



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный педагогический
университет имени Максима Танка»

Физико-математические науки и информатика, методика преподавания

*Материалы Международной студенческой
научно-практической конференции
г. Минск, 19 апреля 2017 г.*

Минск 2017

НЕПАРАКСИАЛЬНОСТЬ ЛУЧЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ СФЕРИЧЕСКИМИ ЗЕРКАЛАМИ

*К.В. Шишкова, Т.В. Лозицкая, физико-математический факультет;
В. Кутас УО "Гимназия № 9 г. Минска";
В.Н. Карсюк, Е.Д. Хюппенен УО «Лицей № 1 г. Минска»*

*Научные руководители:
д. ф.-м. н., проф., В.Р. Соболев;
учитель высш. квалифик. кат. Е.К. Мумыга*

В классических руководствах по геометрической оптике указывается, что параксиальные гомоцентрические пучки при преломлении и отражении от сферических поверхностей способны сформировать четкие изображения малых элементов, перпендикулярных к оптической оси. В частности, сферическое вогнутое зеркало при размещении предмета – светящейся точки – в его фокусе должно отобразить ее на бесконечность, то есть сформировать плоскопараллельный пучок. В действительности понятие параксиальности в данном случае достаточно условно и любые отражаемые зеркалом лучи в большей или меньшей степени непараллельны оптической оси. В сообщении представлены результаты анализа светового поля после отражения от сферического зеркала излучения, посылаемого точечным источником, помещенным в его фокус.

Основное выражение для сферического зеркала, как известно, связывает объект и изображение, оно особенно удобно для анализа при размещении одного из них в характерных точках на бесконечно удаленном расстоянии или в фокусе. Для выявления реального масштаба непараксиальности пучков даже при точечном источнике рассмотрены лучи, выходящие из фокуса и падающие на сферическую поверхность на различном удалении от оптической оси. Апертура исходящего пучка определяется углом θ , который меняется от нуля до $\pi/2$ и более. Соответственно, отраженные лучи при увеличении угла θ , отклоняются от оси все больше и больше, угол такого отклонения обозначен как γ . Очевидно, что с возрастанием апертуры угла θ точка пересечения отраженного луча с оптической осью приближается к зеркалу, это расстояние обозначено как h . Параметры отражения в зависимости от величины угла θ связаны между собой простыми геометрическими соотношениями. Из теоремы синусов следует, что

$$\gamma = (\theta - 2 \arcsin(0.5 \sin \theta)),$$
$$h = \frac{2a(\theta - \arcsin(0.5 \sin \theta))}{\tan(\theta - 2 \arcsin(0.5 \sin \theta))},$$

здесь a – радиус сферического зеркала.

Исходя из полученных выражений ниже графически представлены зависимость угла непараксиальности γ от значения апертурного угла θ , расстояние h на котором отраженный луч пересечет оптическую ось в функции угла θ , а также расстояние h в функции координаты x как расстояния от оптической оси до места падения луча на зеркало. При моделировании ситуации в качестве зеркала выбрана сфера радиуса 0.1 м.

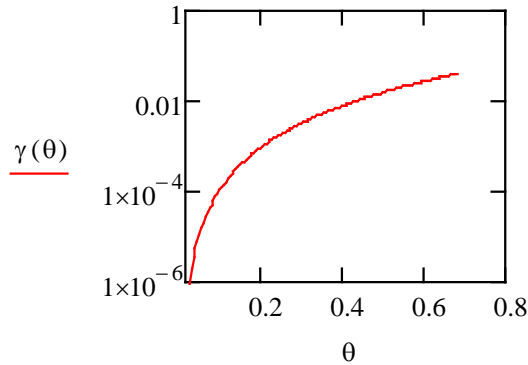


Рис. 1. Угол непараксиальности γ для отраженного от сферического зеркала луча в функции апертуры θ при падении луча из фокуса на зеркало радиуса 0.1 м.

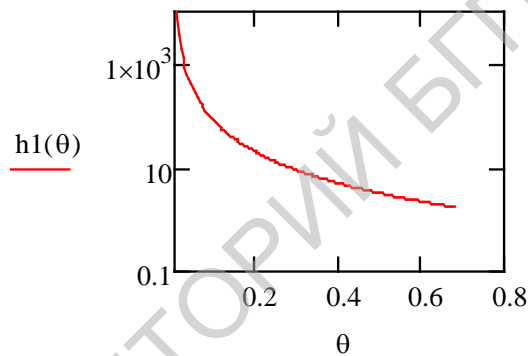


Рис. 2. Расстояние h в метрах, на котором отраженный при апертуре падения θ луч пересекает оптическую ось сферического зеркала радиуса 0.1 м.

Как видно, луч, падающий из фокуса на сферическое зеркало под прямым углом к оптической оси, имеет параметр непараксиальности порядка одной сотой радиана и такая не большая расхожимость, тем не менее, приведет к формированию изображения точки на расстоянии около 10 метров от сферического зеркала. В данном случае реализуется явление, подобное сферической аберрации при прохождении лучей через тонкую линзу, когда лучи удаленные от оптической оси преломляясь через ее краевые области пересекают оптическую ось ближе, чем центральные лучи, что приводит к размытию изображения светящейся точки.

Таким образом, для построения изображений заданной четкости в приближении квазипараксиальных лучей при отражении от сферического зеркала следует учесть масштаб искажений и ограничить рабочую поверхность отражателя диафрагмами требуемой величины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландсберг Г.С. Оптика. / Г.С.Ландсберг. М.: Наука. – 2003. – 928 с.