Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет "ЛЭТИ"

кафедра физики

Задание №1 по дисциплине

"Физические основы информационных технологий"

Название: Искривление луча в оптическом канале

|  |  |
| --- | --- |
| Фамилия И.О.: | Микулик Д.П. |
| группа: | 9303 |
| Преподаватель: | Альтмарк А.М. |
| Итоговый балл: |  |
|  |  |

Срок сдачи: 23.10.21

Санкт-Петербург 2021

Условие задания

Найти длину траектории светового луча *S* в прямолинейном оптоволоконном канале (см. рис. 1). Функцию распределения показателя преломления n1(y) по поперечной координате Y, начальный угол ввода луча α в волновод, длину канала *L*, диаметр канала 2\*D можно взять в таблице 1. Ввод луча осуществляется из центральной части канала с координатой *y*=0. Параметры *L* и D даны в безразмерных координатах.

Необходимо построить график траектории луча, а также записать ответ *S* в безразмерных единицах в текстовый файл LR1\result.txt. Помимо текстового файла result.txt в папке LR1 должен находиться Word-файл с отчетом, а также файл с кодом (Python, Mathcad, Mathematica).

Пример содержания файла result.txt:

4.53258

Y

n2

Z

2D

n1

α

n2

*L*

Рисунок 1

Таблица 1—Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | *L* | D | *n2* | *n1*(*y*) | α, градусы |
|  | 20 | 0,7 | 1 | 1.5 - 0.3\*y^2 | 25 |
|  | 25 | 0,7 | 1 | 1.2 - 0.3\*y^2 | 25 |
|  | 50 | 0,4 | 1 | 1.8 - 0.15\*y^2 | 10 |
|  | 50 | 1,4 | 1 | 1.3 + 0.2\*Cos[y^2] | 10 |
|  | 50 | 1,4 | 1 | 1.3 + 0.2\*Cos[4\*y] | 10 |
|  | 12 | 1,4 | 1 | 1.3 - 0.15\*Cos[4\*y] | 20 |
|  | 12 | 0,8 | 1 | 1.3 - 0.15\*Cos[4\*y] | 20 |
|  | 18 | 0,8 | 1 | 1.3 - 0.12\*Cos[3\*y] | 20 |
|  | 18 | 0,8 | 1 | 1.4 + 0.12\*Cos[3\*y] | 40 |
|  | 28 | 0,8 | 1 | 1.4 + 0.12\*Cos[6\*y] | 30 |
|  | 28 | 0,8 | 1 | 1.4 - 0.12\*Cos[5\*y] | 20 |
|  | 28 | 0,8 | 1 | 1.4 + Sqrt[0.6 - y^2] | 20 |
|  | 28 | 0,8 | 1 | 1.4 - 0.14\*y^4 | 20 |
|  | 8 | 0,8 | 1 | 1.4 - 0.18\*y^4 | 30 |
|  | 8 | 1,2 | 1 | 1.4 - 0.18\*y^4 | 30 |
|  | 8 | 1,1 | 1 | 1.4 - 0.18\*y^4 | 40 |
|  | 12 | 1,2 | 1 | 1.4 - 0.18\*y^4 | 42 |
|  | 12 | 1,8 | 1 | 1.4 + 0.3\*Cos[0.5\*y^4] | 42 |
|  | 12 | 1,8 | 1 | 1.4 + 0.3\*Cos[0.8\*y^4] | 42 |
|  | 12 | 1,8 | 1 | 1.4 + 0.3\*Cos[0.8\*y]^2 | 42 |
|  | 42 | 1,2 | 1 | 1.5 + 0.3\*Cos[0.8\*y]^2 | 32 |
|  | 42 | 1,2 | 1 | 1.5 + 0.3\*Cos[0.8\*y]^3 | 32 |
|  | 42 | 1,2 | 1 | 1.5 + 0.3\*Cos[0.8\*y]^3 | 22 |
|  | 42 | 1,2 | 1 | 1.2 + 0.3\*Cos[0.8\*y]^3 | 22 |
|  | 42 | 0,6 | 1 | 1.2 + 0.3\*Cos[0.8\*y]^3 | 22 |
|  | 20 | 0,6 | 1 | 1.2 + 0.3\*Cos[0.8\*y]^3 | 22 |

**Основные теоретические положения.**

Закон отражения. Угол падения равен углу отражения; луч падающий, луч отражённый и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости.

Закон преломления. Падающий и преломленный лучи и перпендикуляр, проведённый к границе раздела двух сред в точке падения луча, лежат в одной плоскости. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух сред.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

 — угол падения (в исходной среде);

 — угол преломления (в преломляющей среде);

n1, n2 — коэффициенты преломления среды (в исходной и преломляющей среде соответственно).

Закон полного отражения. Для каждой из двух сред существует минимальный угол падения, при котором луч при достижении границы сред полностью отражается.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Оптическое волокно — нить из [оптически](https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптика) прозрачного материала, используемая для переноса [света](https://ru.wikipedia.org/wiki/Свет) внутри себя посредством [полного внутреннего отражения](https://ru.wikipedia.org/wiki/Полное_внутреннее_отражение). Имеет круглое сечение и состоит из двух частей — сердцевины и оболочки. Для обеспечения полного внутреннего отражения абсолютный показатель преломления сердцевины выше показателя преломления оболочки.

Скорость распространения сигнала в волокнах несколько ниже, чем в медных проводах и скорости распространения радиоволн. Преимущество оптического волокна заключается в возможности передачи информации на большие расстояния и оперировать с чрезвычайно высокими скоростями передачи и пропускной способностью при низком затухании передаваемого сигнала.

Основное применение оптические волокна находят в качестве среды для передачи информации в волоконно-оптических телекоммуникационных сетях..

**Выполнение работы.**

1. Поскольку коэффициент преломления внутри оптического волокна задан с помощью функции, зависящей от , то решение задачи построения траектории волны внутри оптического волокна должна решаться численно. А в силу того, что величина коэффициента преломления не зависит от z, то разобьем оптическое волокно на «полоски» ширины . Здесь  – диаметр волновода,  – число «полосок» - гиперпараметр, задаваемый пользователем. В данном задании значение  взято равным 1000. Также примем начальные значения  равными нулю, а величину угла  возьмем согласно данному варианту (20 градусов).
2. Далее итеративно будем находить последующие точки, принадлежащие тракетории светового луча в волноводе. Пусть  – показатель преломления среды, из которой идет луч,  – среды, в которую луч входит. Пусть  угол луча с осью , тогда угол луча с осью  равен  . Будем считать, что: , . Тогда, согласно (1), можно выразить итеративно угол с Oy , то есть угол, после преломления луча. Формула для вычисления  выглядит следующим образом:



Расчет шага по  и  производился по следующим формулам (полученным из элементарных геометрических соображений):









Расчет длины траектории луча  производился с помощью суммы длин траекторий на каждом участке разбиения волновода. Последним шагом алгоритма будет учет того, что по достижении границ волновода луч будет полностью отражаться. С целью контроля направления движения («сверху вниз» или «снизу вверх») в программе была добавлена переменная mode, которая принимает истинное значение, если луч движется снизу вверх, иначе, значение переменной ложно.

Для выполнения данных операций, построения графика и вычисления длины траектории *S* был написан код на языке Python. Исходный код см. в приложении А. График траектории луча см. в приложении Б.

В результате вычислений было получено значение длины траектории светового луча в оптоволоконном канале: S =32.534.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

**ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ**

Название файла: main.py

import math

import matplotlib.pyplot as plt

L = 28

D = 0.8

n2 = 1

N = 1000

def n1(y):

return 1.4 - 0.12 \* math.cos(5\*y)

def algorithm():

y = 0

z = 0

y\_arr = [y]

z\_arr = [z]

alpha = 20

n\_old = n1(y)

mode = True

S = 0

dy = D / N

while z < L:

n1\_new = n1(y + dy) if abs(y + dy) < D else 1

if math.sin(math.radians(90 - alpha)) > (n1\_new / n\_old) and mode:

mode = False

alpha = -alpha

elif math.sin(math.radians(90 - alpha)) > (n1\_new / n\_old) and not mode:

mode = True

y, z, alpha, n\_old, S = step\_algorithm(y, z, alpha, n\_old, mode, S)

y\_arr.append(y)

z\_arr.append(z)

return y\_arr, z\_arr, S

def step\_algorithm(y, z, alpha, n\_old, to\_top, S):

dy = D / N

if to\_top:

y\_new = y + dy

else:

y\_new = y - dy

n1\_new = n1(y\_new)

alpha\_new = math.asin(math.sin(math.radians(90 - alpha)) \* (n\_old / n1\_new))

z\_new = z + (dy / math.tan(math.radians(alpha)))

S += dy / math.sin(math.radians(alpha))

return y\_new, z\_new, 90 - math.degrees(alpha\_new), n1\_new, S

def plot(z, y):

plt.plot(z, [D for i in range(len(z))])

plt.plot(z, [-D for i in range(len(z))])

plt.plot(z, y)

plt.savefig('graph.png')

def write\_trajectory(S):

file = open('result.txt', 'w')

file.write(str(S))

file.close()

def main():

y, z, S = algorithm()

plot(z, y)

write\_trajectory(S)

if \_\_name\_\_ == "\_\_main\_\_":

main()

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**ПОСТРОЕННЫЙ ГРАФИК ФУНКЦИИ**

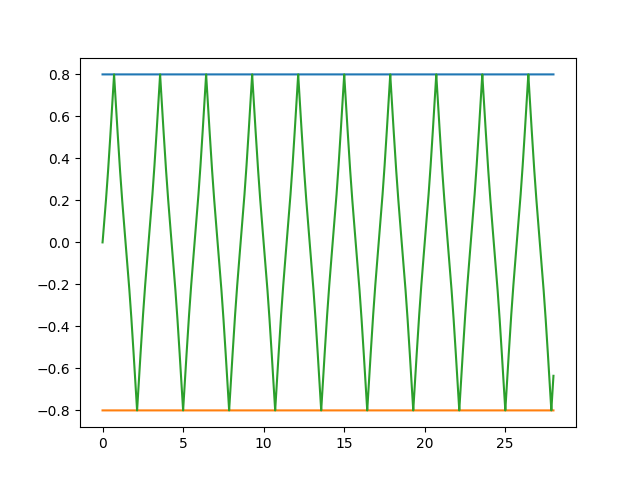


Рисунок 2 — Траектория светового луча