

Прохождение лучей через поверхности второго порядка с учётом поляризации

С. А. Дегтярёв, С. А. Силифонкин

В работе реализован алгоритм трассировки лучей, позволяющий моделировать преломление и отражение световых лучей при их взаимодействии с границами раздела сред с различными показателями преломления. Предприняты попытки учесть эффекты поляризации и двулучепреломления в анизотропных средах.

В векторной форме законы преломления и отражения, соответственно, выглядят следующим образом:

$$\vec{e}' = \vec{e} - 2(\vec{e}, \vec{n})\vec{n};$$

$$n_2 \vec{e}' = n_1 \vec{e} - (n_1 \vec{e}, \vec{n})\vec{n} \left(1 - \sqrt{\frac{n_2^2 - n_1^2}{(n_1 \vec{e}, \vec{n})^2} + 1} \right)$$

Поверхности, с которыми производится взаимодействие, могут быть заданы уравнениями аналитической геометрии, либо их сочетанием.

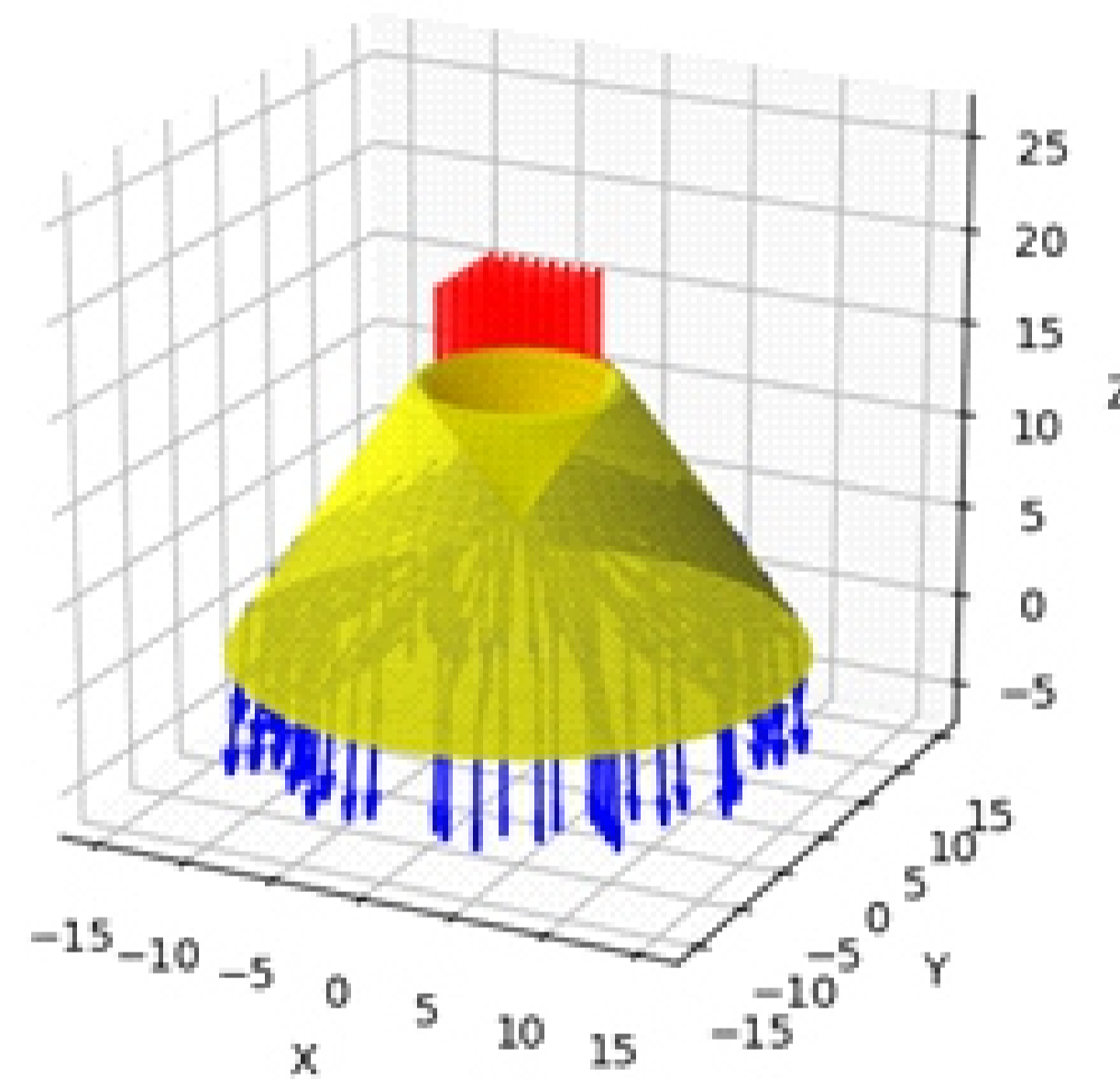
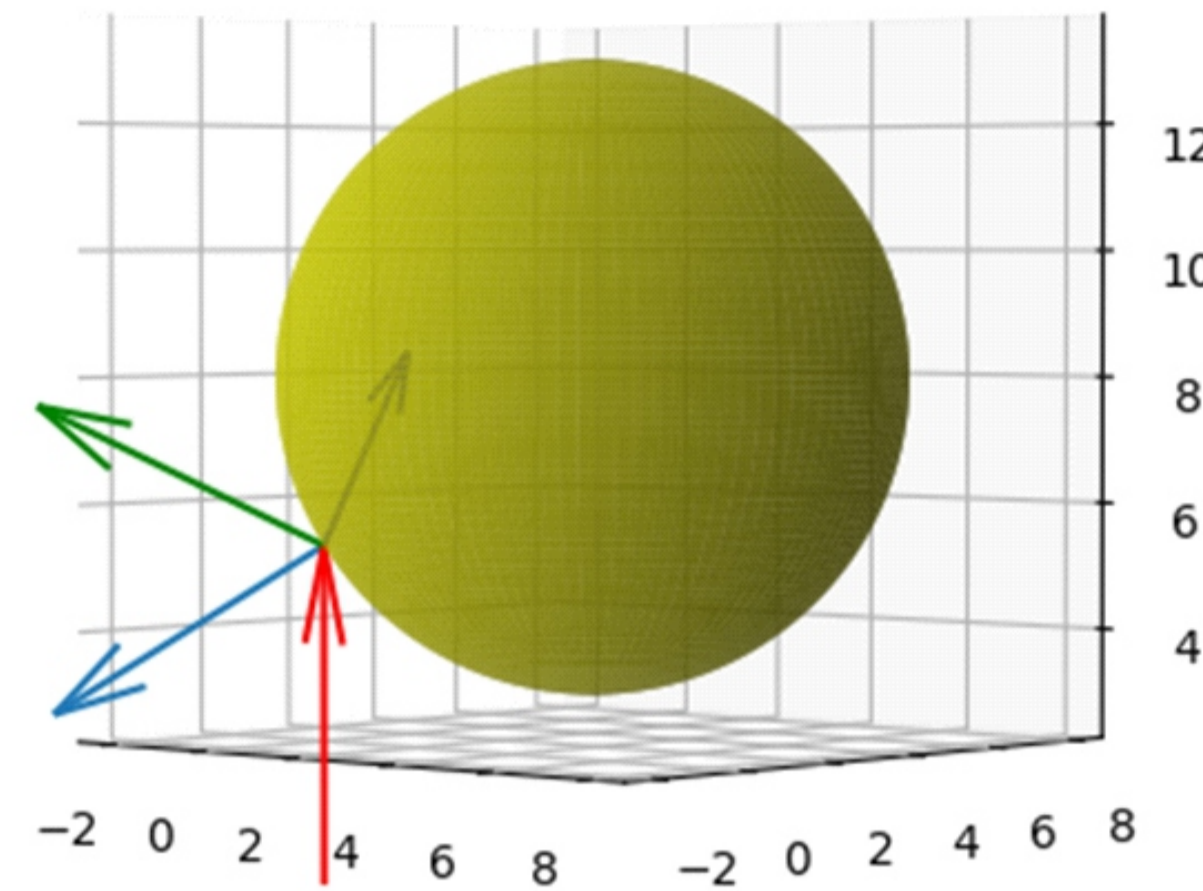
Поляризация луча задаётся при помощи составленного из комплексных чисел вектора Джонса, записываемого как:

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \end{pmatrix}$$

Данный вектор позволяет рассчитывать переносимую лучом энергию, а также оценивать поляризационное состояние необыкновенного и обыкновенного лучей при двойном лучепреломлении.

На данный момент удалось реализовать расчёт лишь частного случая двойного лучепреломления: векторы нормали к поверхности и оптической оси коллинеарны.

Написанный алгоритм реализован на языке Python 3.10.



При расчёте явления двулучепреломления использовался тензор диэлектрической проницаемости, значения элементов которого были получены из считающихся известными заранее показателей преломления для обыкновенного и необыкновенного лучей:

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_2 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_1 \end{pmatrix}$$

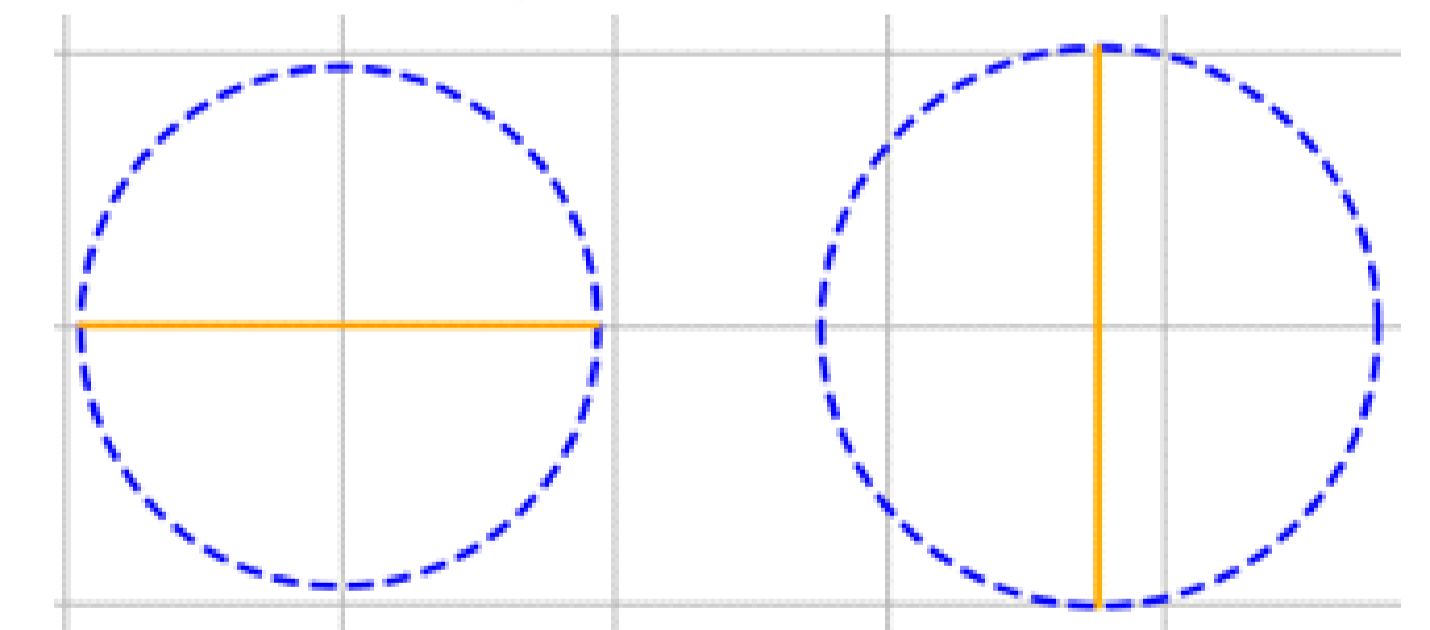
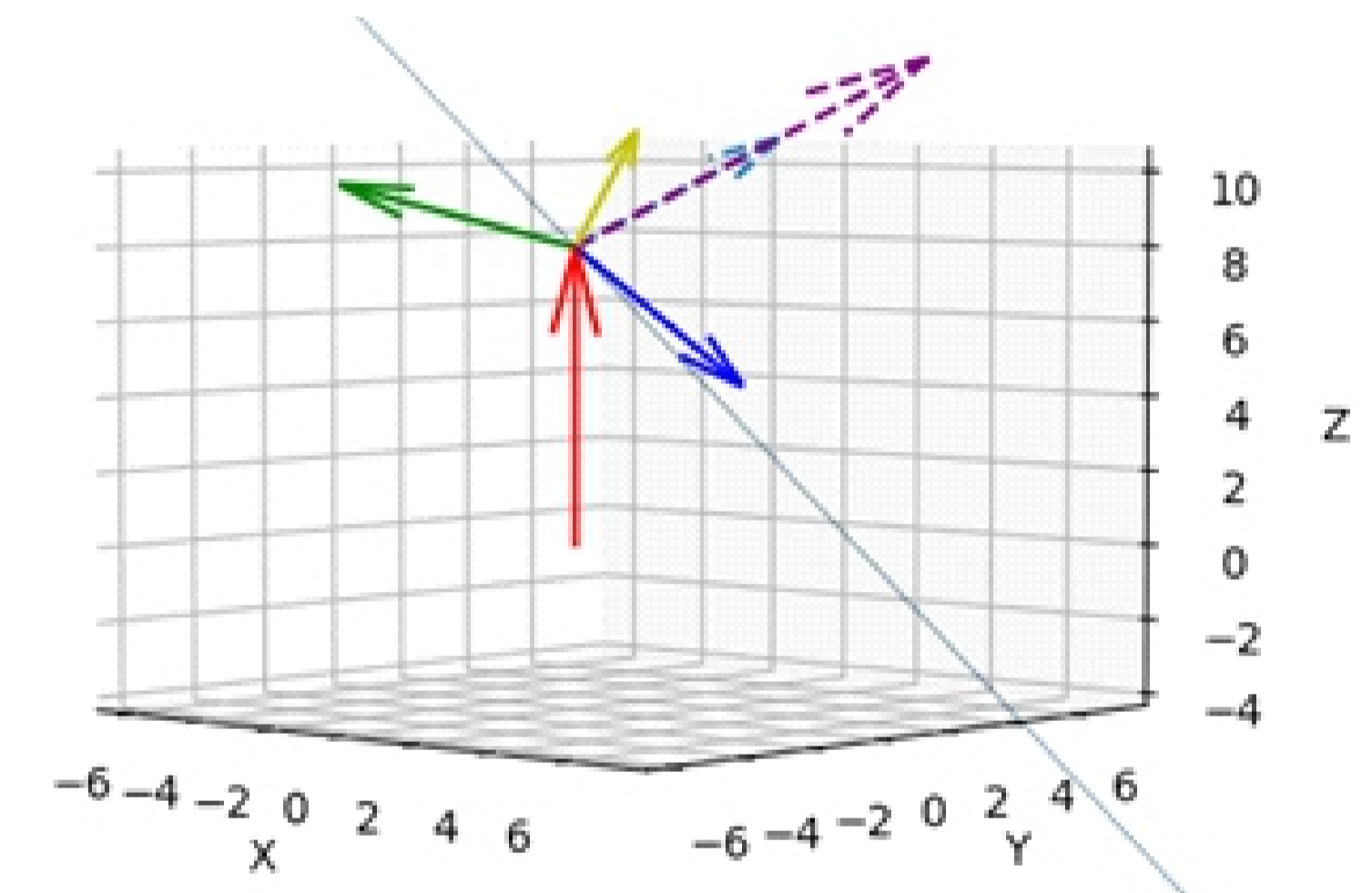
$$\varepsilon_1 = n_2^2$$

$$\varepsilon_2 = n_{2un}^2$$

На основе вычисленного значения из рассчитывается напряжённость электрического поля необыкновенной волны. Далее происходит расчёт направляющего вектора необыкновенного луча:

$$\vec{l} = [\vec{E} \times \vec{s}]$$

$$\vec{s} = \frac{\vec{e} \times \vec{n}}{|\vec{e} \times \vec{n}|}$$



В данной работе реализован алгоритм трассировки лучей на основе законов преломления и отражения в векторной форме. Можно заключить, что использование связанного с вектором Джонса математического аппарата значительно повышает информативность метода трассировки.