

11 класс

**Задача 1. Плотность пластилина.**

1. Определение массы пластилина.

Подвешиваем на пружине груз известной массы  $m_0$  и определяем период колебаний  $T_0$ . Поэтому подвешиваем на пружине груз с пластилином и определяем период колебаний  $T$ .

По формуле для периода колебаний груза на пружине:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m + m_0 + 1/3M}{k}},$$

откуда находим:

$$m = \left( \frac{T^2}{T_0^2} - 1 \right) m_0 .$$

2. Определение объёма куска пластилина.

В предложенном оборудовании нет масштабной линейки. Необходимый масштаб можно установить, измеряя период колебаний математического маятника  $T_{\text{мат}} = 2\pi \sqrt{l/g}$ .

Измерения можно проводить в следующем порядке:

Кусок пластилина превращаем в шар (возможно более аккуратно). Обматываем шар несколько раз ( $N$ ) ниткой по диаметральному сечению. Обозначим длину нитки  $l$ . Подвешиваем груз на нитке длиной  $l$  и измеряем период колебаний  $T_{\text{мат}}$  математического маятника. Опыт нужно повторить несколько раз, обматывая шар ниткой по различным сечениям и определяя затем среднее значение  $l$ . Радиус шара вычисляем по формуле:

$$R = \frac{l}{2\pi N} .$$

Объём шара вычисляется по формуле:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 .$$

3. Определение плотности пластилина.

Плотность:

$$\rho = \frac{m}{V} .$$

Численно  $\rho \approx 1,25 \text{ г/см}^3$ .

*Критерии оценивания*

|   |   |
|---|---|
| Описание методики определения массы.....                          | 1 |
| Расчётная формула для массы пластилина.....                       | 1 |
| Определение массы пластилина с относительной погрешностью 6%..... | 2 |

|  |   |
|--|---|
| Таблица результатов измерений для расчёта массы.....               | 1 |
| Описание методики определения объёма.....                          | 2 |
| Расчётная формула для объёма пластилина.....                       | 2 |
| Определение объёма пластилина с относительной погрешностью 6%..... | 2 |
| Таблица результатов измерений для расчёта объёма.....              | 1 |
| Получение плотности пластилина.....                                | 3 |

**Задача 2. Оптический чёрный ящик.**

Закрепим лазерную указку и трубку на подставках. Направим луч лазера в чёрный ящик со стороны прозрачного стекла. За ящиком расположим экран из миллиметровки. Первая дифракционная решетка  $R_1$  разлагает луч на несколько лучей. Каждый из полученных лучей разлагается на решётке  $R_2$ , и на экране наблюдается двумерная дифракционная картина. Если же светить в ящик с другой стороны, на диафрагму (Д), находящуюся на решётке  $R_1$ , одновременно попадает только один дифракционный максимум решетки  $R_2$ . Этот луч затем дифрагирует на  $R_1$ , и картина на экране получается одномерной. Она дает нам возможность сразу определить направление штрихов решетки  $R_1$ . Повернув ящик вместе с подставкой, но не вращая трубку вокруг оси симметрии, вновь получим на экране двумерную картину. Теперь мы можем определить направление штрихов решетки  $R_2$  и угол между штрихами решеток. В нашем случае он близок к  $70^\circ$ . Определим периоды и положения решеток. Для этого снимем зависимость расстояния между максимумами  $x$ , соответствующими каждой из решеток, от расстояния  $L$  от конца трубки до экрана.

В пределе малых углов и нормального падения

$$\Delta x_{1,2} = \Delta n \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot (L + L_{1,2}),$$

где  $d$ — период дифракционной решетки,  $L_1$  и  $L_2$  — расстояния от одного края трубки до дифракционных решеток внутри,  $n$  — номер дифракционного максимума.

Для определения искомых параметров достаточно 4 измерений. Для большей точности нужно располагать экран как можно дальше от трубки, используя всю длину стола, а также измерять расстояние между несколькими максимумами:  $\Delta n = 3 - 5$ .

В собранной схеме ближайшая к лазеру решетка работает также и на отраженном свете. По дифракционной картине, образующейся позади лазера, можно провести аналогичные измерения.

Определим размер диафрагмы. Направим лазерный луч в чёрный ящик со стороны темного стекла. Можно подобрать такое положение указки, при котором картины не будет, но при смещении луча вправо или влево на 2мм будут возникать разные прямые, соответствующие разным максимумам на  $R_2$ .

Зная, что расстояние между решетками равно 12 см, определим диаметр диафрагмы

$$D = 0,2 + 12 \cdot \frac{\lambda}{d_2} \text{ (см)}.$$

В ваших черных ящиках были использованы решетки 50 штрихов/мм ( $R_1$ ) и 150 штрихов/мм ( $R_2$ ).

*Критерии оценивания*

|   |   |
|---|---|
| Найден угол между штрихами решёток.....           | 3 |
| Найдено расстояние от первой решётки до края..... | 1 |
| Найдено расстояние от второй решётки до края..... | 3 |
| Найден шаг первой решётки.....                    | 4 |
| Найден шаг второй решётки.....                    | 4 |