

## Эксперимент

### **Задание. Ластик со скрепками**

Определите плотность груза (ластика – резинки). Опишите предпринятые действия, которые привели к увеличению точности результата эксперимента.

Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Приборы и оборудование:** Неоднородная трубка, нитки, одинаковые скрепки (50 штук), груз, стаканчик с водой, салфетки для поддержания порядка, ножницы по требованию.

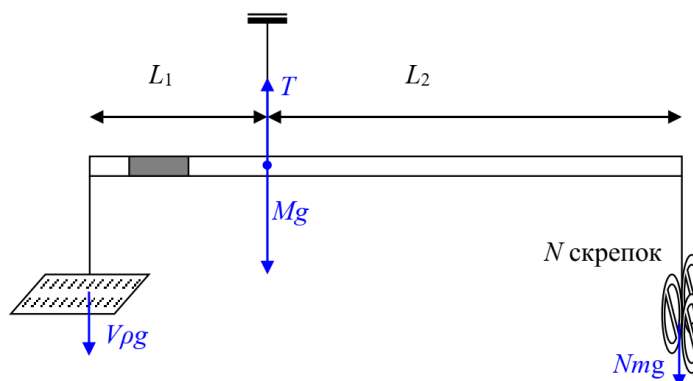
**Внимание!** При выполнении эксперимента оборудование, кроме перечисленного в задании, использовать запрещено.

## Возможное решение

Замятнин М.

Для определения плотности ластика воспользуемся методом гидростатического взвешивания. Задача осложняется неоднородностью рычага и отсутствием измерителей длин.

Добьемся равновесия неоднородного рычага на нити, и определим положение его центра тяжести. Затем уравновесим на рычаге ластик максимально возможным количеством скрепок. При подвешивании тел надо стремиться использовать самые большие расстояния от центра тяжести рычага. При этом важно обратить внимание на то, что общая масса всех скрепок примерно вдвое меньше массы ластика. Центр тяжести рычага тоже находится не посередине, а примерно на трети его длины, поэтому для повышения



точности измерений, более тяжелое тело необходимо подвесить к короткому плечу рычага. Пусть для равновесия ластика в воздухе потребовалось  $N_1$  скрепок в воздухе.

По правилу моментов относительно точки подвеса рычага

$$V\rho gL_1 = N_1mgL_2,$$

где  $m$  – масса одной скрепки,  $V$  – объем ластика.

Не изменяя расстояния между точками крепления нитей, полностью погрузим ластик в воду. Добьемся нового равновесия, уменьшив количество скрепок до  $N_2$ . Новое уравнение будет иметь вид

$$V(\rho - \rho_0)gL_1 = N_2mgL_2.$$

Разделив одно уравнение на другое, получим

$$\rho = \rho_0 \frac{N_1}{N_1 - N_2}.$$

**Задание. С Новым годом, или шарик и кубик**

**Оборудование:** Два ёлочных шарика разных размеров, шприц объемом 20 мл, стакан с водой, лист миллиметровой бумаги (для построения графика).

**Задание.** Из геометрии известно, что объем  $V_{\text{ш}}$  шара с диаметром  $D$  в 1,91 раза меньше объема  $V_{\text{к}}$  куба с длиной ребра  $a = D$ .

1. Заполните таблицу зависимости объема куба  $V_{\text{к}}$  от длины его ребра  $a$  по результатам проведенного вами теоретического расчета.

$a$ , см	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10
$V_{\text{к}}$ , см <sup>3</sup>										

2. Постройте график полученной зависимости ( $V_{\text{к}}(a)$ ), соединив плавной кривой нанесенные точки. На горизонтальной оси следует отложить длину ребра куба  $a$ , а на вертикальной оси – соответствующий объем  $V_{\text{к}}$  куба.

3. С помощью воды и шприца определите внутренние объемы выданных вам елочных шариков.

4. Используя построенный в пункте 2 график определите **внутренние диаметры шариков**.

**Возможное решение:**

**Кармазин С., Слободянин В.**

Заполненная таблица имеет вид

$a$ , см	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
$V_{\text{к}}$ , см <sup>3</sup>	≈166	216	≈275	343	≈422	512	≈614	729	≈860	1000

При построении графика следует правильно выбрать масштабы по вертикальной и горизонтальной осям.

Определяем объем шарика с помощью шприца и воды. Умножаем этот объем на 1,91. По графику определяем, какому значению длины ребра кубика равен диаметр соответствующего шарика.

## Задача 2. Недеструктивный анализ

Определите:

1. массу линейки  $m_{\text{л}}$ ,
2. суммарную массу  $M$  шприца и тела внутри шприца,
3. объем тела  $V$ , которое находится внутри шприца.

**Разбирать шприц категорически запрещено!**

*Примечание.* Плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Оборудование.** Шприц 20 мл, внутри которого находится некоторое тело, линейка, стаканчик с водой, салфетки (для удаления пролитой воды), нитки, ножницы и скотч (по требованию).

## Задача 2. Недеструктивный анализ

1. Так как в шприце находится гайка, то нельзя непосредственно измерить объём набранной воды. Наберём в шприц воды до отметки  $V_0$ , так, чтобы гайка была полностью в воде. Подвесим к концу линейки шприц с водой и уравновесим её на краю стола. Запишем правило моментов:

$$(M + m_0)l_0 = m_{\text{л}} \left( \frac{L}{2} - l_0 \right), \quad (2)$$

где  $l_0$  — длина плеча от места подвеса шприца до точки опоры,  $L$  — длина линейки,  $m_0$  — масса воды в шприце.

Добавим в шприц воды, так что она доходит до отметки  $V_1$ . Тогда масса воды  $m_1 = \rho_0(V_1 - V_0)$  в граммах численно равна объёму добавленной воды  $V_1 - V_0$  в миллилитрах. Правило моментов в этом случае:

$$(M + m_0 + m_1)l_1 = m_{\text{л}} \left( \frac{L}{2} - l_1 \right). \quad (3)$$

Выразим из уравнений (2) и (3) массу линейки  $m_{\text{л}}$ :

$$m_{\text{л}} = \frac{2m_1 l_1 l_0}{(l_0 - l_1)L}. \quad (4)$$

2. Проведём ещё одно измерение, совсем без воды в шприце. Получим уравнение:

$$Ml = m_{\text{л}} \left( \frac{L}{2} - l \right). \quad (5)$$

Отсюда выражаем массу шприца и тела  $M$ :

$$M = m_{\text{л}} \left( \frac{L}{2l} - 1 \right).$$

3. Из уравнений (2) и (5) выразим массу  $m_0$  и подставим массу линейки  $m_{\text{л}}$  из выражения (4):

$$m_0 = \frac{m_{\text{л}}}{l_0} \left( \frac{L}{2} - l_0 \right) - \frac{m_{\text{л}}}{l} \left( \frac{L}{2} - l \right) = m_1 \cdot \frac{l_1}{l} \cdot \frac{l - l_0}{l_0 - l_1}.$$

Масса этой воды равна  $m_0 = \rho_{\text{в}}(V_0 - V)$ . Отсюда находим объём тела  $V$ :

$$V = V_0 - \frac{m_0}{\rho_{\text{в}}}.$$