

## 7 класс

### Экспериментальный тур

#### Задача №7-Е1. Пшено и вязкость

*Оборудование:* пластиковая бутылка 1.5 литра со срезанным верхом наполненная водой, линейка 30 см, секундомер, порция пшенной крупы (не менее 200 зерен) в коробочке, спичка, лист бумаги А4, миллиметровая бумага для построения графиков.

Скорость  $v$  падения мелких шариков в воде можно рассчитать по формуле Стокса

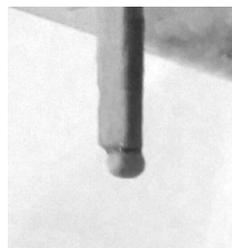
$$v = \frac{d^2 g (\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{в}})}{18\eta},$$

где  $d$  — диаметр шарика,  $\rho_{\text{ш}}$  — плотность шарика,  $\rho_{\text{в}}$  — плотность воды,  $g = 10 \text{ Н/кг}$ ,  $\eta$  — физическая величина, характеризующая свойство жидкости и называемая коэффициентом вязкости.

1. Определите максимально точно средний диаметр  $d$  крупинок пшена.
2. Измерьте время падения не менее чем 100 крупинок в столбе воды высотой  $h$ .
3. Постройте гистограмму<sup>1</sup> распределения времени падения крупинок и определите наиболее вероятное время  $\tau$ .
4. Вычислите среднюю скорость  $v$  падения крупинок в воде.
5. Считая, что в нашем эксперименте  $(\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{в}}) = 50 \text{ кг/м}^3$ , определите значение коэффициента вязкости  $\eta$  для воды.

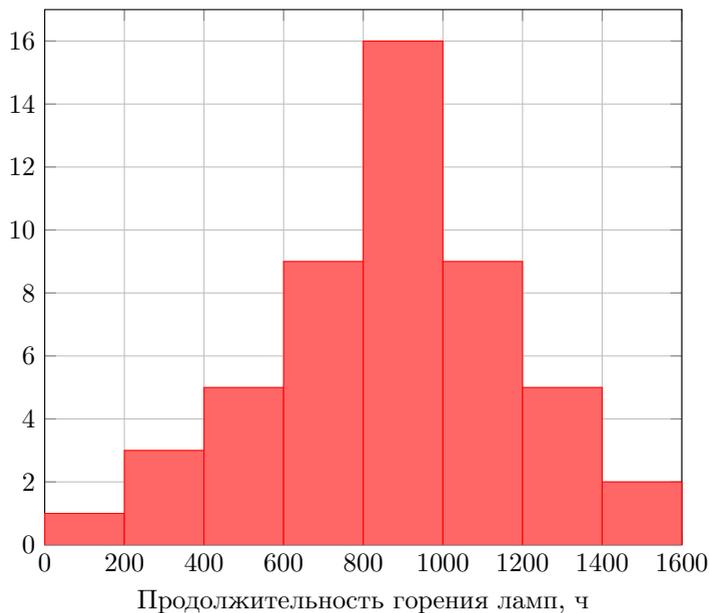
*Примечания:*

1. Для исследования выбирайте крупинок пшена примерно одинакового размера, форма которых наиболее близка к форме шара.
2. Для старта крупинок коснитесь ее торцом мокрой спички (крупинок приклеится к торцу спички), а затем довольно резко толкните торец спички в воду, располагая спичку перпендикулярно поверхности воды. На фото зернышко пшена на торце спички.
3. Измеряйте время падения только тех крупинок, которые в процессе падения не касались стенок сосуда.



<sup>1</sup>Гистограмма — способ представления табличных данных в виде столбчатой диаграммы. Гистограмма строится следующим образом. Сначала множество значений измеряемой величины разбивается на несколько интервалов. Эти интервалы откладываются на горизонтальной оси, затем над каждым рисуется прямоугольник, высота которого пропорциональна числу измеренных значений, попадающих в соответствующий интервал. Например, на представленной гистограмме видно, что при испытании ламп на долговечность, в диапазоне времени

от 400 до 600 часов вышли из строя 5 ламп, от 800 до 1000 часов работали 16 ламп, и только две лампы перегорели в диапазоне времени от 1400 до 1600 часов. Наиболее вероятная долговечность исследуемых ламп равна 900 часам.



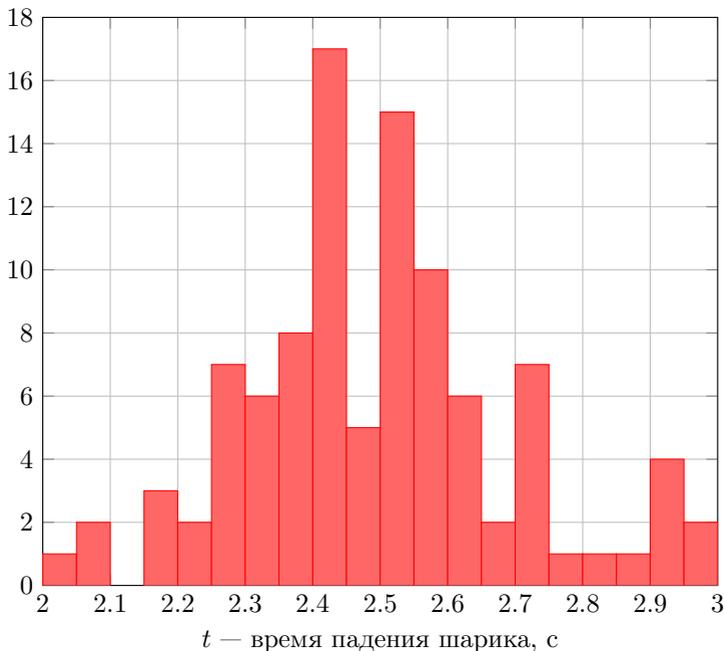
## Возможное решение

### Задача №7-Е1. Пшено и вязкость

Методом рядов определяем средний размер зернышек пшена  $d = 2.2$  мм (размер зерна может отличаться для разных сортов проса). При этом однократное измерение длины цепочки зерен, состоящей из  $N$  штук, оценивается меньшим количеством баллов, чем снятие зависимости длины цепочки от количества зерен в ней, построение графика и определение  $d$ , как углового коэффициента полученной прямой.

Определяем высоту столба воды в бутылке  $h = 25$  см. Проводим 100 измерений времени падения зерен в воде. При использовании в качестве сосуда пластиковой бутылки объемом 1.5 литра ( $h = 25$  см) время  $t$  падения зерен будет варьироваться в диапазоне от 2.0 до 3.0 секунд.

Строим гистограмму распределения результатов измерения по времени. На горизонтальной оси разбиваем диапазон от 2 до 3 секунд на 10 или 20 интервалов по 0.1 или 0.05 секунд соответственно. Над каждым диапазоном строим прямоугольник, высота которого равна количеству измерений, результат которых попадает в этот диапазон. На рисунке приведена гистограмма, полученная автором при разбиении диапазона на 20 интервалов.



Видно, что наиболее вероятное время падения зернышка в данном эксперименте (вершина гистограммы)  $\tau = 2.45$  с. Используем его для расчета средней скорости падения зерен и коэффициента вязкости воды по формуле, приведенной в условии задачи:  $v = \frac{h}{\tau} = \frac{0.25}{2.45} = 0.1$  м/с.

$$v = \frac{h}{\tau} = \frac{0.25}{2.45} = 0.1 \text{ м/с.}$$

$$\eta = \frac{d^2 g (\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{в}})}{18v} = \frac{(2.2 \cdot 2.2) 10^{-6} \cdot 10 \cdot 50}{18 \cdot 0.1}$$

$$\eta = 1.3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} = 1.3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

(при проверке работы засчитывать как верную любую из трех приведенных единиц измерения коэффициента вязкости).

Табличное значение коэффициента вязкости воды при 20 градусах  $\eta_{\text{табл}} = 1.0 \cdot 10^{-3}$  Па · с.