

## Сферические зеркала

Во всех задачах, связанных со сферическими зеркалами, лучи считаются *параксиальными*, то есть идущими под небольшими углами к оптической оси.

Расстояние  $a$  от точечного источника до зеркала — это расстояние от проекции источника на оптическую ось до точки зеркала, лежащей на оптической оси. Аналогично определяется расстояние  $b$  от изображения до зеркала.

**ЗАДАЧА 1.** Радиус сферического зеркала равен  $R$ . Рассмотрев отражение светового пучка, параллельного оптической оси, найдите фокусное расстояние  $f$  вогнутого и выпуклого зеркала.

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f}$$

**ЗАДАЧА 2.** (*Формула сферического зеркала*)

а) Точечный источник расположен на оптической оси вогнутого зеркала на расстоянии  $a$  от зеркала. Докажите, что

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R}$$

при  $a > R/2$  (изображение действительное) и

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{2}{R}$$

при  $0 < a < R/2$  (изображение мнимое).

б) Точечный источник расположен на оптической оси выпуклого зеркала на расстоянии  $a$  от зеркала. Докажите, что

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = -\frac{2}{R}$$

(изображение мнимое).

**ЗАДАЧА 3.** Точечный источник расположен на расстоянии  $h$  от оптической оси зеркала. Постройте изображение источника и докажите, что формула зеркала сохраняет свой вид.

(Результат этой задачи означает, что если источник перемещать перпендикулярно оптической оси, то его изображение также смещается перпендикулярно оптической оси. Иными словами, изображением стрелочки  $AB$ , перпендикулярной оптической оси, служит стрелочка  $A'B'$ , также перпендикулярная оптической оси.)

**ЗАДАЧА 4.** а) Предмет  $AB$  расположен перпендикулярно оптической оси вогнутого зеркала. Постройте изображение  $A'B'$  в случаях  $a > 2f$ ,  $a = 2f$ ,  $f < a < 2f$  и  $0 < a < f$ . Опишите полученное изображение (действительное/мнимое, прямое/перевёрнутое, увеличенное/уменьшенное).

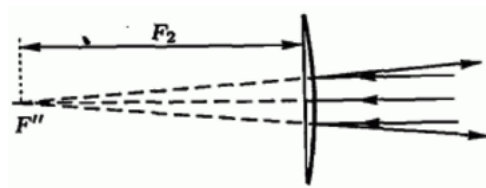
б) *Линейным увеличением* зеркала называется величина  $\Gamma = A'B'/AB$ . Покажите, что во всех случаях предыдущего пункта выполнено равенство  $\Gamma = b/a$  (найдите пару подобных треугольников, из которых это очевидно).

**ЗАДАЧА 5.** Предмет  $AB$  расположен перпендикулярно оптической оси выпуклого зеркала. Постройте изображение  $A'B'$  и опишите его. Покажите, что  $\Gamma = b/a$  (найдите пару подобных треугольников, из которых это очевидно).

Задача 6. (МОШ, 2013, 11) Глаз наблюдателя расположен так, что муравей и его изображение в «кривом» (сферическом) зеркале для наблюдателя имеют одинаковые угловые размеры и полностью «накладываются» друг на друга. Наблюдатель отодвинулся от зеркала на расстояние  $L$  вдоль линии, на которой находятся муравей и его изображение, и теперь видит, что угловой размер муравья составляет 75% от углового размера его изображения. Затем наблюдатель отодвинулся в том же направлении ещё на  $L$ , и угловой размер изображения стал в 1,5 раза больше углового размера муравья. Во сколько раз изображение муравья больше его самого? Каков радиус кривизны зеркала?

$$\boxed{7 \text{ два раза; } R = \frac{3}{4} L}$$

Задача 7. (Всеросс., 2004, ОЭ, 10) Сферическую поверхность плоско-выпуклой линзы с фокусным расстоянием  $F_1$  посеребрили. Если на выпуклую сторону такой системы направить пучок лучей, параллельных главной оптической оси, то отражённые лучи будут распространяться так, как будто они были испущены из точки  $F''$ , находящейся на расстоянии  $F_2$  от линзы (рис.). Найдите построением точку  $F$  (фокус системы), в которой сойдётся пучок лучей, параллельных главной оптической оси и падающих на плоскую поверхность линзы. Выразите фокусное расстояние  $F_0$  системы через  $F_1$  и  $F_2$ . Фокусное расстояние линзы много больше её диаметра, а посеребрённая поверхность полностью отражает свет.



$$\boxed{\frac{1}{F_0} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}}$$