RE}^2 + A_{IM}^2$.

На рис. 1,в представлена спираль Корню для точки, расположенной за прямым краем непрозрачной пластины ($y = 0$), на который падает плоская волна с $\lambda = 0,2$ м на расстоянии $d = 5$ м. Используемая программа 1 содержит цикл, в котором перебираются вторичные источники (элементарные полоски) и на комплекс-

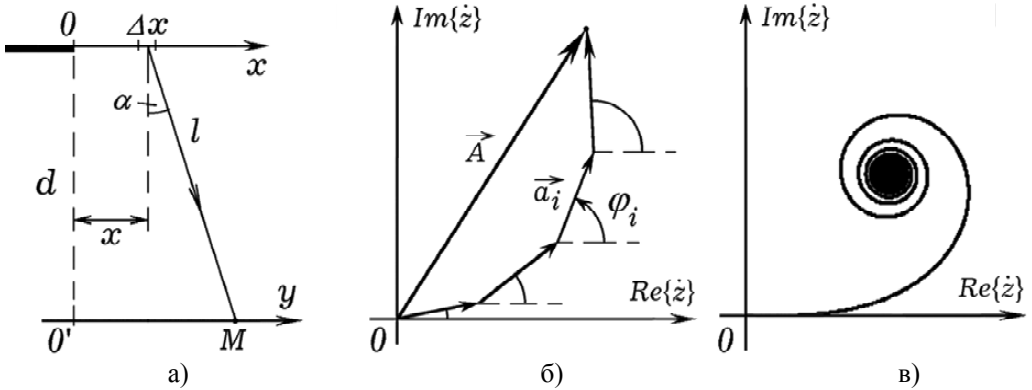


Рис. 1. Дифракция на краю пластины. Построение спирали Корню

ной плоскости последовательно откладываются вектора \vec{a}_i . На рис. 2,а и 2,б представлены спирали Корню, получающиеся для: 1) края пластины в точке M с координатой $y = 1$ м; 2) щели шириной $b = 4$ м в точке M с координатой $y = 2$ м.

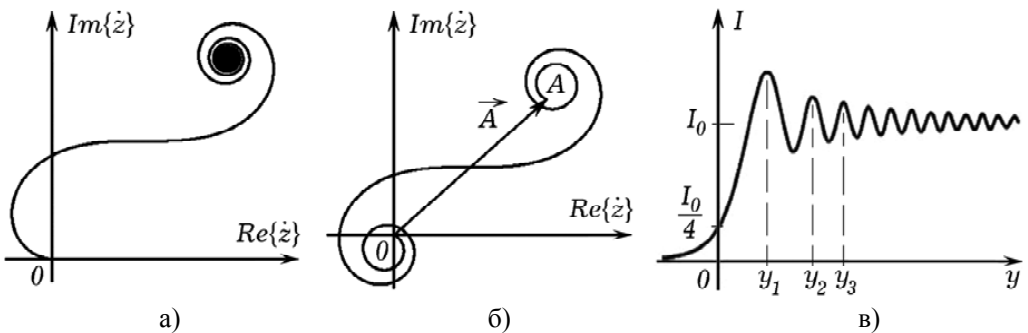


Рис. 2. Получающиеся спирали Корню. Распределение интенсивности при дифракции на краю пластины

Программа 1.

```

{N+}Uses crt, graph; {Free Pascal}
Const pi=3.1415; dx=0.002; d=5; lambda=0.2; M=6;
Var i,j,DV,MV: integer; Re,Im,x,y,l,S: single;
BEGIN DV:=Detect; InitGraph(DV,MV,'c:\bgi');
line(100,0,100,480); line(0,350,640,350); y:=0;
For i:=0 to 12000 do begin x:=i*dx;
l:=sqrt(d*d+sqr(x-y));
Re:=Re+cos(2*pi*l/lambda)*d/(l*1);
Im:=Im+sin(2*pi*l/lambda)*d/(l*1);
circle(100+round(Re*M),350-round(Im*M),1);
end; S:=Re*Re+Im*Im; Readkey; CloseGraph; END.
    
```

2. Дифракция на краю пластины

Допустим, плоская волна нормально падает на пластину с прямым краем (рис. 2,а). Рассчитаем дифракционную картину, получающуюся в плоскости, отстоящей от пластины на расстоянии $d = 5$ м, если длина волны $\lambda = 0,2$ м.

Волновую поверхность разрежем на N узких полосок шириной Δx . Будем последовательно перебирать точки оси y с шагом Δy и для каждой точки вычислять результирующую амплитуду колебаний. Фаза колебаний в точке $M(y)$, создаваемых элементарным источником с координатой x_i , зависит от длины пути $l_i = \sqrt{d^2 + (y - x_i)^2}$ и равна $\varphi_i = 2\pi(l_i / \lambda)$. Длина каждого вектора \vec{a}_i пропорциональна $\cos \alpha_i = d / l_i$ и обратно пропорциональна длине пути l_i . Колебаниям от i -го элементарного источника соответствует число $\dot{a}_i = (\cos 2\pi(l_i / \lambda) + j \sin 2\pi(l_i / \lambda)) \cos \alpha_i / l_i$. Результирующие колебания в точке $M(y)$ на комплексной плоскости изображаются вектором:

$$\dot{A} = \sum_{i=1}^N (\cos 2\pi(l_i / \lambda) + j \sin 2\pi(l_i / \lambda)) \cos \alpha_i / l_i = A_{RE} + jA_{IM}.$$

Интенсивность волны пропорциональна квадрату модуля амплитуды: $I = kA^2 = k(A_{RE}^2 + A_{IM}^2)$. Программа 2, рассчитывающая дифракционную картину, должна содержать цикл, в котором перебираются точки оси y с шагом Δy , для каждой отдельно суммируются действительная и мнимая части чисел \dot{a}_i , после чего определяется модуль амплитуды A и интенсивность I . Результаты моделирования представлены на рис. 2,в. Программа 2 позволяет определить координаты y_1, y_2, y_3, \dots максимумов дифракционной картины, координаты минимумов, значения интенсивностей в минимумах и максимумах и т. д.

Программа 2.

```
{N+}Uses crt, graph; {Free Pascal}
Const pi=3.1415; dx=0.001; d=5; lambda=0.2;
Var i,DV,MV:integer; x,y,Re,Im,l,S: single;
BEGIN DV:=Detect; InitGraph(DV,MV,'c:\bp\bgi');
y:=-1; line(100,0,100,700);
Repeat Re:=0; Im:=0; For i:=1 to 20000 do
begin x:=dx*i; l:=sqrt(d*d+(x-y)*(x-y));
Re:=Re+cos(2*pi*l/lambda)*d/(l*l);
Im:=Im+sin(2*pi*l/lambda)*d/(l*l);
end; S:=Re*Re+Im*Im; y:=y+0.02;
circle(round(y*100)+100,700-round(S*0.01),1);
until Keypressed; CloseGraph; END.
```

3. Дифракция на щели

Рассмотрим плоскую волну, которая нормально падает на пластину с узкой и длинной щелью (рис. 3,а). Рассчитаем дифракционную картину, получающуюся в плоскости, отстоящей от пластины на расстоянии $d = 20$ см. Ширина щели $b = 60$ см, длина волны $\lambda_1 = 5$ см и $\lambda_2 = 2,5$ см.

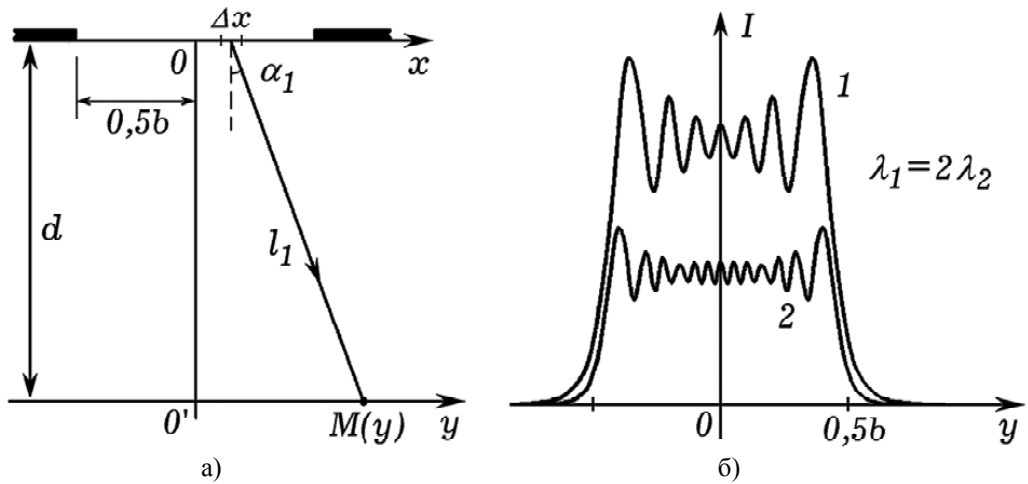


Рис. 3. Расчет дифракции плоской волны на щели

Задача решается тем же способом (программа 2). Волновая поверхность, ограниченная щелью, разрезается на N узких полосок шириной $\Delta x = b / N$ и вычисляется сумма всех комплексных амплитуд, создаваемых в точке наблюдения $M(y)$ каждой такой полоской. Перебирая в цикле точки оси y с заданным шагом, программа строит график зависимости $I(y)$ (рис. 3,б). В опытах с монохроматическим светом на экране получается система светлых и темных полос параллельных щели. При уменьшении длины волны ширина максимумов становится меньше, их количество больше. Для графиков $I(y)$ для λ_1 и λ_2 масштаб по оси I различен. От этой задачи легко перейти к задаче о дифракции на круглом отверстии, при которой дифракционные максимумы образуют систему концентрических колец.

Программа 3.

```
{SN+}Uses crt, graph; {Free Pascal}
```

```
Const pi=3.1415; dx=0.0002; d=2; lambda=0.5; M=5E-5;
```

```
Var DV,MV: integer; i: Longint;
```

```
Re,Im,x,y,l1,l2,S,S1: single;
```

```
BEGIN DV:=Detect; InitGraph(DV,MV,'c:\bgi'); y:=-1;
```

```
Repeat Re:=0; Im:=0; For i:=0 to 30000 do
```

```
begin x:=dx*i; l1:=sqrt(d*d+(x-y)*(x-y));
```



```

l2:=sqrt(d*d+(x+y)*(x+y));
Re:=Re+cos(2*pi*l1/lambda)*d/(l1*l1);
Im:=Im+sin(2*pi*l1/lambda)*d/(l1*l1); end;
S:=Re*Re+Im*Im; line(round((1+y-0.02)*50),430-
round(S1*M),round((1+y)*50),430-round(S*M));
y:=y+0.04; S1:=S; until Keypressed; CloseGraph; END.
    
```

4. Дифракция на узкой пластине

Пусть на длинную узкую пластину шириной $b = 12$ см падает плоская волна с длиной $\lambda = 5$ см (рис. 4,а). Рассчитаем дифракционную картину, возникающую в плоскости, отстоящей от пластины на расстоянии $d = 20$ см.

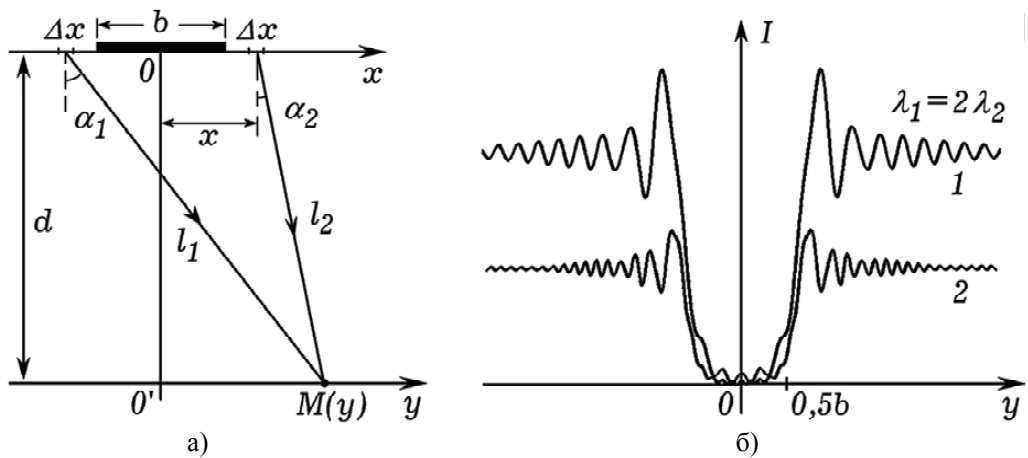


Рис. 4. Дифракция плоской волны на узкой полоске

Для нахождения интенсивности в точке $M(y)$ будем одновременно суммировать комплексные амплитуды, создаваемые узкими полосками волновой поверхности, которые параллельны краю пластины и имеют координаты x и $-x$. При этом x должно изменяться от b до $+\infty$ (в нашем случае от 1,2 до 60). Используется программа 4, результаты расчетов для длин волн 0,5 и 0,25 см представлены на рис. 4,б. Масштаб для графиков $I(y)$ по оси ординат различен.

Программа 4.

```

{$N+}Uses crt, graph; {Free Pascal}
Const pi=3.1415; dx=2E-4; d=2; lambda=0.5; M=5E-5;
Var DV,MV: integer; i: Longint; Re,Im,x,y,l1,l2,S,S1: single;
BEGIN DV:=Detect; InitGraph(DV,MV,'c:\bp\bgi'); y:=-1;
Repeat Re:=0; Im:=0; For i:=6000 to 300000 do
begin x:=dx*i; l1:=sqrt(d*d+(x-y)*(x-y)); l2:=sqrt(d*d+(x+y)*(x+y));
    
```

```

Re:=Re+cos(2*pi*I1/lambda)*d/l1/l1+cos(2*pi*I2/lambda)*d/l2/l2;
Im:=Im+sin(2*pi*I1/lambda)*d/l1/l1+sin(2*pi*I2/lambda)*d/l2/l2;
end; S:=Re*Re+Im*Im; line(round((1+y-0.02)*50),430-round(S1*M),
round((1+y)*50),430-round(S*M)); y:=y+0.03; S1:=S;
until Keypressed; CloseGraph; END.
    
```

5. Дифракция на круглом отверстии

На непрозрачную пластину с круглым отверстием радиусом $R = 0,5$ м нормально падает плоская волна с длиной $\lambda = 0,02$ м. Исследуем зависимость интенсивности в точке наблюдения $M(y)$, находящейся на оси отверстия, от ее координаты y .

Плоскую волновую поверхность (рис. 5,а), ограниченную краем отверстия, разрежем на кольцеобразные зоны радиусами $r_i = i\Delta r$ ($i = 1,2,\dots,N$) и шириной $\Delta r = R / N$. Найдем сумму комплексных амплитуд, создаваемых каждым кольцом в точке $M(y)$, учитывая амплитуды и фазы приходящих в нее вторичных волн. Результаты моделирования – на рис. 5,б. При $y = y_1$ в отверстии укладывается одна зона Френеля, в точке $M(y)$ наблюдается максимум интенсивности; при $y = y_2$ – две зоны Френеля (минимум); при $y = y_3$ в отверстии три зоны Френеля, что опять соответствует максимуму. Колебания, создаваемые соседними зонами Френеля, компенсируют друг друга, поэтому в дифракционных минимумах интенсивность равна 0, а в максимумах – одинакова.

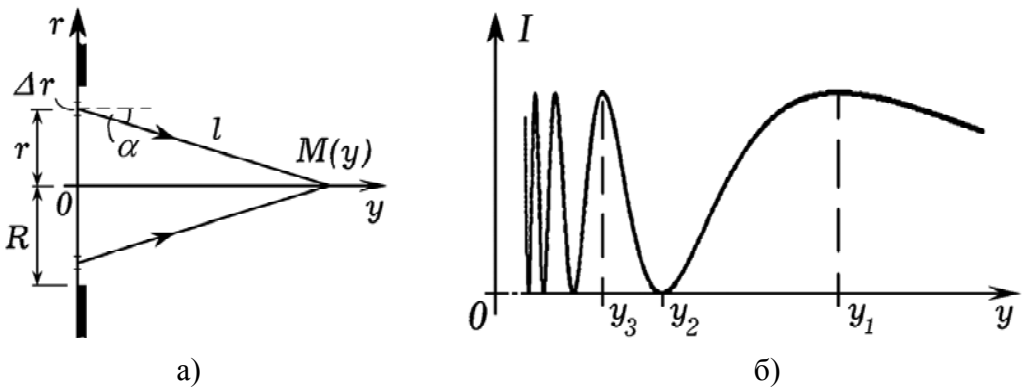


Рис. 5. Распределение интенсивности волны на оси отверстия

Программа 5.

```

{N+}Uses crt, graph; {Free Pascal}
Const h=1; pi=3.1415; lambda=0.02; dr=0.01; Rad=0.5;
Var i,N,DV,MV: integer; y,d,l,ds,r,Re,Im,dx,x,S,S1: single;
BEGIN DV:=Detect; InitGraph(DV,MV;c:\bp\bgi');
N:=round(Rad/dr); y:=0.01; line(0,430,1000,430);
    
```

```
Repeat Re:=0; Im:=0; For i:=0 to N do
begin r:=dr*i; l:=sqrt(y*y+r*r); ds:=2*pi*r*dr;
Re:=Re+cos(2*pi*l/lambda)*y/l*ds/l;
Im:=Im+sin(2*pi*l/lambda)*y/l*ds/l;
end; S:=Re*Re+Im*Im; y:=y+0.001; line(10+round(y*150),
430-round(S*1E+5),10+round(y*150),430-round(S1*1E+5));
S1:=S; until (y>30)or(Keypressed);
readkey; CloseGraph; END.
```

В настоящей работе предложена методика решения задач на расчет одномерных дифракционных картин. Представлены примеры компьютерных программ, позволяющих рассчитать дифракционную картину, создаваемую плоской волной при дифракции на краю пластины, на одиночной щели, на круглом отверстии. Применение этой методики позволяет сформировать понятие «спираль Корню», рассмотреть сущность метода комплексных амплитуд, облегчает понимание более сложных случаев таких, как дифракция сферических волн, расчет двумерных дифракционных картин и т. д. Рассмотренные задачи могут быть использованы на занятиях по физике и компьютерному моделированию, а также в учебно-исследовательской деятельности студентов.

Литература

1. Физическая энциклопедия. Т. 1 / Под ред. А.М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия, 1988.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики: Учеб. пособие для вузов. В 5 т. Т. IV. Оптика. М.: Физматлит, 2005.
3. Савельев И. В. Курс общей физики: Учеб. пособие. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волн. Оптика. М.: Наука, 1988.
4. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: В 2 ч. Ч. 2. М.: Мир, 1990.
5. Майер Р.В. Компьютерное моделирование физических явлений. Глазов: ГГПИ, 2009.
6. Майер Р.В. Компьютерное моделирование: Учебно-метод. пособие. Глазов: ГГПИ, 2015.

Mayer R. V., Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor

About Use of the Method of Complex Amplitudes for Calculation of Diffraction Pictures on the Computer

Is considered the problem of creation of a technique of the solution of diffraction tasks by means of the computer which helps to create students' understanding of the ap-

plication of the method of the complex amplitudes to calculate of the diffraction patterns. Examples of the computer programs allowing to construct Cornu's spiral and simulate the diffraction of a plane wave at the edge of the plate, on a single slit, a circular hole. Article contains 7 drawings received as a result of computer modeling.

Key words: training technique, computer modeling, diffraction, complex amplitudes, programming, physical tasks.