

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

Факультет физики

Экзамен

«Оптика»



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Москва
2020

Содержание

1. Световой луч. Распространение световых лучей. Оптическая длина пути. Принцип Ферма, понятие таутохронима в оптике. Законы отражения и преломления света.

2

1. Световой луч. Распространение световых лучей. Оптическая длина пути. Принцип Ферма, понятие таутохронима в оптике. Законы отражения и преломления света.

Световым лучом мы будем называть некоторый конечный, но очень узкий пучок, который может существовать изолированно от других лучей.

Согласно **закону прямолинейного распространения света** световые лучи в прозрачной *однородной* среде распространяются прямолинейно. Согласно **закону о независимости световых пучков** распространение каждого светового луча не зависит от того, есть ли в среде иные световые лучи, или нет. Это разумеется, не совсем корректно: тогда бы не было явления интерференции, однако в рамках геометрической оптики мы этим явлением пренебрежем.

Оптической длиной пути Δ между двумя точками мы назовем расстояние, на которое свет распространился бы в вакууме за время прохождения расстояния между этими двумя точками. Как известно, скорость света в вакууме есть максимальная достижимая скорость и является константой c , а скорость света в веществе равна:

$$v = \frac{c}{n} \quad (1)$$

где n — абсолютный показатель преломления среды, который и вводится, как отношение скорости света в вакууме к скорости света в этой среде.

Тогда на основании формулы (1) можем записать:

$$\Delta = nl$$

где l — расстояние между точками, n — абсолютный показатель преломления среды.

Указанная формула имеет обобщение на случай, когда показатель среды может зависеть от координаты, тогда:

$$\Delta = \int_a^b n dl \quad (2)$$

Принцип Ферма. *Луч движется из начальной точки в конечную по траектории, которая обеспечивает минимальную оптическую длину пути. Является постулатом.*

Из принципа Ферма в случае однородной среды логичным образом вытекает закон прямолинейного распространения света, упомянутый ранее.

Закон отражения света. *Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный из точки падения, лежат в одной полуплоскости. Угол падения равен углу отражения.*

Закон преломления света. *Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке преломления, лежат в одной плоскости. Угол падения и угол преломления связаны следующим соотношением: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \gamma$, где n_1 — абсолютный показатель преломления среды, из которой луч приходит, n_2 — среды, в которую луч преломляется, α — угол падения, γ — угол преломления.*

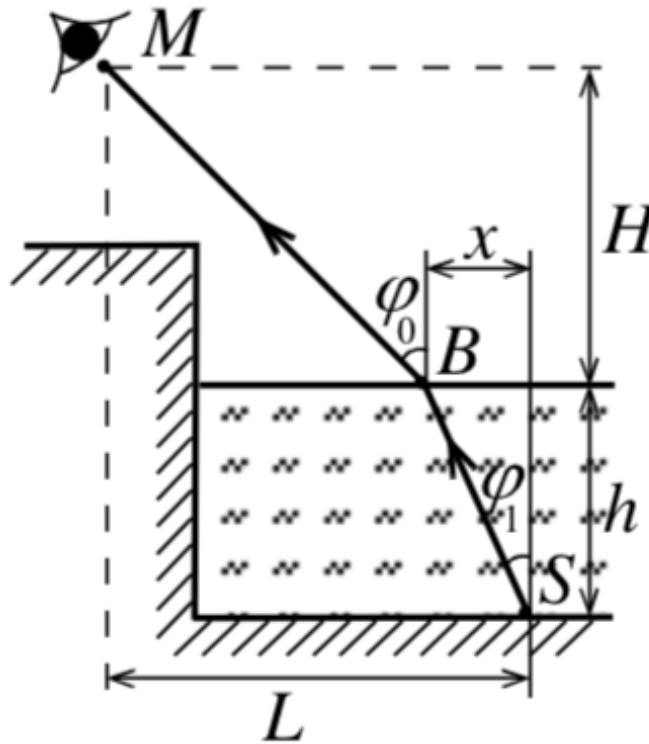
◀ Пусть глаз наблюдателя находится на высоте H над поверхностью некоего водоема, а точечный источник — на глубине h в этом водоеме на расстоянии S от места, где стоит наблюдатель (вдоль поверхности воды). Показатель преломления воздуха примем равным $n_{\text{возд}} = 1$, а показатель преломления воды — n , известный нам.

Пусть проекция отрезка BS на поверхность воды равна x . В таком случае:

$$\begin{aligned}
 BS &= \sqrt{h^2 + x^2}, \\
 MB &= \sqrt{H^2 + (L - x)^2} \\
 t &= \frac{SB}{v} + \frac{MB}{c} = \left(n_1 \sqrt{h^2 + x^2} + \sqrt{H^2 + (L - x)^2} \right) / c
 \end{aligned}$$

Согласно принципу наименьшего времени, полученное нами последнее выражение должно оказаться минимальным, другими словами $\frac{dt}{dx} = 0$ или:

$$n_1 \frac{x}{\sqrt{h^2 + x^2}} - \frac{L - x}{\sqrt{H^2 + (L - x)^2}} = 0$$



В то же время из рисунка мы однозначно можем утверждать:

$$\begin{aligned}
 \sin \alpha &= \frac{x}{\sqrt{h^2 + x^2}} \\
 \sin \gamma &= \frac{L - x}{\sqrt{H^2 + (L - x)^2}}
 \end{aligned}$$

Отсюда напрямую следует факт:

$$\boxed{n \sin \alpha = \sin \gamma}$$



123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123

123