

Таблица. Расстояния от опорных плоскостей до кардинальных точек ЦОС

$ОП_1 - F_1 \text{ --- } n_1 \frac{D}{C}$	$ОП_2 - F_2 \text{ --- } -n_2 \frac{A}{C}$
$H_1 - F_1 \text{ --- } f_1 = \frac{n_1}{C}$	$H_2 - F_2 \text{ --- } f_2 = -\frac{n_2}{C}$
$ОП_1 - H_1 \text{ --- } n_1 \frac{(D-1)}{C}$	$ОП_2 - H_2 \text{ --- } n_2 \frac{(1-A)}{C}$

Если элемент C матрицы M равен 0, то фокальные точки лежат в бесконечности (см. табл.). Такая система называется афокальной или телескопической. Примером может служить зрительная труба, установленная на бесконечность, когда задняя фокальная плоскость объектива совмещена с передней фокальной плоскостью окуляра. При $C = 0$ наклон выходящего луча $\alpha_2 = D\alpha_1$ не зависит от Y_l . Т.е. все лучи, падающие на систему под одним углом (параллельный пучок), дадут на выходе также параллельный пучок лучей.

Отношение углов наклона выходящих и входящих лучей $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = D$ характеризует

угловое увеличение телескопической системы. Угловое увеличение зрительной трубы, определяемое элементом D матрицы M , показывает, во сколько раз угол, под которым виден бесконечно удаленный предмет в зрительную трубу, больше угла, под которым он был бы виден невооруженным глазом.

Разберем на конкретных примерах как найти кардинальные элементы и оптическую силу произвольных ЦОС.

Пример 1.

Рассчитать положение главных плоскостей и фокусов толстой выпукло-вогнутой стеклянной линзы, если радиус кривизны выпуклой поверхности $R_1 = 10\text{см}$, вогнутой $R_2 = 5\text{см}$ и толщина линзы $d = 3\text{см}$.

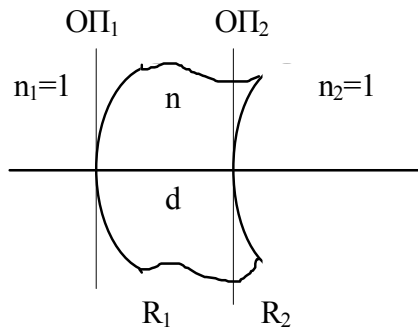


Рис. 6

Оптическая сила преломляющих поверхностей

$$\Phi_1 = \frac{n-1}{R_1} = \frac{0,5}{0,1} = 5 \text{ (дптр)}$$

$$\Phi_2 = \frac{1-n}{R_2} = -\frac{0,5}{0,05} = -10 \text{ (дптр)}$$

$$L = \frac{d}{n} = \frac{0,03}{1,5} = 0,02 \text{ (м)}.$$

Матрица преобразования параметров луча толстой линзой имеет вид

$$M = \begin{pmatrix} 1-L\Phi_1 & L \\ -(\Phi_1+\Phi_2-L\Phi_1\Phi_2) & 1-L\Phi_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}.$$

Зная оптические силы преломляющих поверхностей Φ_1 и Φ_2 , а также приведенную толщину оптического промежутка L , можно легко найти элементы матрицы M :

$$A = 1 - L\Phi_1 = 1 - 0,02 \cdot 5 = 0,9; B = L = 0,02 \text{ м};$$

$$C = -(\Phi_1 + \Phi_2 - L\Phi_1\Phi_2) = -(5 - 10 + 0,02 \cdot 5 \cdot 10) = 4 \text{ м}^{-1}; D = 1 - L\Phi_2 = 1 + 0,02 \cdot 10 = 1,2.$$

Теперь, воспользовавшись таблицей, найдем кардинальные точки системы:

$$\text{ОП}_1 - F_1 \quad \frac{D}{C} = 0,3 \text{ м}$$

$$\text{ОП}_1 - H_1 \quad \frac{D-1}{C} = 0,05 \text{ м}$$

$$H_1 - F_1 \quad f_1 = \frac{1}{C} = 0,25 \text{ м}$$

$$\text{ОП}_2 - F_2 \quad -\frac{A}{C} = -\frac{0,9}{4} = -0,225 \text{ м}$$

$$\text{ОП}_2 - H_2 \quad \frac{1-A}{C} = \frac{0,1}{4} = 0,025 \text{ м}$$

$$H_2 - F_2 \quad f_2 = -\frac{1}{C} = -0,25 \text{ м}$$

Изобразим на рис. 7 положение главных плоскостей и фокусов.

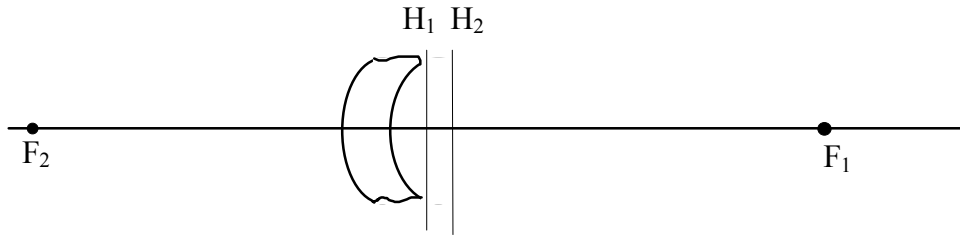


Рис. 7

Пример 2.

Имеются две тонкие симметричные линзы: одна собирающая с показателем преломления $n_1 = 1,70$, другая рассеивающая с $n_2 = 1,51$. Обе линзы имеют одинаковый радиус кривизны поверхностей $R = 10$ см. Линзы сложили вплотную и погрузили в воду. Каково фокусное расстояние этой системы в воде? (Показатель преломления воды n_0).

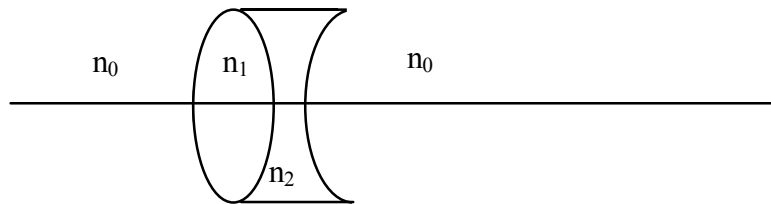


Рис.8

Оптическая система имеет три преломляющие поверхности, разделенные двумя оптически однородными промежутками, первый - толщины l_1 с показателем преломления n_1 , второй - l_2 , n_2 . Поэтому результирующая матрица преобразования параметров луча данной системой имеет вид:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\Phi_3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & L_2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\Phi_2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & L_1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\Phi_1 & 1 \end{pmatrix},$$

где Φ_1 , Φ_2 и Φ_3 - оптические силы первой, второй и третьей преломляющих поверхностей, соответственно. Но поскольку линзы тонкие $L_1 = \frac{l_1}{n}$ и $L_2 = \frac{l_2}{n}$ можно считать пренебрежимо малыми, и, следовательно, матрицы оптических промежутков превращаются в единичные матрицы. Тогда

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -(\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) & 1 \end{pmatrix}.$$