

кафедра физики

Задание №1 по дисциплине

"Физические основы информационных технологий"

Название: Искривление луча в оптическом канале

Фамилия И.О.:

Новак П.И.

группа:

1303

Преподаватель:

Альтмарк А.М.

Итоговый балл:

Крайний срок сдачи:

22.10.23



### Условие задания

Найти длину траектории светового луча  $S$  в прямолинейном дисперсионном оптоволоконном канале, Рис.1, с показателем преломления  $n_1$ . Оптоволокно окружено средой с показателем преломления  $n_2$ . Функцию распределения показателя преломления  $n_1(y, \omega)$  можно представить как:

$$n_1(y, \omega) = f_1(y) \left( 1 - \left( \frac{(0.35 \cdot 10^{14})}{\omega} \right)^2 \right),$$

где  $y$  – поперечная координата,  $\omega$  – циклическая частота светового луча.

Функцию  $f_1(y)$ , функцию  $Zf(y)$ , описывающую координату  $z$  выходного торца волновода, начальный угол ввода луча  $\alpha$  в волновод, координату ввода луча в волновод  $y=y_0$ , радиус канала  $R$  можно взять в файле FOIT\_IDZ1.xlsx. Все геометрические размеры даются в безразмерных координатах.

Необходимо построить график траектории луча, а также записать ответ  $S$  в текстовый файл IDZ1\IDZ1.txt. Помимо текстового файла IDZ1.txt в папке IDZ1 должен находиться Word-файл (Pdf-файл) с отчетом, а также файл с кодом (Python, Mathcad, Mathematica). Для лучшего понимания отчетности смотрите папку “Пример организации яндекс-папки студентов”.

Пример содержания файла IDZ1.txt:

4.53258

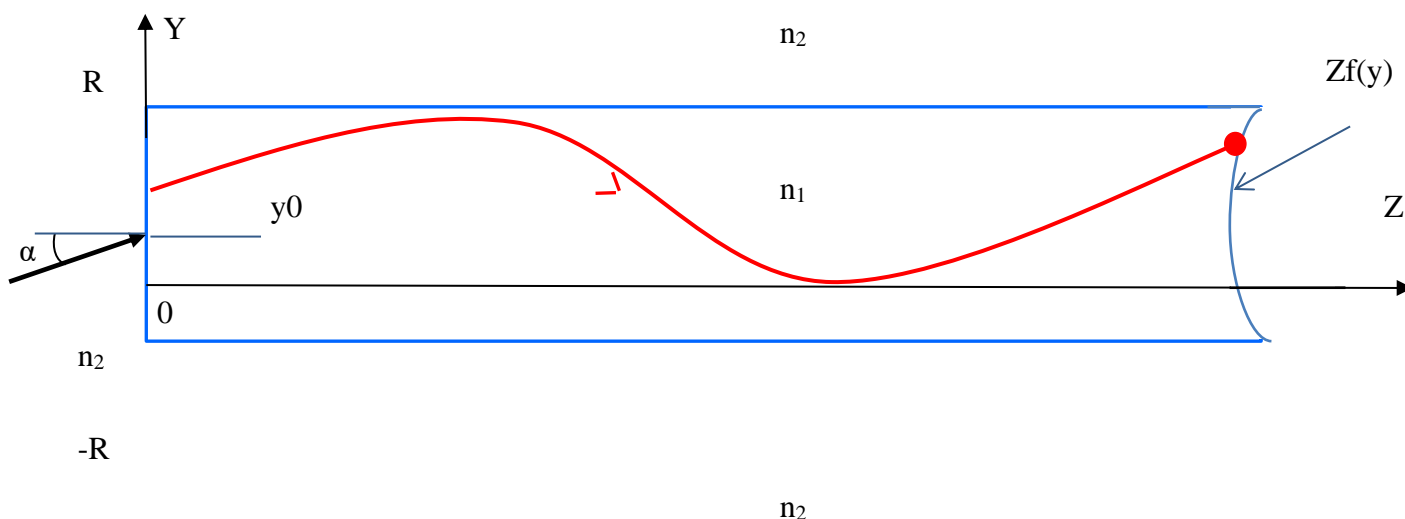


Рисунок 1.

Волоконно-оптический канал — канал на основе волоконных световодов, предназначенный для передачи оптических сигналов в линиях связи, в виде фотонов.

Показатель преломления среды  $n$  — безразмерная физическая величина, характеризующая различие фазовых скоростей света в двух средах.

$n = \frac{c}{v}$ , где  $c$  — скорость света в вакууме,  $v$  — скорость света в среде

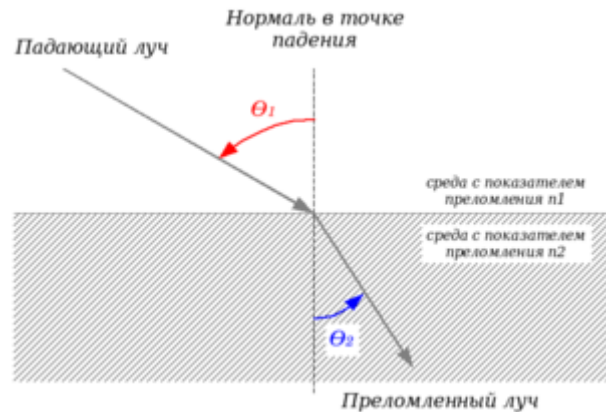


Рисунок 2. Луч, пересекающий границу двух сред.

При переходе из одной среды в другую луч света преломляется согласно закону преломления  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin(\beta)}{\sin(\alpha)}$ . Если это отношение  $>1$ , то луч полностью отражается от поверхности, причём угол падения равен углу отражения.

### Выполнение работы

Условия для варианта 16.

$R = 1.1$  - радиус канала

$Zf(y) = 8 + 2 \cdot \sin[17.951958020513104 \cdot y]$  - функция координаты выхода

$n_2 = 1$  - показатель преломления окружающей среды

$f1(y) = 1.4 - 0.18 \cdot y^4$

$\omega = 3.1 \cdot 10^{14}$  рад/с - циклическая частота светового луча

$y_0 = -0.3$  - координата ввода луча в волновод

$\alpha = -40$  градусов - начальный угол ввода луча в волновод

Изначально в программе Mathematica инициализируются переменные-входные данные:  $f(y_)$  - функция распределения показателя преломления по поперечной координате  $y$ ,  $n(y_, w_)$  - функция распределения показателя преломления,  $start$  - начальный угол ввода луча в волновод,  $y_0$  - начальная координата по оси ординат ввода луча,  $zCoord$  - координата выходного торца волновода,  $radius$  - радиус волновода,

assurance - размер каждого поперечного сечения, на которые мы делим волновод для просчета траектории луча.

Для просчёта и построения траектории луча была создана функция waveWay, которая принимает в качестве аргументов угол ввода луча, его частоту и размер поперечного сечения. В функции инициализируются следующие переменные: длина траектории луча dist, xPrev, yPrev, x, y - координаты для отслеживания изменения положения луча, angle - угол падения луча в среде, coords - массив точек, пройденных лучом, isDirChanged - отразился ли луч после предыдущей проверки, direction - направление, равно 1 если луч направлен вверх, -1 если вниз.

Функция проходит по оси абсцисс, пока координата x не станет больше или равна zCoord. На каждом шаге изначально проверяется, не происходит ли отражение луча. Если модуль разности между координатой y и радиусом волновода оказывается меньше размера поперечного сечения, значит, луч находится вблизи стенки волновода и он отразится.

Если луч не отразился, то проверяется возможно ли преломление. Если отношение функций распределения, умноженное на синус угла падения, оказывается больше 1, значит, луч полностью отражается, иначе - преломление возможно. Если так, то пересчитывается угол падения луча в новой среде(участка assurance). Иначе - изменяется направление хода луча.

Происходит обновление координат луча, пройденный лучом отрезок суммируется с уже пройденной дистанцией, новые координаты заносятся в массив coords. Когда достигнута конечная координата z, функция возвращает массив coords, угол падения angle и длину траектории луча dist.

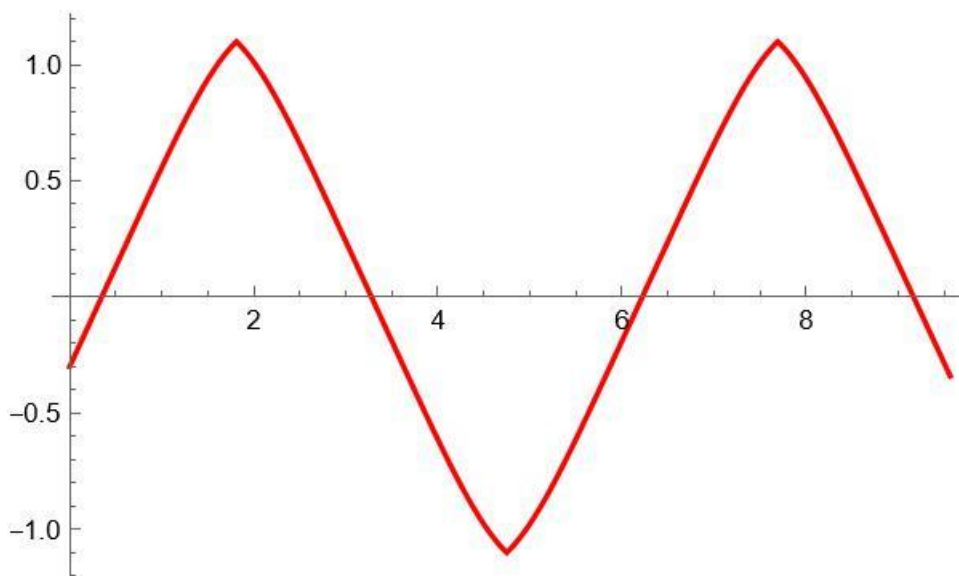


Рисунок 3. График траектории луча.

Исходный код функции см. в Приложении А.

### Выводы

В ходе работы было исследовано поведение волны в волноводе в зависимости от угла входа луча в волновод. Была смоделирована траектория волны для данной частоты, а также вычислена длина траектории луча в волноводе. Она равна 12.0396 при длине волновода равной 8.

### **Приложение А**

#### **Исходный код программы**

```

f[y_] := 1.4 - 0.18*y^4;
n[y_, w_] := f[y]*(1 - (0.35*10^14/w)^2);
start = -40 Degree;
y0 = -0.3
zCoord = 8 + 2*Sin[17.951958020513104*y0]
radius = 1.1;
accurance = radius/1000;

waveWay[a_, w_, accurance_] := (
  dist = 0;
  xPrev = 0;
  yPrev = -0.3;
  x = 0;
  y = -0.3;
  angle = a;
  coords = List[];
  isDirChanged = 0;
  direction = 1;
  AppendTo[coords, {x, y}];
  While[
    x < zCoord,

    If[Abs[y - direction*radius] < accurance, direction *= -1;
      isDirChanged = 1,
      If[(n[y, w]/n[y + direction*accurance, w])*Sin[angle] > 1,
        direction *= -1; isDirChanged = 1,];
      If[isDirChanged == 0,
        angle = ArcSin[(n[y, w]/n[y + direction*accurance, w])*
          Sin[angle]],];
      xPrev = x;
      yPrev = y;
      x += Tan[angle]*accurance;
      y += direction*accurance;
      dist += Sqrt[((x - xPrev)^2 + (Abs[y] - Abs[yPrev])^2)];
      AppendTo[coords, {x, y}];
      isDirChanged = 0;
    ];
  ];
  {coords, angle, dist}
);

w = 3.1*10^14;
angle = 90 Degree - ArcSin[f[0]/n[0, w]*Sin[start]];
results = waveWay[angle, w, accurance];
coords = results[[1]];
plot = ListLinePlot[coords, PlotStyle -> {Red}];

Show[plot]
Print[results[[3]]];

```