

**Задание 7.1. Шпилька и гайки.** Шпилькой в технике называют стержень, по всей длине которого нарезана резьба (рис. 1). Предложите и опишите, как измерить **без использования линейки**:



Рис. 1

1. шаг  $h$  резьбы шпильки (шагом резьбы называется расстояние между ее соседними витками);
2. среднюю толщину  $H$  одной гайки (рис. 2);
3. площадь  $S$  поперечного сечения шестигранного прутка, из которого изготавливаются гайки (рис.3);
4. внешний диаметр  $D$  резьбы шпильки;
5. массу  $m$  гайки, считая, что диаметр отверстия в ней  $d = 0,95D$ .



Рис. 2

Проведите измерения и определите параметры  $h$ ,  $H$ ,  $S$ ,  $D$ ,  $m$ .

Полученные результаты занесите в таблицу (указав единицы измерения)

1	$h =$
2	$H =$
3	$S =$
4	$D =$
5	$m =$

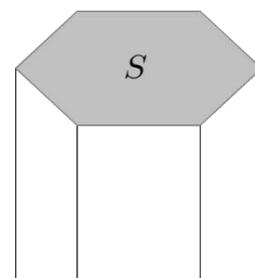


Рис. 3

**Оборудование:** шпилька длиной  $L = 300$  мм, гайки (40 шт.), две скрепки, три нитки, лист бумаги.

**Примечания.**

1. Плотность стали  $\rho = 7\,800$  кг/м<sup>3</sup>.
2. Площадь круга диаметром  $D$  равна  $S = \pi D^2/4$ , длина окружности  $L = \pi D$ , где число  $\pi = 3,14$ .
3. В работе можно использовать любое количество гаек, ниток и скрепок в зависимости от выбранного метода решения каждого пункта задания.

**Возможное решение (Кармазин С.).**

1. Посчитаем количество  $N$  витков резьбы на шпильке с помощью скользящей по ней прижатой скрепки (рис. 4). Допустимой ошибкой при счете можно считать  $\pm 2$  витка. Шаг резьбы  $h = L/N = 300/300 = 1$  мм (по ГОСТу шаг стандартной резьбы М6 равен  $h = 1$  мм).

**Примечание:** Здесь и далее приводятся численные значения, полученные на авторском оборудовании при подготовке данной задачи.



Рис. 4

2. Среднюю толщину  $H$  гаек можно определить методом рядов. Например, выстроив цепочку из гаек ( $N > 10$ ), поставленных на одну из боковых граней (рис. 5) или навинтив их непосредственно на шпильку. Авторский результат:  $H = 4,74$  мм.



Рис. 5

3. Для определения площади шестигранника можно выложить 36 гаек плотной упаковкой в 6 рядов по 6 штук в каждом на листе А5 и измерить стороны получившегося прямоугольника (рис. 6). При этом следует обратить внимание, что площадь выступов получившейся фигуры с одной стороны компенсируется площадью углублений с противоположной стороны этого прямоугольника. Окончательно получаем  $S = 81$  мм<sup>2</sup>.



Рис. 6

4. Внешний диаметр резьбы на шпильке определяем, прокатывая шпильку по поверхности бумаги не менее чем на  $k = 10$  оборотов и измеряя пройденное ей расстояние  $l$ .  $D = l/(\pi k) = 5,76$  мм.

5. Для вычисления массы гайки необходимо вычислить ее объем, оставшийся после высверливания отверстия и нарезания резьбы. По условию задачи диаметр высверленного в гайке отверстия  $d = 0,95D = 5,47$  мм. Будем считать, что диаметр резьбы в самой «глубокой» ее части совпадает с внешним диаметром резьбы шпильки  $D = 5,76$  мм.

Для расчета объема металла, вынутого из гайки в процессе ее производства, будем считать, что из гайки вынут цилиндр с диаметром, равным среднему арифметическому значению внутреннего и внешнего диаметра резьбы в гайке  $D_1 = (d + D)/2 = 5,615$  мм. Объем такого цилиндра равен  $V_1 = \pi D_1^2/4 \cdot H = 117$  мм<sup>3</sup>. Объем заготовки до высверливания отверстия и нарезания резьбы равен  $V_0 = SH = 384$  мм<sup>3</sup>. Окончательно, объем гайки  $V = V_0 - V_1 = 267$  мм<sup>3</sup>. Масса гайки равна  $m = \rho V = 2,08$  г. Непосредственное измерение среднего значения массы гайки на весах дает результат  $m_{\text{ср}} = 2,05$  г. Отличие расчетного значения массы от измеренного может быть связано, например, с тем, что при расчете не учитывались фаски (закругление краев гайки).

### Критерии оценивания

1) Найден шаг резьбы $h$		<b>2 балла</b>
0,95 - 1,05 мм	2 балла	
0,90 - 1,10 мм	1 балл	
2) Определена толщина $H$ гайки		<b>2 балла</b>
4,5 - 5,0 мм	2 балла	
4,3 - 5,2 мм	1 балл	
3) Определен внешний диаметр $D$ резьбы на стрержне		<b>2 балла</b>
5,2 - 6,3 мм	2 балла	
4,6 - 6,9 мм	1 балл	
4) Определена площадь $S$ шестигранного прутка		<b>2 балла</b>
75 - 89 мм <sup>2</sup>	2 балла	
65 - 97 мм <sup>2</sup>	1 балл	
5) Определена масса $m$ одной гайки		<b>2 балла</b>
1,8 - 2,4 г	2 балла	
1,6 - 2,6 г	1 балл	

**Задание 7.2. Сколько рублей весит конфета.** Экспериментатор Глюк исследовал падение с фиксированной высоты (около 2-х метров) различных грузов, привязанных к системе из трех воздушных шариков (рис. 1). Анализируя результаты эксперимента, он обнаружил любопытный характер зависимости квадрата времени падения от величины, обратной массе всей падающей системы.



Рис. 1

Соберите установку Глюка. В качестве грузов можете использовать выданные монеты, помещенные в мешочек, привязанный к шарикам.

- Снимите зависимость времени падения системы от ее массы. Результаты занесите в таблицу. Каждое измерение повторите **не менее** трёх раз и усредните. При этом, имейте в виду, что масса шарика  $m \approx 2,4$  г, а масса одной монеты  $\approx 3,3$  г. Для увеличения точности исследований постарайтесь отпускать систему с как можно большей (но одинаковой) высоты (например, с высоты своего роста, стоя на стуле).
- Постройте график полученной зависимости в осях, предложенных Глюком.
- Проведя дополнительное измерение с помощью построенного графика определите массу выданной конфеты. После завершения **всех** измерений, конфету **нужно** съесть!

**Примечание:** не следует надувать шарики слишком сильно, так как если даже один из шариков лопнет в ходе эксперимента, то все измерения придется начинать сначала.

**Приборы и оборудование:** секундомер, 5 воздушных шариков (из них 2 запасных), конфета, полиэтиленовый мешочек (гриппер 6 x 8 см), комплект монет (10 шт. номиналом 1 рубль), нитки, миллиметровая бумага (формат А5) для построения графика.

$m,$							
$1/m,$							
$t_1,$							
$t_2,$							
$t_3,$							
$t_{\text{средн}},$							
$t^2_{\text{средн}},$							

**Возможное решение (Замятнин М., Слободянин В.).**

Собираем предложенную конструкцию и измеряем время падения с максимально возможной одинаковой высоты, например, отпуская систему с вытянутой руки, стоя на стуле. Время падения фиксируем по моменту касания пола грузом. Результаты заносим в таблицу и строим график экспериментальной зависимости в предложенных Глюком координатах. Для авторской установки он имеет вид, представленный на рис. 2.

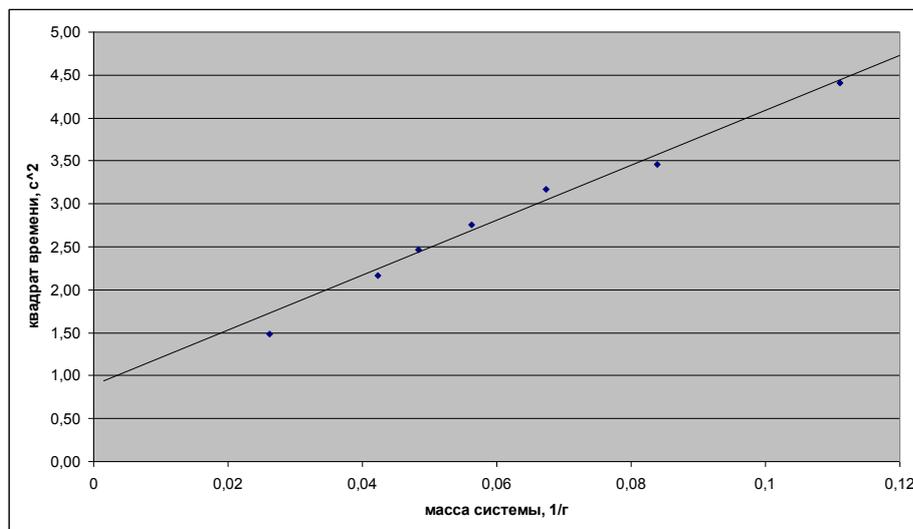


Рис. 2

Экспериментальные точки хорошо ложатся на прямую линию. Это позволяет, для системы с конфетой, по времени падения определить ее массу.

**Критерии оценивания**

- |  |                |
|--|----------------|
| 1) Снята зависимость времени падения системы от ее массы (таблица 1) | <b>4 балла</b> |
| 7 и более точек  | 4 балла        |
| 5-6 точек  | 2 балла        |
| 3 и менее точек  | 0 баллов       |
| 2) Построен график в осях, предложенных Глюком                       | <b>4 балла</b> |
| график занимает не менее 80% площади листа                           | 1 балл         |
| постоянная цена деления из разрешенных рядов:                        |                |
| целые, четные, кратные 5   | 1 балл         |
| подписаны оси и указаны единицы измерения                            | 1 балл         |
| проведена прямая, а не ломаная                                       | 1 балл         |
| 3) Определена масса выданной конфеты                                 | <b>2 балла</b> |
| 13,5 - 16,5 г  | 2 балла        |
| 12,0 - 18,0 г  | 1 балл         |