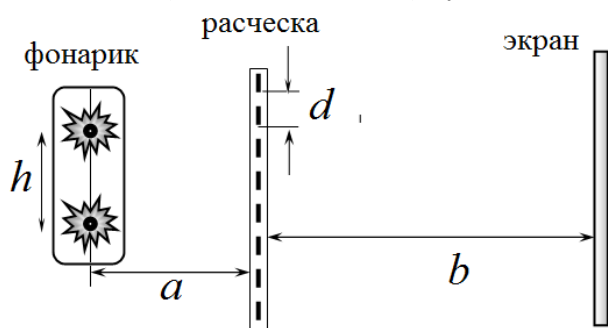


Интерференция

Условие

Задание 2. «Интерференция» теней.

Оборудование: фонарик с 4 лампочками, двойная расческа, измерительная линейка, экран на подставке, тонкая палочка, кусок пластилина для крепления фонарика, кусок изолянт.



Расческа освещается двумя лампочками, расположенными в плоскости, параллельной расческе. За расческой расположен экран, на котором можно наблюдать тени от зубцов расчески. На рисунке вертикальный масштаб сильно преувеличен. Оказывается, что существует несколько положений расчески и экрана при которых тени от зубцов видны наиболее четко, при других положениях они размыты. Обозначим: a - расстояние от лампочек до расчески; b - расстояние от расчески до экрана; h - расстояние между лампочками; d - период расчески (расстояние между соседними зубцами).

Часть 1. Теоретическая.

1.1 Получите соотношение между указанными параметрами установки (a, b, h, d) и номером положения $m = 1, 2, 3, \dots$ при котором тени зубцов на решетке оказываются наиболее четкими.

1.2 Укажите наглядный смысл целочисленного параметра m . Укажите, сколько положений с наиболее четкими тенями можно наблюдать в таком эксперименте.

Подсказка. Рассмотрите размер тени одного периода расчески, и смещение тени при смещении лампочки.

Часть 2. Подготовительная.

2.1 Измерьте периоды двух расчесок (густой и редкой) d_1, d_2 с максимальной точностью. 2.2 Измерьте непосредственно расстояния между соседними h_1 и крайними лампочками h_2 .

С помощью кусочка изолянт Вы можете закрыть две из четырех лампочек фонарика (они расположены на его боковой поверхности). Во всех экспериментах измерения проводите для двух пар лампочек: а) открыты крайние лампочки; б) открыты две соседние лампочки.

Расположите между фонариком и экраном (их положения выберите самостоятельно) вертикально тонкую палочку. Регулируйте положения лампочки и экрана так, чтобы две тени на экране, были одинаковыми (по размерам и освещенности).

Используйте такой способ регулировки положения фонарика и экрана во всех экспериментах.

Вам необходимо более точно определить расстояния между лампочками.

2.3 Измерьте зависимость расстояния между серединами теней палочки от отношения расстояний $\frac{b}{a}$ для двух пар лампочек: соседних и крайних. Постройте графики полученных зависимостей.

2.4 По результатам этих измерений рассчитайте расстояния между соседними h_1 и крайними лампочками h_2 . Оцените погрешность найденных значений.

Внимание! В дальнейшей работе будьте предельно аккуратны. Определять положения расчес-

ки и экрана довольно сложно. «подходите» к примерно найденному значению с двух сторон двигая расческу или экран сначала с одной стороны (запомните или запишите значение координаты), а затем с другой – после чего усредните полученные значения. Не подгоняйте результаты измерений под теоретические значения – не поверим и накажем.

Часть 3. Перемещение расчески.

Закрепите лампочки и экран на расстоянии $S = a + b = 50\text{см}$. Используя палочку отрегулируйте их взаимное положение.

3.1 Измерьте значения расстояний b_m для четырех случаев, выбирая разные пары лампочек и разные части расчески. 3.2 Проведите теоретический расчет значений b_m для всех четырех случаев. 3.3 Постройте график зависимости значений b_m от номера m для крайних лампочек и густой расчески. Определите параметры этой зависимости. Рассчитайте с помощью этого графика отношение $\frac{d_1}{h_2}$.

Часть 4. Перемещение экрана.

Измерения проведите только для крайних лампочек и густой расчески. Закрепите фонарик и расческу на расстоянии $a = 20\text{см}$.

4.1 Измерьте зависимость расстояния от расчески до экрана b_m (при фиксированном значении a) от его номера m . 4.2 Проведите теоретический расчет b_m для этого эксперимента.

4.3 Предложите линеаризацию полученной зависимости. постройте график линеаризованной зависимости. 4.4 Сделайте общий вывод: подтверждается ли ваша теория экспериментально.



Республиканская физическая олимпиада 2025 года (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

Решение

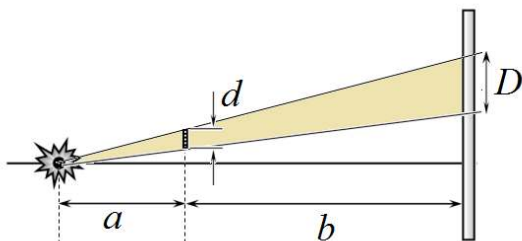
Задание 2. «Интерференция» теней (решение)

Часть 1. Теоретическая.

1.1 Основная идея объяснения и описания наблюдаемого эффекта: каждая лампочка дает на экране свою картину теней, если смещение этих картин равно целому числу периодов изображения, то наблюдается четкая картина теней.

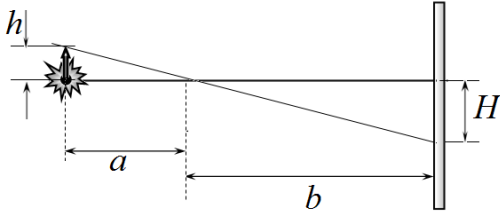
Из рисунка следует, что период тени на экране описывается формулой

$$D = d \frac{a+b}{a}. \quad (1)$$



Из следующего рисунка следует, что смещение теней, созданными двумя лампочками описывается формулой

$$H = h \frac{b}{a}. \quad (2)$$



Условие четкой картинки перекрытия теней имеет вид

$$H = mD \quad (3)$$

Из этих формул следует искомое соотношение

$$h \frac{b}{a} = m d \frac{a+b}{a} \Rightarrow \frac{h}{d} = m \frac{a+b}{b}. \quad (4)$$

Из этого соотношения можно легко рассчитать требуемые параметры.

1.2 Параметр m имеет простой смысл – он показывает, на сколько зубьев решетки смещается картина теней при переходе от одной лампочки к другой. Выразим из формулы (4)

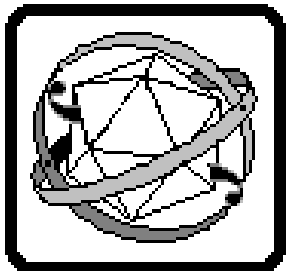
$$m = \frac{h}{d} \frac{b}{a+b}. \quad (5)$$

Так как $\frac{b}{a+b} < 1$, то число возможных положений удовлетворяет неравенству

$$m < \frac{h}{d}. \quad (6)$$

Мы не приводим результаты измерений, так как они сильно зависят от расчески и типа фонарика, которые покупают хозяева олимпиады.

Отметим, что измерения требуют аккуратности и терпения. Методика их проведения подробно изложена в условии задачи. При выполнении рекомендации, изложенных в условии, результаты согласуются с расчетными данными.



Республиканская физическая олимпиада 2025 года

(Заключительный этап)

Экспериментальный тур

Решения задач