

Интерференция на бумаге. Оборудование

Условие

Задание 2. Интерференция на бумаге.

Оборудование: прозрачная пленка №1 с нанесенными параллельными прямыми линиями, прозрачная пленка №2 с нанесенными кольцами, набор из трех листов бумаги с нанесенными штрихами, кнопки канцелярские, картонная папка, линейка.

При наложении пленки с нанесенными штрихами на бумажные листы также с нанесенными штрихами возникают полосы муара, которые могут моделировать интерференцию волн.

Пусть пропускание пленки зависит от координат по некоторому закону

$$\tau = \frac{1}{2}(1 + \cos \varphi(x, y)),$$

Тогда пропускание двух наложенных пленок (или, что равносильно пленки и листа бумаги) равно

$$\begin{aligned}\tau &= \tau_1 \cdot \tau_2 = \frac{1}{4}(1 + \cos \varphi_1(x, y))(1 + \cos \varphi_2(x, y)) = \\ &= \frac{1}{4}(1 + \cos \varphi_1(x, y) + \cos \varphi_2(x, y) + \cos \varphi_1(x, y) \cdot \cos \varphi_2(x, y)) = \\ &= \frac{1}{4} \left(1 + \cos \varphi_1(x, y) + \cos \varphi_2(x, y) + \frac{1}{2} \cos(\varphi_1(x, y) + \varphi_2(x, y)) + \frac{1}{2} \cos(\varphi_1(x, y) - \varphi_2(x, y)) \right) \end{aligned} \quad (1)$$

Если $\varphi_1(x, y)$, $\varphi_2(x, y)$ являются быстроменяющимися функциями координат, то широкие (по сравнению со штрихами отдельных пленок) темные полосы и светлые полосы муара описываются последним слагаемым в выражении (1). Распределение этих полос определяется разностью функций $\varphi_1(x, y)$, $\varphi_2(x, y)$, которые могут служить аналогом фаз колебаний интерферирующих волн.

На пленках и листах нанесены шкалы – в качестве единиц измерения длины используйте единицы этих шкал.

1.1 Расположите пленку №1 на листе №1, на котором нанесены такие же штрихи, как и на пленке, так чтобы пленку можно было поворачивать вокруг оси, в качестве которой используйте кнопку, воткнутую в картонную папку. Эта ось отмечена на пленке и листе бумаги кружком в левой части листа.

Измерьте зависимость расстояния между полосами муара от угла между штрихами на бумаге и на пленке.

Постройте график полученной зависимости.

Получите теоретическую зависимость ширины полос муара от угла между штрихами. По данным, полученным в п 1.1 определите ширину полос, нанесенных на пленку и лист бумаги №1.

Приведите оптическую интерференционную схему, которую моделирует данный опыт с полосами муара.

2. Расположите пленку №1 на листе №2, период штрихов на которой отличается от периода штрихов на пленке.

Измерьте зависимость расстояния между полосами муара от угла между штрихами на бумаге и на пленке.

Постройте график полученной зависимости. Определите период штрихов на листе №2.

Приведите оптическую интерференционную схему, которую моделирует данный опыт с полосами муара.

3. Расположите пленку №2 на листе №3. При сдвиге пленки возникают параллельные полосы муара. Измерьте зависимость ширины полосы от сдвига пленки. Постройте график полученной зависимости. Пропускание пленки (и распределение полос на листе бумаги) в этом эксперименте описывается функцией

$$\tau = \frac{1}{2} \left(1 + \cos \left(2\pi \frac{x^2 + y^2}{D_0^2} \right) \right).$$

Приведите оптическую интерференционную схему, которую моделирует данный опыт с полосами муара. Получите теоретическую зависимость ширины полосы муара от сдвига пленки. Определите по полученным данным параметр D_0 .

Аккуратно совмещайте пленки и листы бумаги. Следите, чтобы пленка плотно прилегала к листу!

Подсказка. Можно показать, что при наложении систем двух параллельных полос ширина полос муара D связана с периодами решеток d_1 и d_2 соотношением

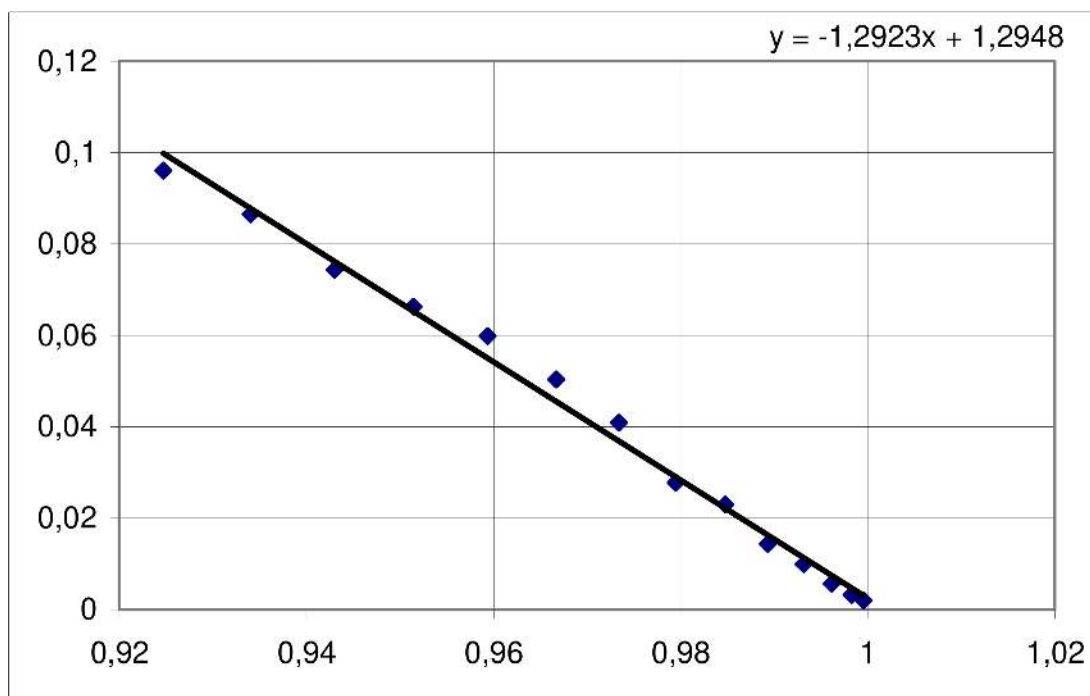
$$\frac{1}{D^2} = \frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} - \frac{2}{d_1 d_2} \cos \alpha,$$

где α - угол между полосами.

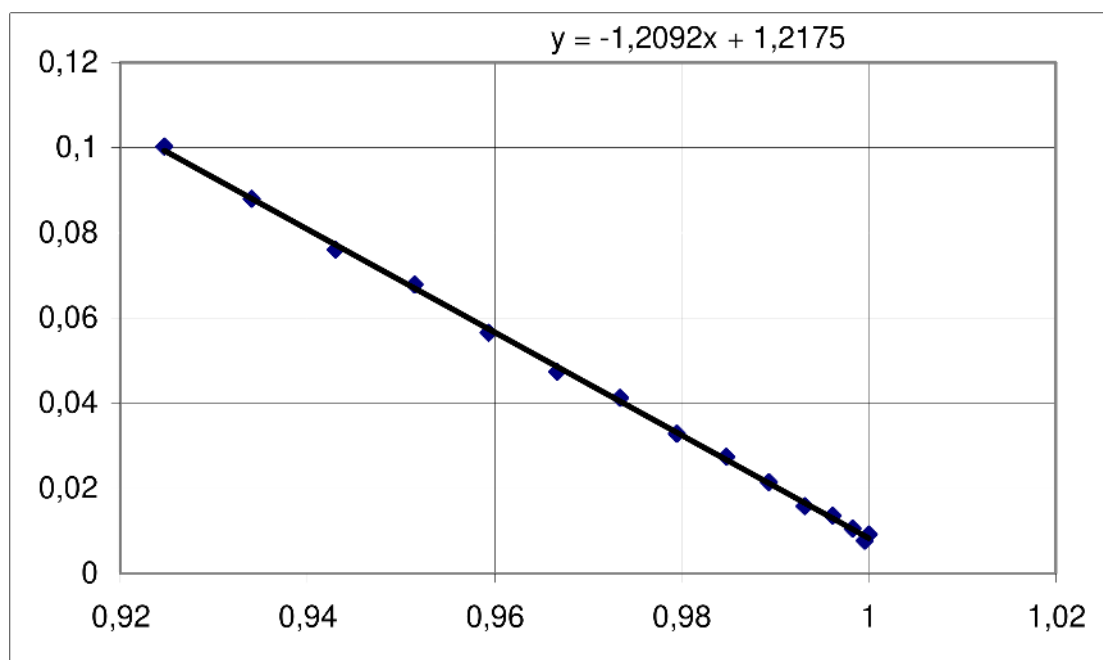
Решение

Задание 2. Интерференция на бумаге.

Справедливость формулы, приведенной в подсказке, подтверждается результатами измерений. На рисунках приведены графики зависимости $\frac{1}{D^2}$ от $\cos \alpha$. Эти же графики позволяют определить периоды решеток.



Для листа №1.

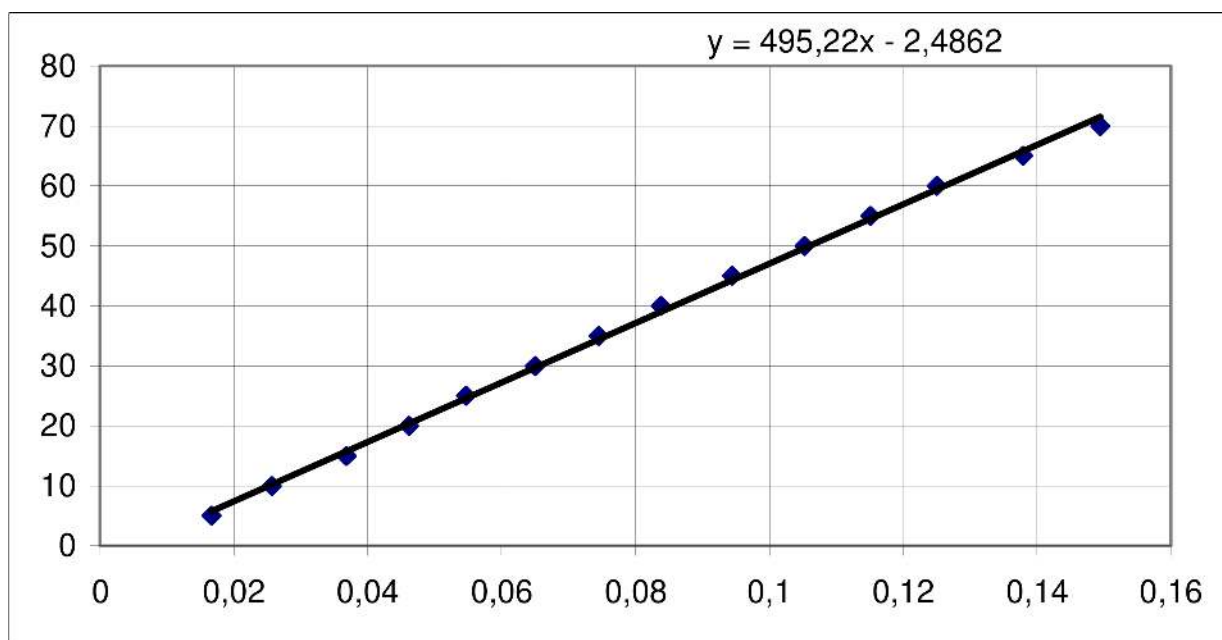


Для листа №2

Наложению колец соответствует схема Юнга. В этом случае ширина полосы оказывается обратно пропорциональной сдвигу пленки δ

$$\Delta x = \frac{D_0^2}{2\delta}$$

Измерения подтверждают этот вывод – На графике зависимость величины обратной ширине полосы от сдвига.



По наклону графика можно определить требуемый параметр.