

**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**:

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  $d = 0,9D$ .

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	$m =$

**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.

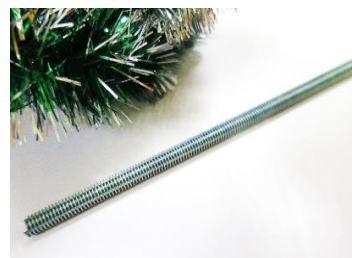


Рис. 1



Рис. 2

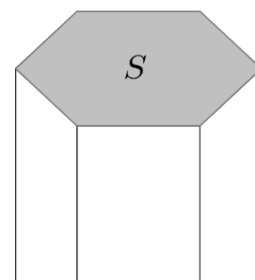


Рис. 3

**Рекомендации организаторам**

В работе рекомендуется использовать шпильку и гайки с резьбой М6 и одинаковым шагом (необходимо убедиться, что гайки легко накручиваются на шпильку, но не болтаются).

Следует учитывать тот факт, что при кустарном производстве шпилек и гаек параметры их резьбы могут отличаться от стандартов метрической резьбы, а толщины и массы гаек могут варьироваться в широком диапазоне. В связи с этим, членам жюри регионального этапа олимпиады им. Максвелла необходимо до начала олимпиады определить значения искомым величин посредством их прямых измерений.

Лист белой бумаги формата А5.

**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:  $H = 4,85$  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  $S = 87$  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  $l$ .  $D = l/(\pi k) = 5,86$  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  $d = 0,9D = 5,27$  мм. Будем считать, что диаметр резьбы в самой «глубокой» ее части совпадает с внешним диаметром резьбы шпильки  $D = 5,86$  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  $D_1 = (d + D)/2 = 5,57$  мм. Объем такого цилиндра равен  $V_1 = H\pi D_1^2/4 = 118$  мм<sup>3</sup>. Объем заготовки до высверливания отверстия и нарезания резьбы равен  $V_0 = SH = 422$  мм<sup>3</sup>. Окончательно, объем гайки  $V = V_0 - V_1 = 304$  мм<sup>3</sup>. Масса гайки равна  $m = \rho V = 2,4$  г. Непосредственное измерение среднего значения массы гайки на весах дает результат  $m_{\text{ср}} = 2,1$  г. Отличие расчетного значения массы от измеренного на 15% 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>
отличие менее чем на 5%	2 балла	
отличие менее чем на 10%	1 балл	
2) Определена толщина $H$ гайки		<b>2 балла</b>
отличие менее чем на 5%	2 балла	
отличие менее чем на 10%	1 балл	
3) Определен внешний диаметр $D$ резьбы на стрержне		<b>2 балла</b>
отличие менее чем на 10%	2 балла	
отличие менее чем на 20%	1 балл	
4) Определена площадь $S$ шестигранного прутка		<b>2 балла</b>
отличие менее чем на 10%	2 балла	
отличие менее чем на 20%	1 балл	
5) Определена масса $m$ одной гайки		<b>2 балла</b>
отличие менее чем на 15%	2 балла	
отличие менее чем на 25%	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 ввиду, что масса шарика  $m \approx 3$  г, а масса одной монеты тоже  $m \approx 3$  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 надуть 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.

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

**Рекомендации организаторам**

- в мешочке необходимо заранее сделать сквозное отверстие, например, дыроколом, для упрощения его подвешивания к шарикам.
- шарики в надутом состоянии должны иметь форму близкую к сферической с диаметром в несильно надутом состоянии около 20-25 см.
- секундомеры следует заранее подготовить и перевести в необходимый режим. Допускается дополнительно инструктировать детей о работе с секундомером.
- выдавать дополнительные шарики и листы миллиметровой бумаги взамен испорченных можно, для этого необходимо заготовить их резерв!
- гриппер 6 x 8 – полиэтиленовый мешочек с застежкой zip-lock.
- масса конфеты 10 – 20 г. Конфета должна быть в обёртке **без указания массы**.

**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.

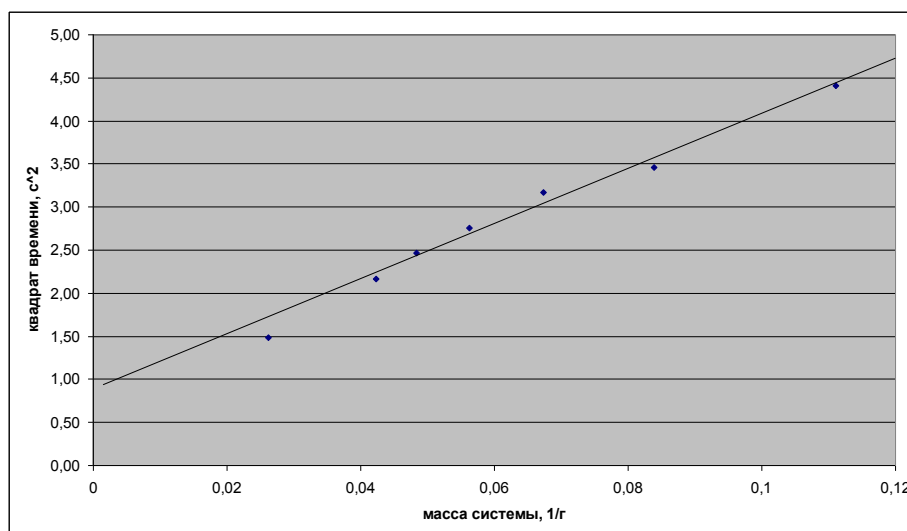


Рис. 2

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) **4 балла**
- |                 |          |
|-----------------|----------|
| 7 и более точек | 4 балла  |
| 5-6 точек       | 2 балла  |
| 3 и менее точек | 0 баллов |
- 2) Построен график в осях, предложенных Глюком **4 балла**
- |   |        |
|---|--------|
| график занимает не менее 80% площади листа                                | 1 балл |
| постоянная цена деления из разрешенных рядов:<br>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 **2 балла**
- |                        |         |
|------------------------|---------|
| попадание в $\pm 10\%$ | 2 балла |
| попадание в $\pm 20\%$ | 1 балл  |

**Задание 8.1. Шпилька и гайки.** Шпилькой в технике называют стержень, по всей длине которого нарезана резьба (рис. 1).

Предложите и опишите, как измерить **без использования линейки**:

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. отношение массы шпильки к массе одной гайки:  $\alpha = m_{ш}/m_{г}$ , используя шпильку в качестве рычага;
5. среднюю массу  $m_{г1}$  одной гайки и массу шпильки  $m_{ш1}$  по отдельности, исходя из их геометрических размеров.

Проведите измерения и определите параметры  $h$ ,  $H$ ,  $S$ ,  $m_{г1}$ ,  $m_{ш1}$  и отношение масс шпильки и гайки  $\beta = m_{ш1}/m_{г1}$  на основании результатов, полученных в пункте 5.

Полученные результаты занесите в таблицу (указав единицы измерения):

1	$h =$
2	$H =$
3	$S =$
4	$\alpha =$
5	$m_{ш1} =$
6	$m_{г1} =$
7	$\beta =$

**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. Внешний диаметр резьбы М6 на стержне равен  $D = 6$  мм, а внутренний диаметр резьбы в гайке  $d = 5$  мм.
4. В работе можно использовать любое количество гаек, ниток и скрепок в зависимости от выбранного метода решения каждого пункта задания.

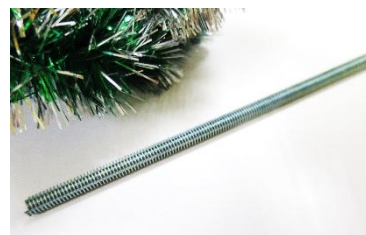


Рис. 1



Рис. 2

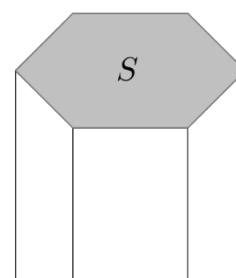


Рис. 3

**Рекомендации организаторам**

В работе рекомендуется использовать шпильку и гайки с резьбой М6 и одинаковым шагом (необходимо убедиться, что гайки легко накручиваются на шпильку, но не болтаются). Следует учитывать тот факт, что при кустарном производстве шпилек и гаек параметры их резьбы могут отличаться от стандартов метрической резьбы, а толщины и массы гаек могут варьироваться в широком диапазоне. В связи с этим, членам жюри регионального этапа олимпиады им. Максвелла необходимо до начала олимпиады определить значения искомых величин посредством их прямых измерений.

Лист белой бумаги формата А5.



**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.

2. Среднюю толщину гаек  $H$  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:  $H = 4,85$  мм.

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  $S = 87$  мм<sup>2</sup>.

4. Накрутим на один край шпильки 4 – 6 гаек. С помощью нити уравниваем получившуюся систему и применив правило моментов определяем  $\alpha$ .

5. Внешний диаметр резьбы на шпильке определяем, прокатывая шпильку по поверхности бумаги не менее чем на  $k = 10$  оборотов и измеряя пройденное ей расстояние  $l$ .  $D = l/(\pi k) = 5,86$  мм.

6. Для вычисления массы гайки необходимо вычислить ее объем, оставшийся после высверливания отверстия и нарезания резьбы. По условию задачи диаметр высверленного в гайке отверстия  $d = 0,9D = 5,27$  мм. Будем считать, что диаметр резьбы в самой «глубокой» ее части совпадает с внешним диаметром шпильки  $D = 5,86$  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  $D_1 = (d + D)/2 = 5,57$  мм. Объем такого цилиндра равен  $V_1 = H\pi D_1^2/4 = 118$  мм<sup>3</sup>. Объем заготовки до высверливания отверстия и нарезания резьбы  $V_0 = SH = 422$  мм<sup>3</sup>. Окончательно, объем гайки  $V = V_0 - V_1 = 304$  мм<sup>3</sup>. Масса гайки равна  $m_{г1} = \rho V = 2,4$  г. Непосредственное измерение среднего значения массы гайки на весах дает результат  $m_{ср} = 2,1$  г. Отличие расчетного значения массы от измеренного на 15% может быть связано, например, с тем, что при расчете не учитывались фаски (закругление краев гайки). Массу шпильки  $m_{ш1}$  определяем по её объему и плотности.

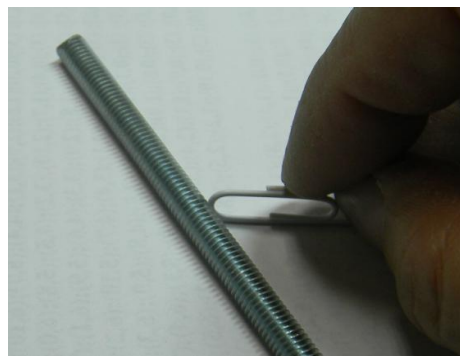


Рис. 4



Рис. 5

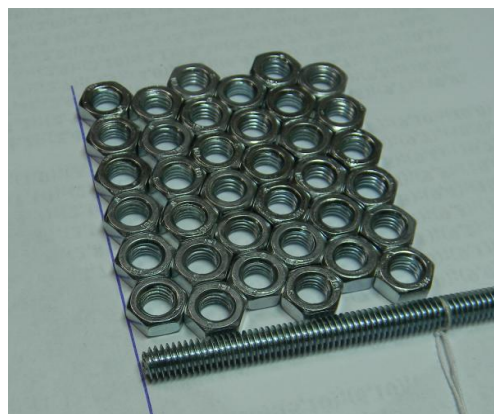


Рис. 6

**Критерии оценивания**

1. Найден шаг резьбы $h$		<b>1 балл</b>
отличие менее чем на 5%	1 балл	
2. Определена толщина $H$ гайки		<b>2 балла</b>
отличие менее чем на 5%	2 балла	
отличие менее чем на 10%	1 балл	
3. Методом рычага определено отношение $\alpha = m_{\text{ш}}/m_{\text{г}}$		<b>1 балл</b>
отличие менее чем на 10%	1 балл	
4. Определена площадь $S$ шестигранного прутка		<b>2 балла</b>
отличие менее чем на 10%	2 балла	
отличие менее чем на 20%	1 балл	
5. Найдена средняя масса $m_{\text{г1}}$ одной гайки и масса шпильки $m_{\text{ш1}}$ по отдельности, исходя из их геометрических размеров		<b>2 балла</b>
отличие менее чем на 10%	2 балла	
отличие менее чем на 20%	1 балл	
6. Определено отношение $\beta = m_{\text{ш1}}/m_{\text{г1}}$		<b>2 балла</b>
отличие менее чем на 10%	2 балла	
отличие менее чем на 20%	1 балл	

**8.2. Исследуем шприц (1).** Определите плотность неизвестной жидкости и среднюю плотность материала, из которого изготовлен шприц.

**Приборы и оборудование:** шприц (5 мл), пластиковая бутылка (1,5 л с отрезанным верхом) на 3/4 заполненная водой, стаканчик с неизвестной жидкостью, заглушка для шприца (деревянная зубочистка (её можно ломать)), электронные весы, салфетки для поддержания порядка, поднос.

**Примечание:** Во избежание выливания жидкости из шприца, рекомендуется пользоваться заглушкой, вставляемой в шприц.

Плотность воды  $\rho_0 = 1\,000\text{ кг/м}^3$ .

**Рекомендации организаторам**

1. Электронные весы, рассчитанные на взвешивание грузов массой до 200 г или 300 г с точностью измерения  $\pm 0,01$  г.
2. В качестве неизвестной жидкости лучше всего использовать концентрированный раствор поваренной соли или сахарного сиропа с плотностью 1 100 – 1 200 кг/м<sup>3</sup>. Жидкость можно слегка подкрасить зеленкой или медным купоросом.

**Возможное решение (Замятнин М.).** Измеряем на весах массу  $m$  пустого шприца. Заполняем его неизвестной жидкостью и вновь измеряем массу. Находим плотность неизвестной жидкости. Она составляет  $\rho_1 = 1\,150$  кг/м<sup>3</sup>. Отливаем маленькими порциями жидкость обратно в стаканчик, до тех пор, пока шприц не начнет плавать, полностью погрузившись в воду. Измеряем остаточный объем  $V$  неизвестной жидкости в шприце, и рассчитываем среднюю плотность материала шприца:

$$\rho = \frac{m\rho_0}{m + V(\rho_1 - \rho_0)}.$$

**Критерии оценивания.**

- |   |                |
|---|----------------|
| 1) Определена масса шприца                                      | <b>1 балл</b>  |
| 2) Метод определения плотности неизвестной жидкости             | <b>1 балл</b>  |
| 3) Результаты измерений и воспроизводимость (например, таблица) | <b>1 балл</b>  |
| 4) Найдена плотность неизвестной жидкости                       | <b>2 балла</b> |
| отличие менее чем на 10%  | 2 балла        |
| отличие менее чем на 15%  | 1 балл         |
| 5) Метод определения плотности шприца                           | <b>2 балла</b> |
| 6) Результаты измерений и воспроизводимость (например, таблица) | <b>1 балл</b>  |
| 7) Найдена средняя плотность материала шприца                   | <b>2 балла</b> |
| отличие менее чем на 10%  | 2 балла        |
| отличие менее чем на 15%  | 1 балл         |