

На прозрачный шар, имеющий радиус R и показатель преломления n , падает в направлении одного из диаметров узкий параллельный пучок световых лучей. На каком расстоянии f от центра шара фокусируются лучи?

Решение. Прозрачный шар представляет собой двояковыпуклую линзу. Но эту линзу нельзя считать тонкой. Поэтому формула (1.19.1) не годится для вычисления фокусного расстояния шара.

В зависимости от значения показателя преломления n материала шара возможны два случая: фокус находится вне шара и фокус находится внутри шара. Рассмотрим сначала первый случай. Ход луча, падающего на шар под углом α , изображен на рисунке 1.123. Учитывая, что углы α и β малы в соответствии с условием задачи, имеем:

$$BC = R \sin \gamma = R \sin (2\beta - \alpha) \approx R(2\beta - \alpha) \approx \frac{R\alpha}{n} (2 - n).$$

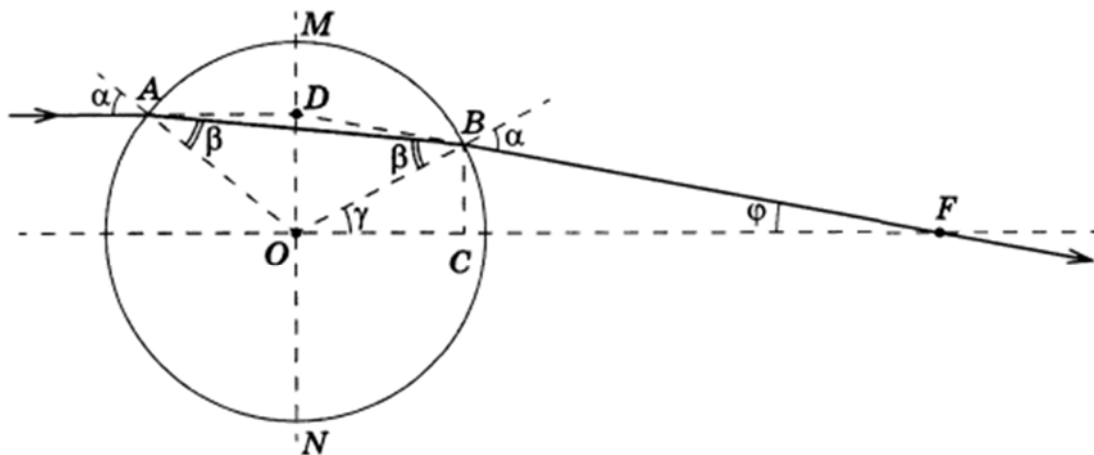


Рис. 1.123

Очевидно, что фокус лежит вне шара при $n < 2$. Если $n = 2$, то фокус лежит на поверхности шара.

Расстояние

$$CF = BC \operatorname{ctg} \varphi \approx \frac{BC}{\varphi}, \quad \varphi \approx 2(\alpha - \beta) \approx \frac{2\alpha(n - 1)}{n},$$

как нетрудно определить с помощью рисунка 1.123.

Искомое расстояние

$$f_1 \approx R + CF = \frac{Rn}{2(n - 1)}.$$

Во втором случае согласно формуле (1.17.2) расстояние от

$$\frac{1}{d} + \frac{n}{f} = \frac{n - 1}{R}, \quad F = \frac{Rn}{n - 1}.$$

поверхности шара до изображения $f = \frac{Rn}{n-1}$.

Искомое расстояние

$$f_2 = f - R = \frac{R}{n-1}.$$