



## Task

(В этой задаче используйте разделы 2A...2E программы)

## Введение

T [Task](#)M [Marking scheme](#)

A21

В этой задаче симулируется использование микросфер в биомедицине. Вам понадобится сконфигурировать установку и исследовать параметры дифракционной картины, получаемой на экране ("screen", см. рис. 2) при освещении образца ("sample") лазером. В результате будет возможно определить диаметр микросферы и другие параметры образца. Микросферы – одинаковые прозрачные стеклянные шарики. Они максимально плотно упакованы в плоские прямоугольные ячейки, наклоненные под некоторым одинаковым углом. (Направление, вдоль которого выстраиваются сферы в ячейках, не всюду одинаково: см. рис. 1). Прямоугольные ячейки образуют периодическую структуру: они находятся в узлах некоей более крупной прямоугольной сетки.

**A. Back** Возврат к списку разделов. Сбрасывает все настройки и данные. **B. On/Off** Включает/выключает лазер, если вы расположили его на оптической оси установки. Когда лазер включен, рисуется луч света. **C. Лазер** Перетаскивая мышкой, можно помещать на оптической оси или убирать с нее. Выводится надпись "Installing" при помещении нового лазера на оптическую ось. **D. Экран** На экране видна картина, полученная при освещении образца лазером. Экран ("screen") расположен на оптической оси справа, и в части A он зафиксирован на расстоянии 50 см от образца ("sample"). **E. Координаты образца** **F. Перемещение образца** Нажатие мышкой на нужное направление перемещает образец с шагом 100 мкм, долгим нажатием можно двигать на большие расстояния. Диагональные стрелки меняют на 100 мкм обе координаты. **G. Использование фотодетектора** Нажмите мышкой в выбранное место экрана, чтобы поместить там фотодетектор. Стрелками на клавиатуре можно обеспечить его более точное позиционирование. **H. Координаты фотодетектора** Выводится смещение от начала координат с шагом 0.01 см. **I. Показания фотодетектора** Напряжение с точностью 0.01 В. Диапазон измерений изменить невозможно.

**J. Лазеры с разными длинами волн** **K. Экран** **L. Задание положения экрана** В частях B...E можно двигать экран, перетаскивая стрелочку мышкой. Расстояние между экраном и образцом будет изменяться от 10.0 см до 100.0 см с шагом 1.0 см.

## Задание

**Часть А. Коллимация света и образец (1.0 балл)**

Чтобы правильно юстировать установку, в качестве освещаемого образца используется двойная щель. Если образец расположен правильно, и лазер освещает центр двойной щели, на экране можно видеть четкую интерференционную картину. Начальное положение двойной щели ( $X_{sample}, Y_{sample}$ ) = (0, 0), текущее положение отображается в программе. Вдоль оптической оси щель не двигается.

A1<sup>0.50</sup> Определите оптимальное положение ( $X_{sample}, Y_{sample}$ ) образца с двумя щелями (такое, что наблюдатель сможет правильно определить ширину интерференционных полос).

A2<sup>0.50</sup> Пусть двойная щель находится в оптимальном положении. Зарисуйте наблюдаемую интерференционную картину и запишите координаты ( $x, y$ ) темных полос первого и второго порядка и расстояния  $S$  между полосой и началом координат. Найдите расстояние  $\Delta S$  между двумя соседними темными полосами.

**Часть В. Диаметр микросфер (3.0 балла)**

Предположим, что все элементы оптической системы расположены оптимально, положения лазера и образца зафиксированы. Вам нужно менять только длину волны лазера  $\lambda$  и положение экрана  $L$ . Обратите внимание на схематическое изображение упаковки микросфер (рис. 1).

B1<sup>0.50</sup> Приведите формулу для расстояния между соседними микросферами  $d$  через  $\lambda, L$  и  $S$  ( $S$  – расстояние между точкой с координатами ( $x, y$ ) и началом координат).

B2<sup>1.50</sup> Выбрав подходящее расположение экрана  $L$ , запишите координаты ( $x, y$ ) пяти точек на кольце дифракции на микросфере. Оцените расстояние  $S$  и  $\arctan\left(\frac{S}{L}\right)$  (в радианах). Повторите действия для трех лазеров в видимом диапазоне.

B3<sup>1.00</sup> Оцените по формуле расстояние  $d$  между микросферами, диаметр микросферы  $a$ . Вычислите среднее значение диаметра  $\bar{a}$  по измерениям для трех лазеров в видимом диапазоне.

**Часть С. Размер и угол поворота прямоугольных ячеек (2.5 балла)**

На экране можно разглядеть сетчатую структуру дифракции на прямоугольных ячейках образца.

C1<sup>0.80</sup> Выберите лазер в видимом диапазоне. Выберите расстояние между экраном и образцом  $L = 90$  см, наблюдайте дифракцию. Запишите координаты  $(x, y)$  дифракционных максимумов порядков с 4 по 7 в направлении двух осей прямоугольника, вычислите соответствующие расстояния  $S$  и соответствующие значения  $\arctan\left(\frac{S}{L}\right)$  (в радианах).

C2<sup>0.70</sup> Вычислите расстояния  $\Delta S_l$  и  $\Delta S_w$  между соседними дифракционными максимумами, используя данные из предыдущего пункта. Оцените длины длинной ( $l$ ) и короткой ( $w$ ) сторон одной прямоугольной ячейки.

C3<sup>1.00</sup> Оцените угол наклона прямоугольных ячеек: для этого вам потребуется провести прямую. Запишите четыре положения  $(x, y)$  дифракционных максимумов. Оцените угол наклона  $\phi$  длинной стороны прямоугольника к горизонту.

#### Часть D. Периоды прямоугольной сетки (2.5 балла)

Когда структура освещается лазером в видимом диапазоне, на дифракционной картине есть более мелкие детали, которые сложно различить. Для того, чтобы их различить, используйте лазер с большей длиной волны (инфракрасный). Инфракрасное излучение невидимо, поэтому для определения положений дифракционных максимумов вам потребуется использовать фотодетектор.

D1<sup>1.90</sup> Расположите экран на расстоянии 95 см от образца, выберите инфракрасный лазер, используйте фотодетектор. В таблицу запишите длину волны выбранного лазера и координаты центров решетки  $4 \times 4$  дифракционных максимумов на экране. Зарисуйте решетку  $4 \times 4$ . Обозначьте на рисунке расстояния между соседними максимумами ( $\Delta S_x$  и  $\Delta S_y$ ) и вычислите их значения.

D2<sup>0.60</sup> Определите периоды  $d_x$  и  $d_y$  прямоугольной сетки, используя результаты эксперимента с инфракрасным лазером.

#### Часть E. Зарисовка структуры образца (1.0 балл)

В частях C и D определены размеры прямоугольных ячеек и периоды прямоугольной сетки, а также угол поворота каждой прямоугольной ячейки.

E1<sup>1.00</sup> Нарисуйте периодическую структуру образца. Прямоугольные ячейки следует расположить в узлах прямоугольной сетки  $3 \times 3$ . Подпишите размеры ячеек ( $l$  и  $w$ ), периоды ( $d_x$  и  $d_y$ ) и угол поворота ( $\phi$ ), найденные в Части C и Части D и обозначенные там символами ( $l, w, d_x, d_y, \phi$ ).

PE | Оптика | Волновая оптика | 2021 | Азиатские | Дифракция