

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

**В.А. Папорков, Е.В. Рыбникова**

# **Оптика**

## ***Лабораторный практикум***

*Рекомендовано  
Научно-методическим советом университета  
для студентов специальностей Радиофизика и электроника,  
Микроэлектроника и полупроводниковые приборы  
и направления Физика*

Ярославль 2006

УДК 535  
ББК В34я73  
П 17

*Рекомендовано  
Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного издания. План 2006 года*

Рецензенты:  
кандидат физико-математических наук М.Н. Преображенский;  
кафедра физики Ярославского государственного  
технического университета

**Папорков, В.А.** Оптика: лаб. практикум / В.А. Папорков, Е.В. Рыбникова; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 123 с.  
ISBN 5-8397-0481-4

Лабораторный практикум содержит краткую теорию исследуемых физических явлений, методику измерений и обработки результатов, перечень контрольных вопросов и заданий по каждой лабораторной работе, список литературы.

Предназначен для студентов, обучающихся по специальностям 013800 Радиофизика и электроника, 014100 Микроэлектроника и полупроводниковые приборы и направлению подготовки 510400 Физика (дисциплина "Физический практикум", блок ЕН), очной и очно-заочной форм обучения.

УДК 535  
ББК В34я73

© Ярославский государственный  
университет им. П.Г. Демидова, 2006  
ISBN 5-8397-0481-4    © В.А. Папорков, Е.В. Рыбникова, 2006

# Лабораторная работа № 1

## Определение фокусных расстояний положительных и отрицательных сферических линз

### 1. Теория сферической тонкой линзы

Сферическая линза представляет собой пространство, ограниченное двумя сферическими поверхностями. Прямая, соединяющая центры кривизны этих поверхностей, является главной оптической осью такой линзы. Линза называется тонкой, если ее толщина вдоль главной оптической оси существенно меньше радиусов кривизны ее поверхностей. В зависимости от кривизны поверхностей и соотношения коэффициентов преломления материала линзы и среды, в которой находится линза, она может быть собирающей (положительной) или рассеивающей (отрицательной). Целью этой работы является изучение методов определения фокусных расстояний положительных и отрицательных сферических тонких линз.

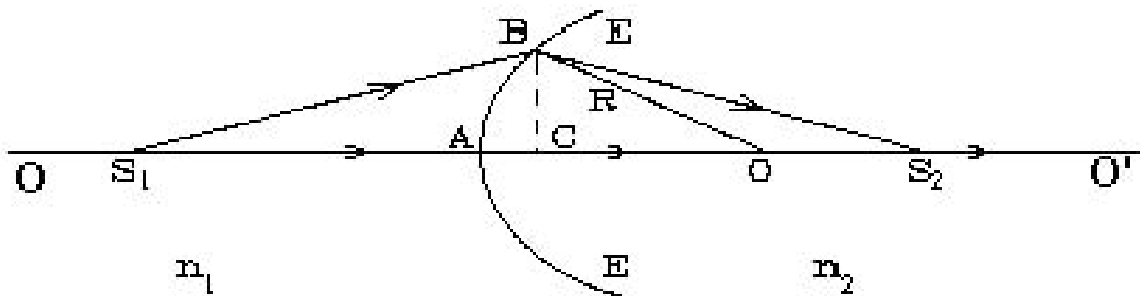


Рис. 1.1. Ход лучей на границе сферической преломляющей поверхности

Для реализации этой цели рассмотрим свойства сферической преломляющей поверхности  $EE'$  (см. рис. 1.1) с радиусом кривизны  $R$ , которая разделяет две среды с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$ . Слева от  $EE'$  находится точечный источник  $S_1$ . Точка  $S_2$  является изображением источника  $S_1$ , если любой параксиальный луч  $S_1B$  (условие параксиальности  $S_1B \sim S_1A$ ) после преломления на  $EE'$  пройдет через  $S_2$ . Это возможно при выполнении равенства оптического пути:

$$S_1 B n_1 + S_2 B n_2 = S_1 A n_1 + S_2 A n_2$$

или иначе

$$S_1 B n_1 + S_2 B n_2 = S_1 C n_1 + S_2 C n_2 + (n_2 - n_1) A C. \quad (1.1)$$

Рассмотрим треугольники  $S_1 B C, B C O, S_2 B C$ .

$$\left. \begin{aligned} S_1 B &\approx S_1 C + (BC)^2 / (2 S_1 C), \\ S_2 B &\approx S_2 C + (BC)^2 / (2 S_2 C), \\ OB &\approx OC + (BC)^2 / (2 OC). \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

Начало отчета, как правило, помещают в точку пересечения сферической поверхности с оптической осью. В этом случае:  $S_1 A < 0, S_2 A > 0, A O > 0$ .

Вводя обозначение:  $S_1 A = -a_1, S_2 A = a_2, A O = R, B C = h, A C = d$  и подставляя (1.2) в (1.1), получим:

$$\begin{aligned} (d - a_1) n_1 + \frac{h^2 n_1}{2(d - a_1)} + (a_2 - d) n_2 + \frac{h^2 n_1}{2(a_2 - d)} = \\ = (d - a_1) n_1 + (a_2 - d) n_2 + (n_2 - n_1) d. \end{aligned} \quad (1.3)$$

Учитывая, что  $d = h^2 / 2R$ , преобразуем (1.3) к виду:

$$\frac{n_2 - n_1}{R} = \frac{n_2}{a_2 - d} - \frac{n_1}{a_1 - d}, \quad (1.3')$$

а поскольку для параксиальных лучей  $d \ll a_1, a_2$ , то окончательно:

$$\frac{n_2 - n_1}{R} = \frac{n_2}{a_2} - \frac{n_1}{a_1} = \Phi. \quad (1.4)$$

Выражение (1.4) определяет оптическую силу  $\Phi$  сферической поверхности.

Если источник  $S_1$  удален на бесконечность, т.е.  $\frac{1}{a_1} = 0$ , то

$$a_2 = \frac{Rn_2}{n_2 - n_1} = \frac{n_2}{\Phi} = f_1. \quad (1.5)$$

В случае, когда источник находится справа от поверхности  $EE'$  на расстоянии  $a_2 = \infty$ ,

$$a_1 = -\frac{Rn_1}{n_2 - n_1} = -\frac{n_1}{\Phi} = -f_2. \quad (1.6)$$

Значения  $f_2$  и  $f_1$ , определяемые выражениями (1.5) и 1.6), называются фокусными расстояниями сферической поверхности  $EE'$ .

Рассмотрим двояковыпуклую тонкую линзу (см. рис. 1.2), определяемую двумя сферическими поверхностями с радиусами кривизны  $R_1$  и  $R_2$ , и показателем преломления  $n$ . Показатели преломления сред слева и справа от линзы обозначим через  $n_1$  и  $n_2$ .

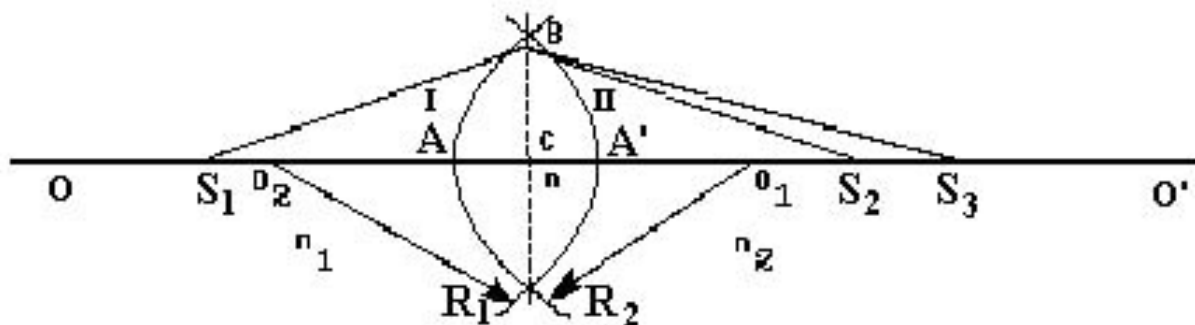


Рис. 1.2. Ход лучей в сферической тонкой линзе

Построим изображение точечного источника  $S_1$ , находящегося на главной оптической оси линзы. Для этого построим промежуточное изображение этого источника  $S_3$ , формируемое сферической поверхностью 1, которая разделяет среды с показателями преломления  $n_1$  и  $n$ . Согласно (1.4) запишем: