

### Задача 1. Обработка данных линейризацией

#### 1А. Затухание маятника

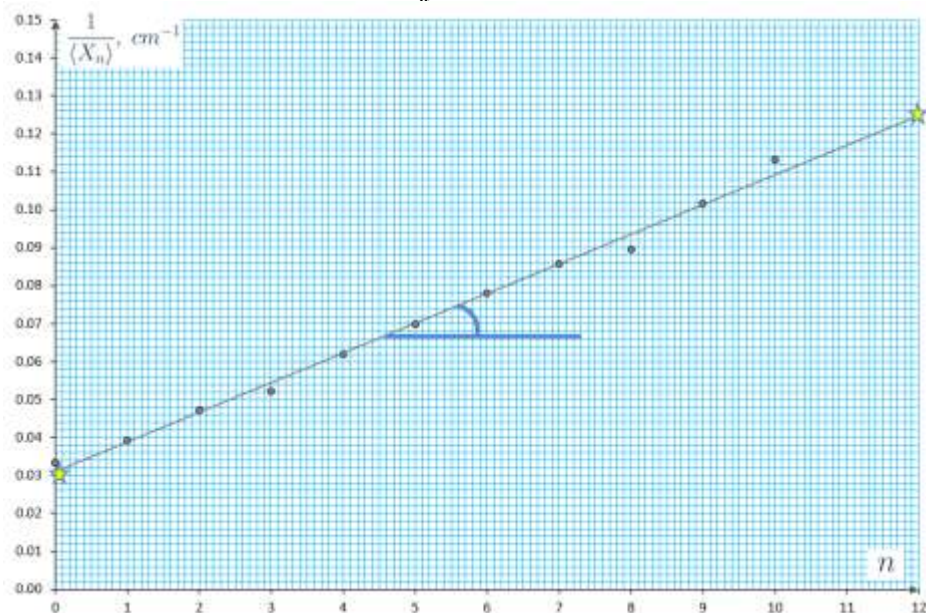
Для линейной зависимости координаты должны быть преобразованы как

$$\frac{1}{X_n} = \frac{1}{A} + \frac{B}{A} \cdot n$$

Пересчитаем средние значения величины  $\langle X_n \rangle$  и ее обратные величины:

n	Xn, cm	Xn, cm	Xn, cm	$\langle X_n \rangle$ , cm	1/ $\langle X_n \rangle$
0	30.0	30.0	30.0	30.0	0.033
1	26.0	25.0	25.5	25.5	0.039
2	21.5	21.0	21.0	21.2	0.047
3	19.0	19.5	19.0	19.2	0.052
4	16.3	16.2	16.0	16.2	0.062
5	14.0	14.5	14.5	14.3	0.070
6	12.5	13.0	13.0	12.8	0.078
7	12.0	11.5	11.5	11.7	0.086
8	11.5	11.0	11.0	11.2	0.090
9	10.0	10.0	9.5	9.8	0.102
10	9.0	9.0	8.5	8.8	0.113

Построим график зависимости  $\frac{1}{X_n}(n)$ :



Из графика пересечения вертикальной оси координат

$$\frac{1}{A} = 0.031 \text{ см}^{-1}$$

Угол наклона

$$\frac{B}{A} = \frac{0.125 - 0.031}{12 - 0} = 7.8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$$

Поделив два величины получим

$$B = \frac{7.8 \cdot 10^{-3}}{3.1 \cdot 10^{-2}} \approx 0.25$$

#### 2А. Плотность куриного яйца [5.0 балла]

**A1.** При опускании яйца в простую воду, яйцо тонет. Будем добавлять по ложке соли в стакан воды с яйцом до тех пор, пока яйцо не всплывет, тщательно размешивая раствор каждый раз. Тогда плотность яйца из закона Архимеда может быть вычислена как

$$\rho_{\text{яйца}} = \rho_{\text{жидкости}} = \frac{m_{\text{воды}} + m_{\text{соли}}}{V_{\text{жидкости}}}$$

Массу воды и объём жидкости наиболее точно можно рассчитать с помощью пластиковой трубочки.



Для этого делаем на трубочке метку, с помощью которой можно наливать определенный объем воды. Наполняем ее до определенной метки, зажимая пальцем верхний конец после погружения в бутылку.

Объем одного такого объёма воды в трубочке будет равен

$$V = \pi r^2 H$$

где  $H$  – высота воды в трубочке.

**A2.** Радиус трубочки  $r$  наиболее точно можно найти, разрезав 1-2 трубочки на отрезки длиной  $\sim 2$ -3 сантиметра. Плотн выставив в ряд  $N > 10$  таких отрезков

Решения задач

близко друг к другу и измеряя длину  $S$  этого ряда, и предполагая что толщиной трубочек можно пренебречь по сравнению с их радиусом, считаем

$$r = \frac{S}{2N}$$

**А3.** Массу соли можно оценить, используя линейку как рычажные весы, уравновесив два пластиковых стакана один с солью другой с водой



Из расчетов:

Высота воды в трубочке: 10 см

Радиус: 2,5 мм

Объем: 1,96 см<sup>3</sup>

Одна трубочка воды: 1,96 г, примерно 2 г

Масса соли: 4,8 г, примерно 5 г

Плотность яйца: 1031.

**2В. Свойства скорлупы [5.0 балла]**

**В1. Определение площади поверхности яйца:**

Основная идея заключается в применении численного аналога интегрирования для фигуры с симметрией относительно определенной оси. Для этого разрежем яйцо пополам, обведем его контур на миллиметровой бумаге (рис.2) и просуммируем площади полосок с толщиной 1-2мм:

$$S_i = \pi D_i a_i$$

Для краевых кусков яйца можно рассматривать как куски окружностей с радиусом  $R_1$  или  $R_2$  и толщиной  $h_1$  и  $h_2$ . Площадь поверхности таких кусков находится как

$$S_1 = 2\pi R_1 h_1; \quad S_2 = 2\pi R_2 h_2$$

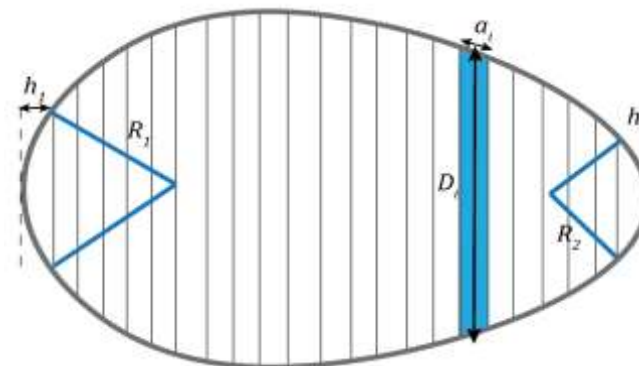


рис.2

- 1) У маленького куриного яйца толщина  $S = 1350 - 1450 \text{ мм}^2$ .
- 2) У большого куриного яйца толщина  $S = 1750 - 1900 \text{ мм}^2$ .
- 3) У перепелиного (самого маленького) яйца толщина  $S = 550 - 650 \text{ мм}^2$ .

**В2. Определение толщины скорлупы яйца**

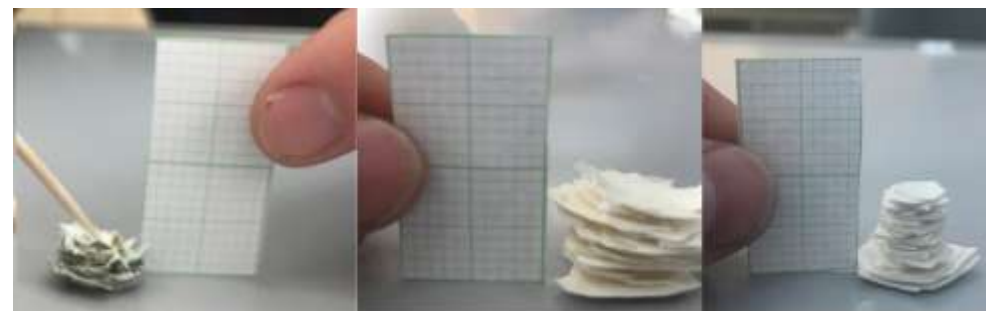
Яйцо необходимо очистить от скорлупы. Маленькие скорлупки от яйца необходимо собрать в ряд (рис.3), чтобы высота этого ряда была не меньше 1 см (для перепелиного - 0.5 см).

- 1) У маленького куриного яйца толщина  $d = 350 - 420 \text{ мкм}$ .
- 2) У большого куриного яйца толщина  $d = 280 - 340 \text{ мкм}$ .
- 3) У перепелиного (самого маленького) яйца толщина  $d = 210 - 250 \text{ мкм}$ .

**В3. Оценка показателя  $n$  зависимости  $h=k \cdot S^n$ :**

$n$  вычислено с помощью линеаризации логарифмом)

Получен  $n = 0.25 - 0.29$



перепелиное

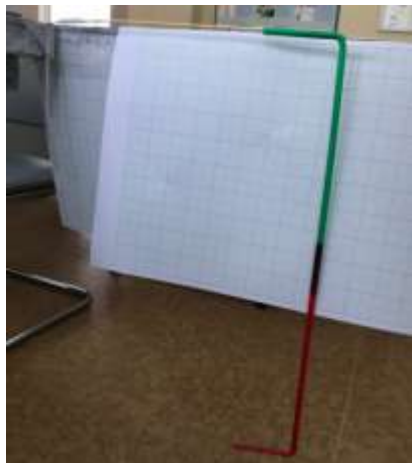
малое куриное

большое куриное

рис.3

**2С. Поверхностное натяжение белка [5.0 балла]**

**С1.** Для измерения силы поверхностного натяжения необходимо соорудить самодельный динамометр. Для этого прилепим железную часть от скоросшивателя к краю стола, на отогнутый металлический конец скотчем прикрепим деревянную палочку, на которую будет надета одна из трубочек и проткнута зубочистка. Зубочистка выполняет роль кончика стрелки таких весов. На заднем плане на линейке прикрепим миллиметровую бумагу, которая служит ориентиром для меток. К верхней трубочке показанной зеленым прикреплена еще одна трубочка нижняя часть которой разрезана лезвием вдоль пополам. Первоначальное положение палочки без внешней нагрузки нужно откалибровать на горизонтальную линию.



**С2.** Далее разобьем яйцо отделив белок и поместим белок в пластиковую тарелочку. При соприкосновении трубочки с белком возникнет сила поверхностного натяжения, отводя плавно тарелочку вниз стрелка самодельных весов значительно отклонится на ~1.5см. Сделаем метку на миллиметровой бумаге когда трубочка отрывается от тарелки с белком



Рисунок к С2

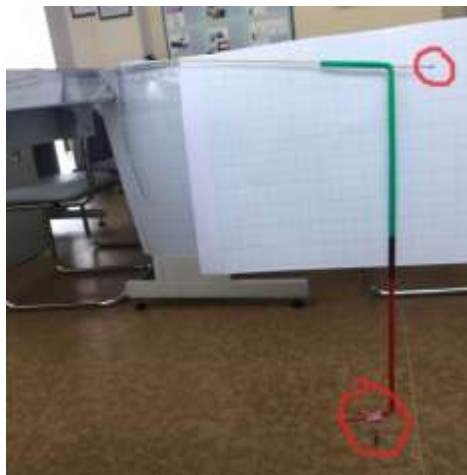


Рисунок к С3

**С3.** С помощью выданных скрепок добьемся опускания стрелки самодельных весов до той же метки (у организаторов на это ушел один зажим и две скрепки)

**С4.** Найдем массу грузиков (зажима и двух скрепок) с помощью рычажных весов и воды, по методике описанной в пункте А



**С5.** Расчет коэффициента поверхностного натяжения по формуле

$$\sigma = \frac{mg}{4L}$$

Где  $L$  – длина части соприкосновения белка с трубочкой.

Из измерений:

$$m = 3.9 \text{ г}$$

$$L = 4,5 \text{ см}$$

$$g = 9.8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$\sigma = (1.8 - 2.5) * 10^{-3} \text{ Н/м}$$

**Схема оценивания Республиканской олимпиады по физике (2019)**  
**Теоретический тур, 11 класс**

Проверяющий:

Код участника:

Для проверяющих: в последнюю пустую ячейку нужно ставить либо

- **Галочку**, если пункт решен **правильно**.
- **Ноль**, если решение **неправильно**.
- **Минус**, если **не было попытки** решать этот пункт в принципе.

Если задача решена каким-либо альтернативным (правильным) способом, не по разбаловке, то просто засчитать все пункты из разбаловки

**1А. Затухание маятника [5.0 балла]**

<b>M1</b>	Получена формула: $\frac{1}{X_n} = \frac{1}{A} + \frac{B}{A} \cdot n$	<b>0.5</b>	
<b>M2</b>	Пересчитаны средние значения величины $\langle X_n \rangle$	<b>0.5</b>	
<b>M3</b>	Пересчитаны обратные величины средних значений величины $\langle X_n \rangle$	<b>0.5</b>	
<b>M4</b>	Построен график зависимости $\frac{1}{X_n}$ (n) или посчитан МНК	<b>1.5</b>	
<b>M5</b>	Значения B в диапазоне 0.24-0.26/0.22-0.28	<b>2.0/1.0</b>	

**2А. Плотность куриного яйца [5.0 балла]**

**Теория [2.2 балла]**

<b>M6</b>	За логически верную методику, позволяющую найти плотность	<b>2.0</b>	
<b>M7</b>	Использованы все приборы (соль)	<b>0.2</b>	

**Определение объема воды [1.0 балла]**

<b>M8</b>	Достаточно большие значения для высоты: до 5 см/ 5-10 см/ от 10 см	<b>0.2/0.3/0,5</b>	
<b>M9</b>	Метод определения радиуса (диаметра), общая длина на миллиметровке (или линейке): до 2 см/2-4см/от 4 см	<b>0.2/0,3/0,5</b>	

**Весы (масса) [1.0 балла]**

<b>M10</b>	Построены рычажные весы	<b>0.9</b>	
<b>M11</b>	Упомянуто про тонкую опору для рычажных весов	<b>0.1</b>	

**Ответ [0.8 балла]**

<b>M12</b>	Плотность равна 1030 кг/м <sup>3</sup> : расхождение +260 (~25%)/210 (~20%)/160 (~15%)	<b>0,2/0,3/0,4</b>	
<b>M13</b>	Конечный ответ	<b>0.4</b>	

**2В. Свойства скорлупы [5.0 балла]**

**Определение площади поверхности яйца [2.6 балла]**



**Схема оценивания Республиканской олимпиады по физике (2019)**  
**Теоретический тур, 11 класс**

Проверяющий:

Код участника:

<b>M14</b>	За верную методику	<b>2.0</b>	
<b>M15</b>	У маленького куриного яйца толщина $S = 1350 - 1450$ мм <sup>2</sup> .	<b>0.2</b>	
<b>M16</b>	У большого куриного яйца толщина $S = 1750 - 1900$ мм <sup>2</sup> .	<b>0.2</b>	
<b>M17</b>	У перепелиного (самого маленького) яйца толщина $S = 550 - 650$ мм <sup>2</sup> .	<b>0.2</b>	
<b>M18</b>	Другие методы имеют слишком большую погрешность и оцениваются максимум в 1 балл.	<b>1.0</b>	

**Определение толщины скорлупы яйца [1.0 балла]**

<b>M19</b>	За верную методику	<b>0.4</b>	
<b>M20</b>	У маленького куриного яйца толщина $d = 350 - 420$ мкм.	<b>0.2</b>	
<b>M21</b>	У большого куриного яйца толщина $d = 280 - 340$ мкм.	<b>0.2</b>	
<b>M22</b>	У перепелиного (самого маленького) яйца толщина $d = 210 - 250$ мкм.	<b>0.2</b>	

**Оценка показателя  $n$  зависимости  $h=k \cdot S^n$  [1.4 балла]**

<b>M23</b>	$n$ вычислено с помощью линеаризации логарифмом	<b>0.4</b>	
<b>M24</b>	Получен $n = 0.25 - 0.29$	<b>1.0</b>	

**2С. Поверхностное натяжение белка [5.0 балла]**

**Теория [2.5 балла]**

<b>M25</b>	За логически верную методику, позволяющую найти поверхностное натяжение	<b>2.0</b>	
<b>M26</b>	Отделить желток от белка (или упоминания о неоднородности жидкости)	<b>0.5</b>	

**Ход работы [1.5 балла]**

<b>M27</b>	Схема установки (или описания)	<b>0.5</b>	
<b>M28</b>	Все размерности	<b>0.5</b>	
<b>M29</b>	Итоговая правильная формула	<b>0.5</b>	

**Ответ [1.0 балла]**

<b>M30</b>	Поверхностное натяжение равно $2,2 \cdot 10^{-3}$ Н/м: расхождение $\pm 1,5$ (~70%)/1,1 (~50%)/0,8 (~35%)	<b>0,2/0,3/0,4</b>	
<b>M31</b>	Конечный ответ	<b>0.6</b>	