

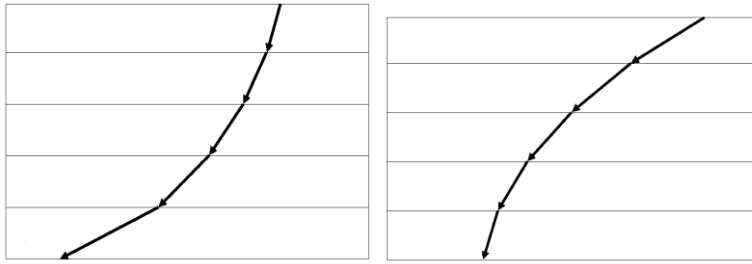
О.Н. ПРОЦ, В.В. ШЕПЕЛЕВИЧ, А.Е. ЗАГОРСКИЙ
УО МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

КРИВОЛИНЕЙНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

В природе часто встречаются явления, связанные с криволинейным распространением света. Некоторые из них мы можем моделировать в лабораторных условиях.

Цель данной работы – описать наблюдения искривления светового пучка в неоднородной жидкости, выполненные в лабораторных условиях. Кроме того, сделана попытка показать оптическое явление миража, которое наблюдалось в неоднородной среде.

Рассмотрим самый простой случай (рисунок 1), когда показатель преломления среды изменяется только в одном направлении.



n_2

- а) неоднородная среда с увеличением показателя преломления снизу вверх;
- б) неоднородная среда с уменьшением показателя преломления снизу вверх

Рисунок 1. – Распространение светового луча в неоднородной среде: слоисто-однородная модель

Для того чтобы моделировать процесс искривления светового луча в кювете с жидкостью, имеющей градиент показателя преломления, достаточно знать закон преломления света, уметь записывать уравнение прямой по двум заданным её точкам и устанавливать соотношения между углами и сторонами в прямоугольном треугольнике.

Алгоритм расчета движения луча в неоднородной среде выглядит следующим образом.

1. Мысленно разбиваем неоднородную жидкость на однородные слои с фиксированными значениями показателей преломления.
2. Задаем начальный угол падения светового луча α в слое 1.
3. Задаем относительный показатель преломления на границе двух слоев $n_{12} = n_2/n_1$.
4. С помощью закона преломления света находим угол преломления β луча в среде 2.
5. По известному углу β находим смещение Δx при фиксированном шаге Δu .
6. Повторяем шаги 1–4 для следующего слоя.

В зависимости от величины n_{12} возможны варианты а) или б) поведения пучка на рисунке 1.

Используя закон преломления света, можно рассчитать, каким образом будет изменяться направление хода луча при его прохождении на входе в кювету через границы раздела воздух-оргстекло, оргстекло-жидкость, через слоисто-однородную модель жидкости и на выходе из кюветы. Жидкость с градиентом показателя преломления представляется в виде горизонтальных слоев, имеющих одинаковую высоту, но различные показатели преломления.

Неоднородную среду можно получить достаточно просто. Подготовим насыщенный раствор соли в одном сосуде и чистую отстоявшуюся воду в другом. Подкрасим воду марганцовкой. Далее берется кювета прямоугольной формы, на дно которой положено зеркало. В нее сначала заливаем чистую воду.

Раствор соли через воронку и шланг осторожно вливаем в кювету с водой. Спешить здесь не нужно: следует все делать так, чтобы жидкости сразу не перемешались. Граница раздела между ними сначала довольно резкая. Через некоторое время граница «размазывается», и мы увидим, что световой пучок распространяется в области размытой границы криволинейно (рисунок 2).

При проведении эксперимента с распространением луча в неоднородной среде (вода и соляной раствор) были взяты растворы различных концентраций. В зависимости от концентрации раствора изменялся ход луча в среде. Чем насыщеннее раствор, тем сильнее луч преломляется ко дну кюветы и отражается от лежащего на дне зеркала. На рисунке 2 мы наблюдаем ход луча в случае сильно насыщенного соляного раствора. До отражения от зеркала мы наблюдаем один луч, а после отражения он разделяется на несколько лучей. Это объясняется тем, что при падении луч отражается как от верхней части зеркала, так и от нижней.

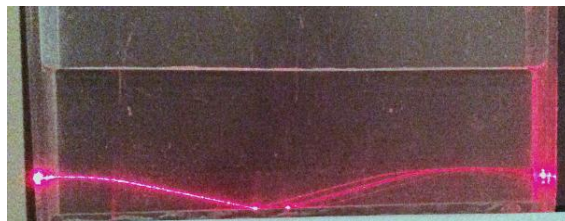


Рисунок 2. – Распространение луча в неоднородной среде: вода и соляной раствор

Рассмотрим еще один способ получения неоднородной среды. Этот случай будет отличаться от предыдущего тем, что луч будет отклоняться в противоположную сторону.

Наливаем в кювету отстоявшуюся воду. Сверху осторожно наливаем технический спирт, снова используя воронку со шлангом. Так как показатель преломления в верхней части жидкости, содержащей спирт, больше, чем в нижней, то луч будет изгибаться вверх до отражения на границе раствора с воздухом (рисунок 3) [1].

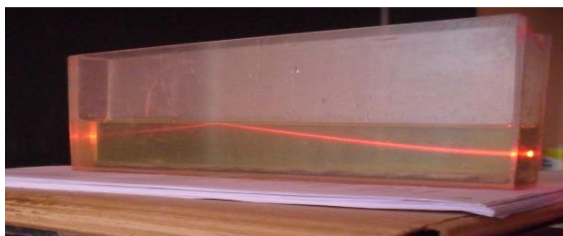


Рисунок 3. – Распространение луча гелий-неонового лазера в неоднородной среде: вода и технический спирт

Способы получения криволинейного распространения света достаточно просты, что позволяет осуществить их в домашних условиях и пронаблюдать это прекрасное явление собственными глазами.

Если же расположить плоский предмет (монетка или вырезанная из фольги фигурка в виде стрелки) в области отражения освещающего света от зеркала на дне кюветы (в данном случае металлической пластинки), то при хорошем освещении можно наблюдать мираж в виде стрелки стоящей перпендикулярно дну. Этот мираж относится к миражам первого класса, т.е. нижним или «озерным» миражам (рисунок 4) [2].



Рисунок 4. – Распространение луча в неоднородной среде: вода и соляной раствор (получение искусственного миража)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Майер, В. Простые опыты по криволинейному распространению света / В. Майер. – М.: Наука, 1984. – 128 с.
2. Опыты в домашней лаборатории; под ред. И.К. Кикоина. – М.: Наука, 1980. – 144 с. (Библиотечка «Квант». Вып. 4).