

Road to IPhO

Стеклянная пластинка

Оценка погрешностей в данной задаче не требуется!

В данной работе вам предстоит исследовать слабо изогнутую форму поверхности стеклянной пластинки, используя преломление света.

Схематический вид поперечного сечения пластинки показан на рис. 1: одна сторона пластинки плоская (не обращайте внимание на небольшие отклонения от плоскости), вторая содержит периодические (обозначим период l) впадины, форму которых вам необходимо изучить.

Для проведения измерений соберите следующую установку (рис. 2). Закрепите вертикально с помощью канцелярских зажимов на столе линейку 4, которая также будет служить экраном. С помощью кусочка пластилина закрепите на столе лазерный источник света 1, так чтобы его луч падал на линейку-экран 4 перпендикулярно.

Параллельно линейке-экрану 4 с помощью скотча закрепите плашмя направляющую линейку 3. Расстояние между линейками должно быть равно $L = 35$ см.

Вдоль направляющей линейки 3 можно передвигать исследуемую стеклянную пластинку 2. Положение линейек и лазерного источника должно оставаться неизменным в течение всего эксперимента. Передвигая стеклянную пластинку, прижимайте ее к торцу направляющей линейки. Свет лазера должен падать на плоскую сторону пластинки.

В работе вам необходимо измерять зависимость смещения луча z на линейке-экране от координаты точки падения луча на пластинку x , отсчитываемой от края пластинки. Пятно на экране оказывается размытым – измеряйте координату его центра. Лазер включайте только во время проведения измерений!

Часть А. Теоретическая

При прохождении света через границу двух сред выполняется закон преломления Снеллиуса

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta, \quad (1)$$

где α , β – углы падения и преломления соответственно, n_1 , n_2 – показатели преломления сред. При малых углах падения этот закон можно записать в виде

$$n_1 \alpha = n_2 \beta \quad (2)$$

Во всех пунктах данной задачи используйте приближение малых углов, т.е. формулу (2). Показатель преломления пластинки $n = 1.5$, показатель преломления воздуха считайте равным $n = 1$.

Пусть лучи света падают на пластинку, как показано на рис. 4.

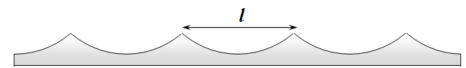


Рис. 1

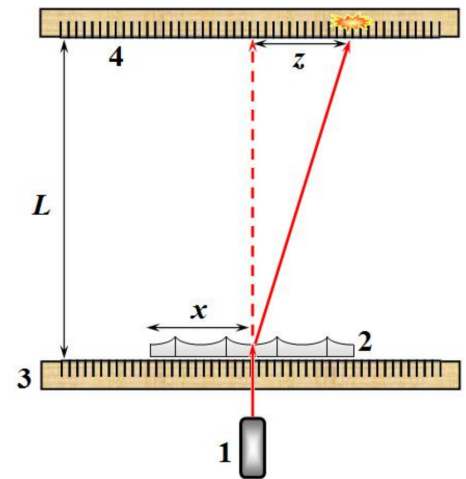


Рис. 2

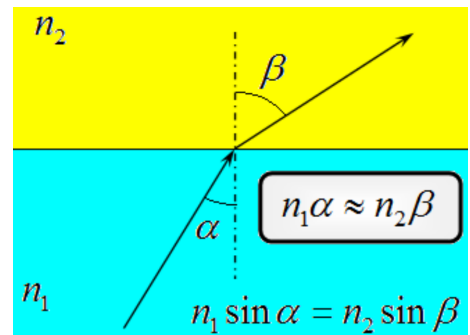


Рис. 3

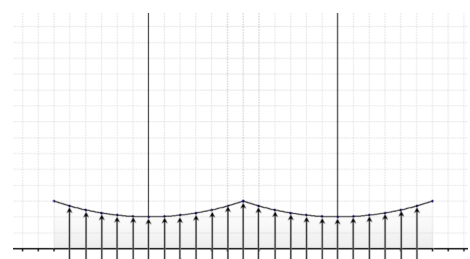


Рис. 4

A1 Нарисуйте схематически ход лучей после их преломления на изогнутой поверхности пластинки.

Road to IPhO

Пусть луч света падает нормально на плоскую поверхность пластинки в точке, над которой противоположная поверхность пластинки наклонена под некоторым углом φ (рис. 5).

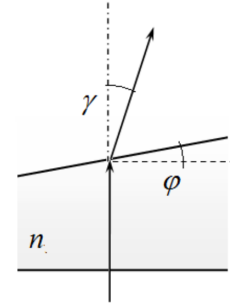


Рис. 5

A2 Получите формулу, описывающую зависимость от угла наклона φ угла отклонения γ луча от первоначального направления.

A3 Запишите формулу зависимости отклонения луча на экране z (см. рис. 2) от угла наклона φ .

Часть В. Считаем, что впадины имеют цилиндрическую форму

В данной части задачи считайте, что все выемки на изогнутой поверхности пластинки имеют цилиндрическую форму. То есть в поперечном сечении представляют дуги окружностей некоторого радиуса R (рис. 6). Введем также другие геометрические характеристики выемки: ширина l , глубина h , угол θ , под которым видна половина выемки из центра окружности.

При некотором положении пластинки пятно от лазерного луча на экране раздваивается.

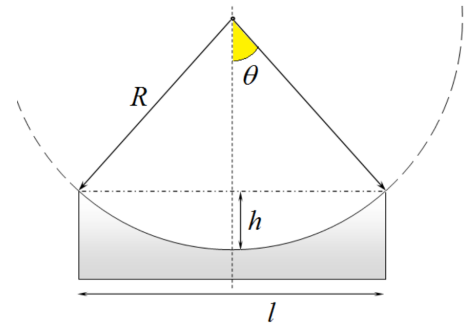


Рис. 6

B1 В какую точку пластинки должен попадать луч лазера, чтобы пятно на экране раздвоилось?

B2 Нарисуйте ход лучей в этом случае.

B3 Измерьте максимально расстояние между пятнами на экране Δy_{\max} . Используя полученное значение, рассчитайте радиус выемки R и ее глубину h .

B4 Измерьте зависимость смещения луча z на экране от координаты точки его падения на пластинку x (см. рис. 2). Измерения проведите по всей длине пластинки. Постройте график полученной зависимости.

B5 Используя полученный график, укажите, можно ли считать формы всех выемок искривленной поверхности одинаковыми, ответ обоснуйте.

Road to IPhO

Пусть луч падает на цилиндрическую поверхность радиуса R на расстоянии x от ее вершины (рис. 7).

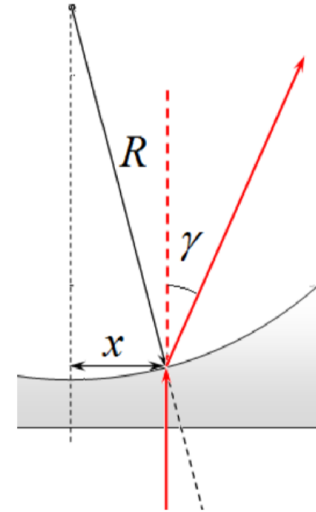


Рис. 7

B6 Получите формулу, описывающую зависимость угла отклонения луча γ от координаты точки падения x .

B7 Используя результаты измерений, проведенных в пункте **B4**, рассчитайте радиус кривизны выемки R и ее глубину h .

Часть С. Какова форма выемки?

Будем считать, что формы всех выемок являются одинаковыми (но не обязательно цилиндрическими).

C1 Проведите усреднение для зависимости $z(x)$ (п. **B4**) по трем центральным выемкам стеклянной пластинки.

C2 Используя данные, полученные в п. **C1**, постройте график зависимости угла наклона изогнутой поверхности пластинки $\varphi(x)$ от координаты x .

C3 Используя данные, полученные в п. **C2**, постройте профиль формы выемки. Не забудьте привести расчетные формулы!

C4 Укажите глубину выемки, рассчитанную этим способом.