

Оптика лазерных пучков

Нечаева Дарья

Салтыкова Дарья

Сифат М.Д.

Шмаков Владимир

Цель работы

- Ознакомиться с методами анализа лазерных пучков
- При помощи изученного математического аппарата оценить фокусное расстояние линзы

Теоретические сведения

Гауссовы оптические системы

Пусть геометрический луч характеризуется двумя величинами — расстоянием до некоторой оси, и углом между лучом и осью. При этом, пусть выходные характеристики луча связаны со входными через функции F и Φ (смотрите рисунок 1).

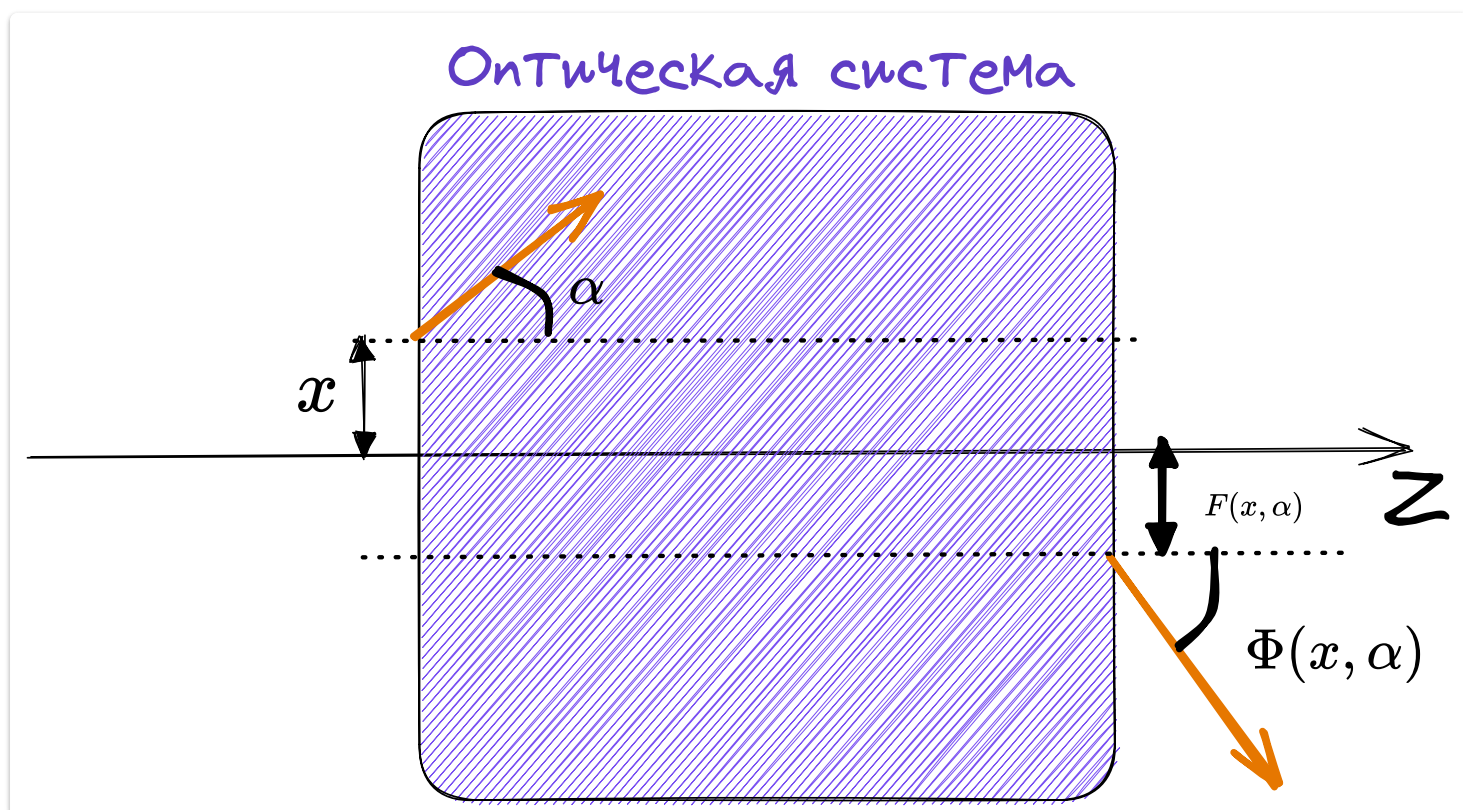


Рисунок 1. Описание произвольной оптической системы

Разложим функции Φ и F в ряд Тейлора в окрестности точки $(0, 0)$:

$$x_{out} \sim \frac{\partial F}{\partial x}(0, 0) \cdot x + \frac{\partial F}{\partial \alpha}(0, 0) \cdot \alpha$$

$$\alpha_{out} \sim \frac{\partial \Phi}{\partial x}(0, 0) \cdot x + \frac{\partial \Phi}{\partial \alpha}(0, 0) \cdot \alpha$$

Данное равенство может быть записано в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} x_{out} \\ \alpha_{out} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ \alpha \end{pmatrix} \quad (1)$$

Заметим, что матричное описание верно лишь в том случае, если в разложении функций F и Φ можно пренебречь нелинейными членами. Системы, описываемые выражением (1) называются **Гауссовыми оптическими системами**.

Матрицы оптических систем, используемых в работе:

1. Участок диэлектрика длиной d : $A = 1$, $B = d/n$, $C = 0$, $D = 1$.
2. Линза: $A = 1$, $B = 0$, $C = -1/f$, $D = 1$.

Методика

Оборудование

- Полупроводниковый лазер
- Гелий - неоновый лазер
- Линза
- Фотодиод
- Вольтметр
- Микрометрический винт

Экспериментальная установка

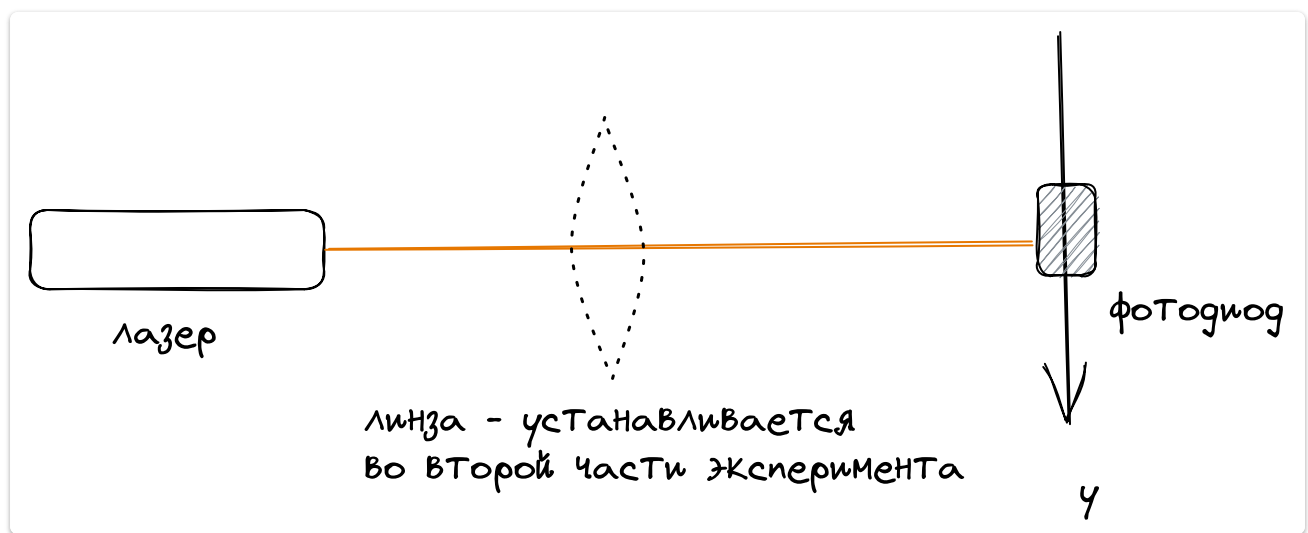


Рисунок 2. Схема экспериментальной установки

На оптическом столе установлен лазер и фотодиод. Для измерения распределения интенсивности фотодиод может двигаться вдоль оси y при помощи микрометрического винта.

Обработка результатов

Данные полученные в результате четырёх экспериментов представлены на рисунке 2:

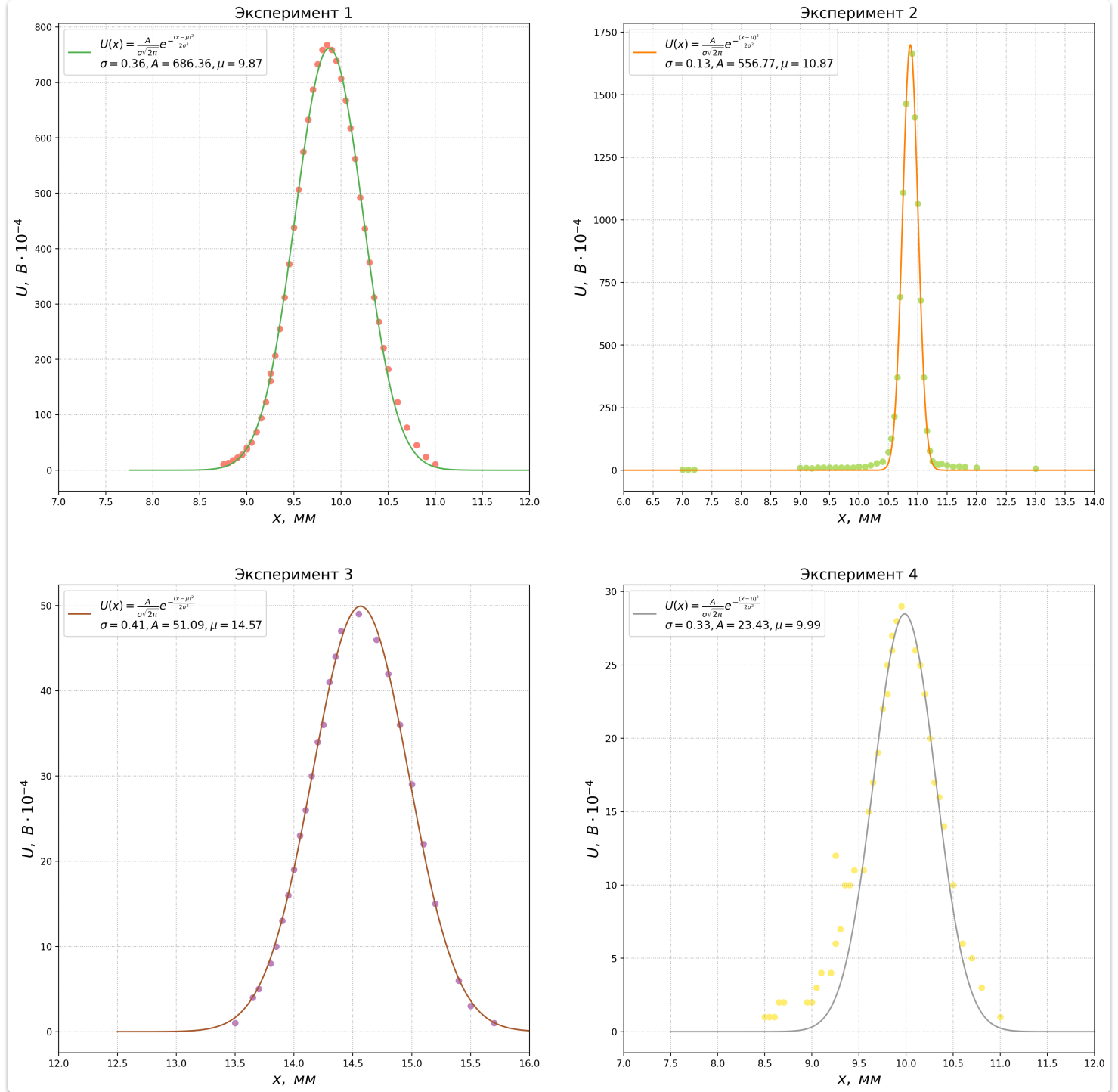


Рисунок 3. Экспериментальные данные

Эксперимент 1

В первом эксперименте измерялось распределение интенсивности луча полупроводникового лазера. Измерения проводились в плоскости, удаленной от плоскости лазера на расстояние $L = 84.5$ см. По полученным экспериментальным данным можем узнать распределение интенсивности в плоскости лазера. Для этого воспользуемся правилом $ABCD$:

$$-\frac{i\lambda}{\pi w_2^2} - \frac{A\left(-\frac{i\lambda}{\pi w_1^2} + \frac{1}{R_1}\right) + B}{C\left(-\frac{i\lambda}{\pi w_1^2} + \frac{1}{R_1}\right) + D} + \frac{1}{R_2} = 0$$

Выразим параметр w_2 через w_1 и получим:

$$w_2^2 = \frac{C^2 R_1^2 \lambda^2 + \pi^2 C^2 w_1^4 + 2\pi^2 C D R_1 w_1^4 + \pi^2 D^2 R_1^2 w_1^4}{\pi^2 R_1^2 w_1^2 (A D - B C)} \quad (4)$$

В нашем случае $A = 1, B = L, C = 0, D = 1$. Подставив эти величины в выражение (4) поймём, что найденная в первом эксперименте ширина пучка равна ширине пучка в плоскости лазера.

Эксперимент 2

В данном эксперименте между лазером и фотодиодом была установлена линза, фокусное расстояние которой неизвестно. При этом расстояние от линзы до лазера $l_1 = 67 \text{ см}$, от линзы до фотодиода $l_2 = 17.5 \text{ см}$.

Пользуясь формулой (4) получим выражение, задающее связь между w_1 и w_2 :

$$w_2^2 = \frac{\lambda^2}{\pi^2 f^2 w_1^2} + w_1^2 - \frac{2l_1 w_1^2}{f} + \frac{l_1^2 w_1^2}{f^2} - \frac{2w_1^2}{R_1 f} + \frac{2l_1 w_1^2}{R_1 f^2} + \frac{w_1^2}{R_1^2 f^2} \quad (5)$$

Для нахождения фокусного расстояния пренебрежем членами содержащими R_1 в знаменателе. Тогда фокусное расстояние может быть найдено графически:

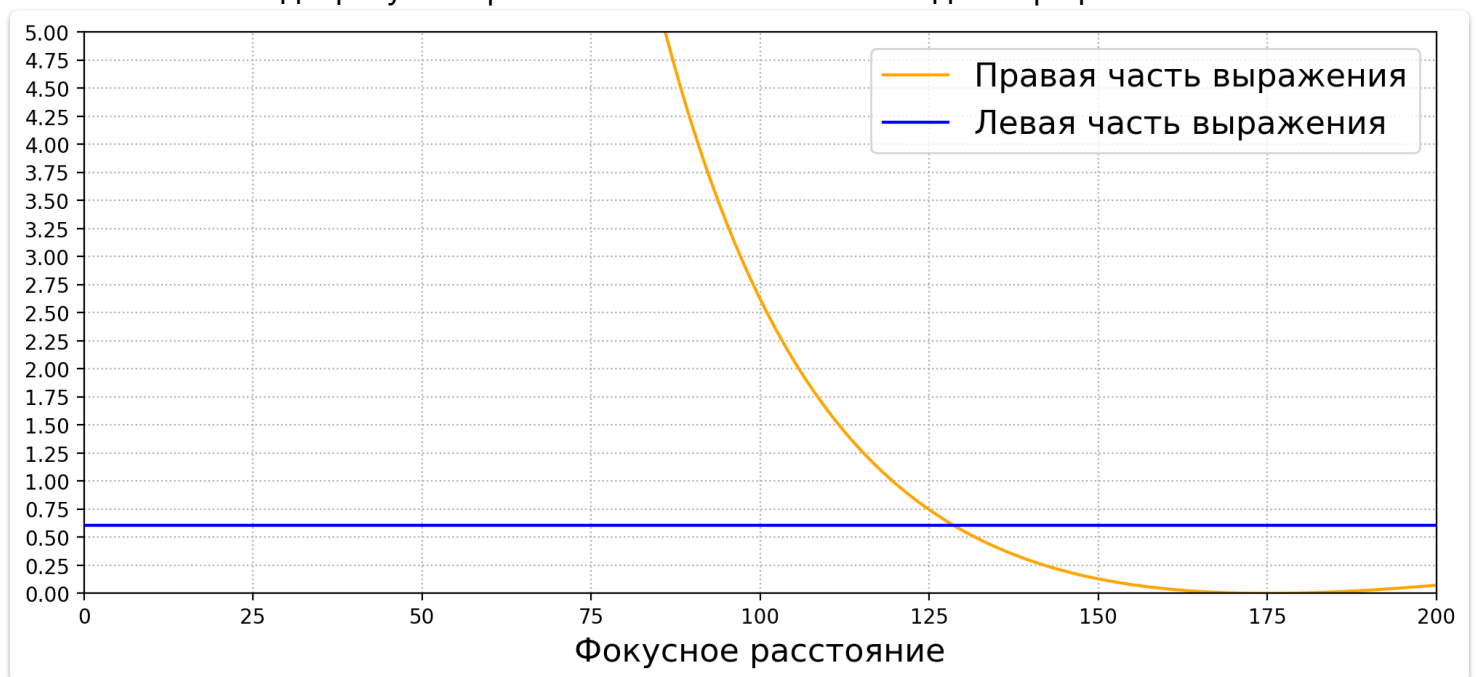


Рисунок 4. Графическое решение уравнения 5.

Эксперимент 3 и 4

В последних двух экспериментах использовался гелий — неоновый лазер. Расстояние от лазера до линзы $l_1 \sim 121 \text{ см}$, $l_2 \sim 12 \text{ см}$. Аналогично предыдущему пункту, приведем графическое решение выражения (2):

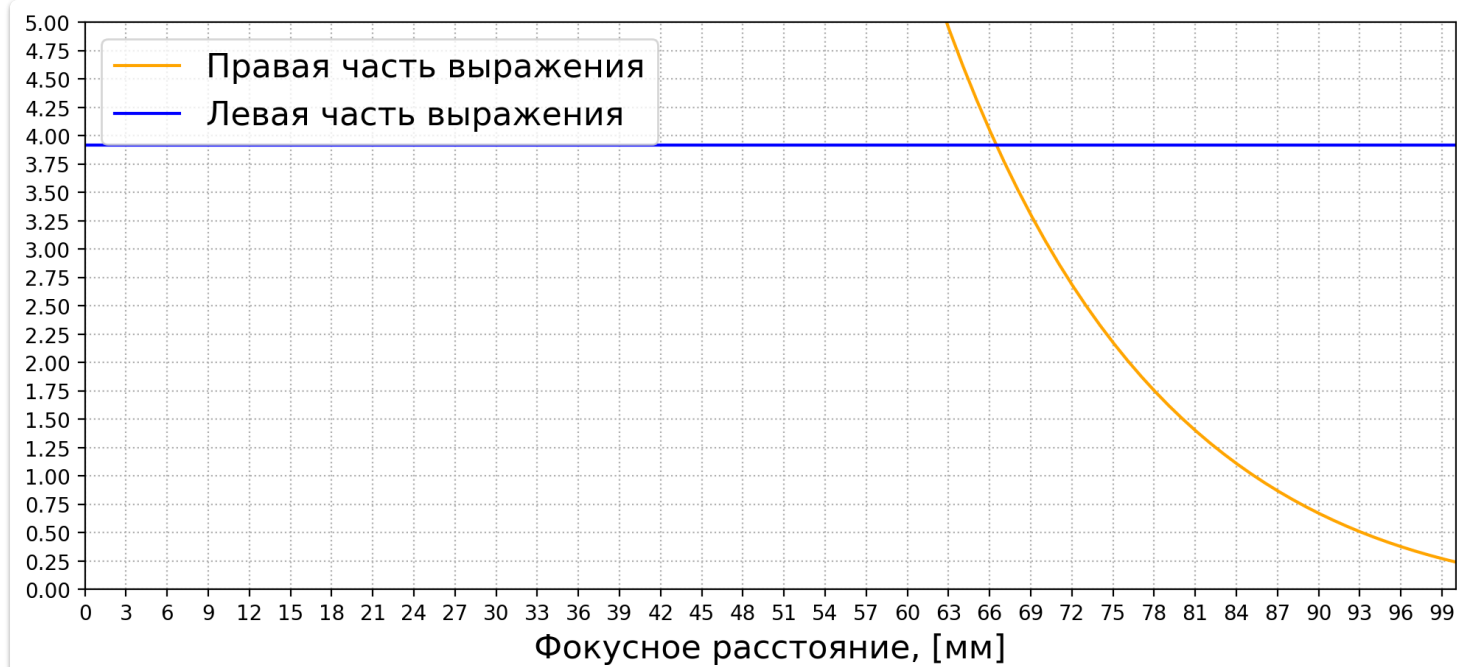


Рисунок 5. Графическое решение уравнения 5.

Вывод

В ходе проделанной работы удалось ознакомиться с теорией Гауссовых пучков.

Удалось оценить фокусное расстояние линзы. В первой паре экспериментов оно оказалось равным $f \sim 125$ мм. В ходе второй пары экспериментов $f \sim 66$ мм.

Как видим, результаты экспериментов не совпадают друг с другом. Неточности могут быть связаны с тем, что при расчетах не была использована величина R_1 - радиус кривизны волнового фронта.