

ГЛАВА 14

ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ

1. При описании многих явлений, связанных с распространением световых волн, удобнее использовать более простое геометрическое представление, чем волна, — световой луч.

Световым лучом называют бесконечно узкий пучок электромагнитных волн, совпадающий с направлением распространения волны. Световая волна, падающая на поверхность раздела двух сред, частично отражается от нее, возвращаясь в первую среду, частично проходит во вторую.

Тела или системы тел, преобразующие ход лучей света, называют оптическими системами.

Если расходящийся пучок лучей, идущий от светящейся точки предмета, преобразуется оптической системой в сходящийся пучок, изображение точки, получающееся на месте пересечения преобразованных лучей, называют действительным.

Если расходящийся пучок лучей, идущий из светящейся точки предмета, преобразуется оптической системой так, что он остается расходящимся, изображение точки предмета, получающееся на месте пересечения продолжений преобразованных лучей, называют мнимым.

2. Всякая отражающая поверхность преобразует падающие на нее лучи так, что угол падения луча равен углу отражения и лучи, падающий и отраженный, лежат в одной плоскости с перпендикуляром, восставленным из точки падения.

Если лучи, падающие на плоскую поверхность раздела двух сред параллельным пучком, после отражения остаются параллельными, отражение называют зеркальным, а саму поверхность — плоским зеркалом.

Пучок лучей, падающий из светящейся точки A (рис. 14.1) на плоское зеркало, преобразуется зеркалом так, что: а) продолжения всех отраженных лучей будут пересекаться в точке A_1 , являющейся мнимым изображением точки A . Глазу наблюдателя, расположенному в отраженном потоке, будет казаться, что лучи выходят не из точки A , а из точки A_1 ; б) расстояние

от изображения до плоскости зеркала равно расстоянию от этой плоскости до предмета; в) изображение протяженного предмета в плоском зеркале равно по размерам самому предмету и расположено симметрично относительно плоскости зеркала.

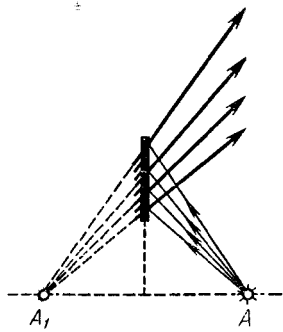


Рис. 14.1

3. Если зеркально отражающая поверхность представляет собой часть шаровой поверхности (рис. 14.2), то такое зеркало называют сферическим. Центр шара — точку C — называют оптическим центром зеркала, его радиус R — радиусом зеркала. Вершину шарового сегмента O называют полюсом зеркала, угол α , под которым этот сегмент виден из оптического центра, — угловым отверстием (апертурой) зеркала. Прямую, проходящую через оптический центр и полюс зеркала, называют главной оптической осью; всякую другую прямую, проходящую через оптический центр, называют побочной оптической осью зеркала.

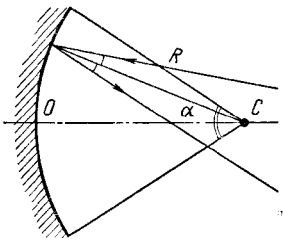


Рис. 14.2

Согласно законам отражения луч, падающий на сферическое зеркало, и луч отраженный составляют с радиусом зеркала одинаковые углы и лежат вместе с ним в одной плоскости.

4. Для вогнутых зеркал с большим радиусом кривизны (чем он больше, тем точнее) справедливо следующее:

а) Если на зеркало падает узкий пучок параллельных лучей, то после отражения все лучи пересекаются в одной точке, называемой фокусом зеркала. Фокус, лежащий на главной оптической оси, называется главным, фокус, лежащий на побочной оси, — побочным. Фокусы вогнутого зеркала являются действительными. Геометрическое место всех фокусов представляет часть сферической поверхности, называемой фокальной поверхностью. Радиус фокальной поверхности равен $\frac{R}{2}$. Расстояние от фокальной поверхности до поверхности зеркала называют фокусным расстоянием.

б) Фокусное расстояние F зеркала радиусом R равно:

$$F = \frac{R}{2} .$$

в) При построении изображений и расчетах высотой сферического сегмента зеркала можно пренебречь по сравнению с R .

г) Если светящаяся точка (небольшой по сравнению с R протяженный предмет) находится на расстоянии d от зеркала и ее

изображение получается на расстоянии f от него, то

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{R} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (14.1)$$

В формуле (14.1) все расстояния от зеркала до мнимых точек берутся со знаком «минус», до действительных — со знаком «плюс». Это правило относится как к f , так и к d . Случай мнимого предмета может иметь место, когда сам предмет является изображением, полученным от другого зеркала или линзы. Фокусное расстояние вогнутого зеркала всегда положительно.

Если расстояния от предмета и изображения до главного фокуса равны соответственно l_0 и l , формулу зеркала можно представить в виде:

$$F^2 = \frac{R^2}{4} = l_0 l. \quad (14.2)$$

д) При построении изображения светящейся точки в вогнутом зеркале из всего потока лучей, падающих на зеркало, используют два из следующих четырех:

1) луч, идущий от точки предмета параллельно какой-либо оптической оси; после отражения он проходит через фокус, лежащий на этой оси;

2) луч, проходящий через оптический центр зеркала; после отражения он идет по тому же направлению назад (поскольку угол падения, а следовательно, и угол отражения равны нулю);

3) луч, идущий от какой-либо точки предмета в направлении полюса зеркала; как и любой луч, он отразится от зеркала под углом, равным углу падения, который в этом случае можно построить сравнительно точно;

4) луч, проходящий через фокус, лежащий на какой-либо оси; после отражения он идет параллельно оптической оси, на которой лежит этот фокус.

Чаще всего при построении используют первые два луча.

Всякий произвольный луч, идущий из светящейся точки предмета, после отражения проходит через точку пересечения характерных лучей.

е) Если предмет высотой H_0 расположен перпендикулярно главной оптической оси и высота его изображения оказывается равной H , то линейное увеличение (уменьшение предмета), даваемое зеркалом, равно:

$$\Gamma = \frac{H}{H_0} = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F}. \quad (14.3)$$

5. Выпуклые зеркала с большим радиусом кривизны обладают следующими свойствами:

а) Если пучок параллельных лучей падает на зеркало, то после отражения лучи расходятся и идут так, что их продолжения пересекаются в одной точке, называемой фокусом. Фокусы выпук-

лого зеркала мнимые. Геометрическое место всех фокусов выпуклого зеркала — фокальная поверхность — представляет собой часть сферы радиусом $\frac{R}{2}$.

б) Формула выпуклого зеркала имеет вид:

$$-\frac{1}{F} = -\frac{2}{R} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (14.4)$$

Левую часть этого уравнения всегда берут со знаком «минус», поскольку фокус выпуклого зеркала мнимый. Перед остальными членами уравнения ставят знак «плюс» или «минус» в зависимости от того, является ли изображение или предмет действительным или мнимым.

Связь между l_0 , l и F дается уравнением (14.2).

в) При построении изображения светящейся точки в выпуклом зеркале используются те же характерные лучи, что и в вогнутом:

1) луч, идущий от точки предмета параллельно какой-либо оптической оси; он отражается так, что его продолжение проходит через фокус, лежащий на этой оси;

2) луч, идущий на оптический центр зеркала; он отражается назад по тому же направлению (так как угол падения, а следовательно, и угол отражения равны нулю);

3) луч, идущий на полюс зеркала; он отражается под углом, равным углу падения (угол отражения в данном случае можно построить довольно точно);

4) луч, идущий в направлении фокуса, лежащего на какой-либо оптической оси; он после отражения идет параллельно этой оси.

г) Линейные размеры изображения, получаемого в выпуклом зеркале, можно определить по формуле

$$\Gamma = \frac{H}{H_0} = \frac{i}{d} = \frac{F}{d + F}.$$

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. ПРИМЕРЫ

1. Задачи на законы отражения — это задачи на определение размеров и взаимного расположения изображений, предметов и зеркал. Их можно разделить на две основные группы: задачи, связанные с нахождением изображения в зеркале, и задачи на системы зеркал. И в той и в другой группе различают задачи, где требуется провести только графическое построение, и задачи расчетные.

В первой группе можно выделить отдельно задачи о плоском, вогнутом и выпуклом зеркалах.

Вторая группа задач фактически является комбинацией задач первой группы.

2. Решение почти всех задач по оптике, в том числе и расчетного