

Олимпиада по фундаментальной и прикладной физике-2020. Физическое моделирование

11 класс

Фата-моргана

В этом туре вам предлагается создать компьютерную программу, которая будет моделировать поведение луча в среде с переменным показателем преломления.

Для описания поведения луча вам могут быть полезны следующие соображения:

- Среду с переменным показателем преломления можно представить как набор очень тонких пластинок с примерно постоянным показателем преломления.
- Ход луча в этих пластинках подчиняется закону Снеллиуса

Постройте траекторию луча, который падает из среды с показателем преломления равным 1 в среду, показатель преломления которой зависит от глубины погружения в среду:

1. $n(z) = n_0 + \alpha \cdot z$ (1 балл)
2. $n(z) = n_0 + n_1 \cdot z + n_2 \cdot z^2$ (2 балла)
3. $n(z) = n_0 \cdot \sin(k \cdot z)$ (2 балла)

Как траектория луча зависит от параметров показателя преломления?

Однако такой подход применим не к каждому виду падения луча. Если пустить луч в среду с переменным показателем преломления перпендикулярно направле-

нию изменения показателя преломления, то, согласно рассуждениям выше, луч должен двигаться по прямолинейной траектории. Однако эксперимент показывает обратное, и луч изгибается.

Оказывается, существует немного более общий принцип распространения света — принцип Ферма. Он гласит, что движение света определяется минимальностью (или максимальностью) *оптического пути* равного (в случае постоянного показателя преломления):

$$L = n \cdot l$$

где n — показатель преломления среды, а l — длина траектории луча в среде. Если разбить среду на много маленьких участков с примерно постоянным показателем преломления и проинтегрировать (сложить их), то оптический путь можно выразить как

$$L = \int n(\text{координат}) dl$$

Теперь, пользуясь этим принципом, попробуйте смоделировать движение луча для среды с показателем преломления, зависящим от координаты x как $n(x) = -n_0 \cdot x^2$, где ось Ox направлена поперёк движения луча, а луч падает из точки с $x = 0$. Рассмотрите следующие предположения:

1. Луч бесконечно тонкий. (1 балл)
2. Луч имеет малую толщину d (4 балла)

Как траектория луча зависит от его толщины?

Совет: подумайте зачем для решения второй части задания вам может понадобиться алгоритм решения задачи коммивояжёра, а так же идея про естественный отбор.

К своему решению приложите файл с программным кодом и описание использованного вами алгоритма траектории луча, рисунками и их качественным обоснованием.

Дерзайте!