

Задача 1. Обработка данных линейризацией

1А. Затухание маятника

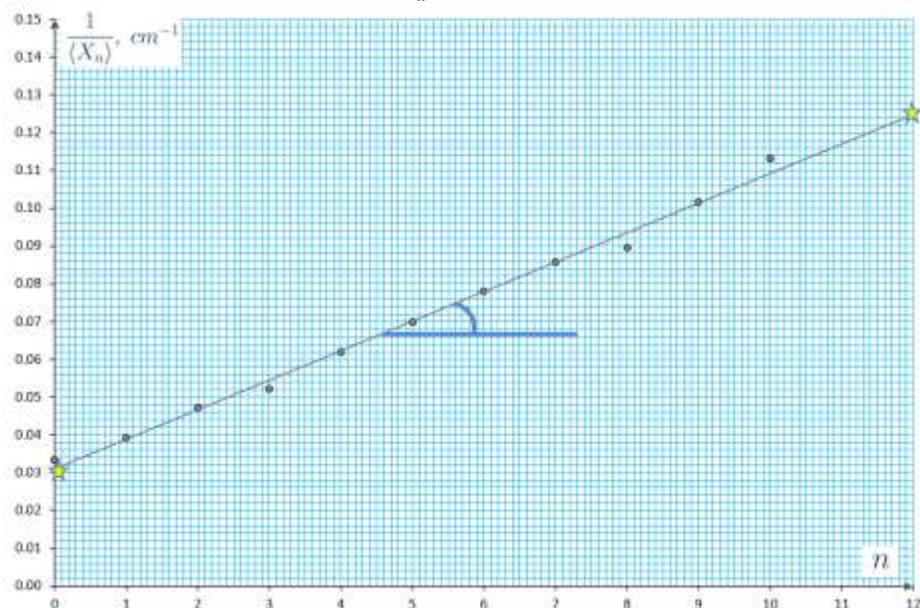
Для линейной зависимости координаты должны быть преобразованы как

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

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 ~ 2 -3 сантиметра. Плотно 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 см³

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

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

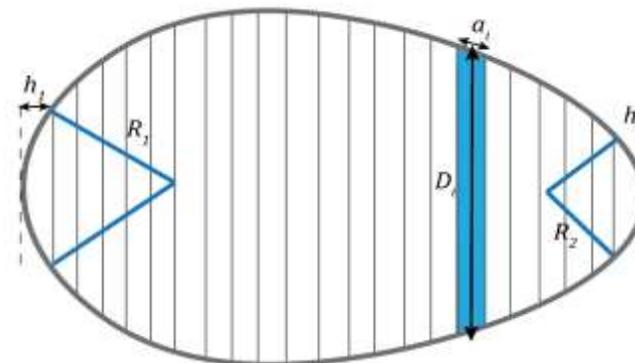


рис.2

- 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

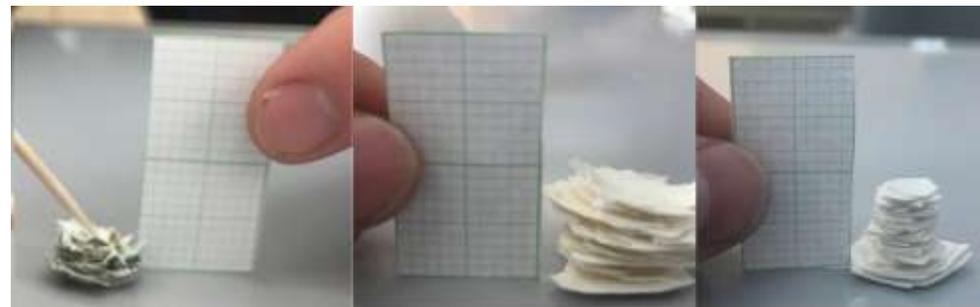
Яйцо необходимо очистить от скорлупы. Маленькие скорлупки от яйца необходимо собрать в ряд (рис.3), чтобы высота этого ряда была не меньше 1 см (для перепелиного - 0.5 см).

- 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



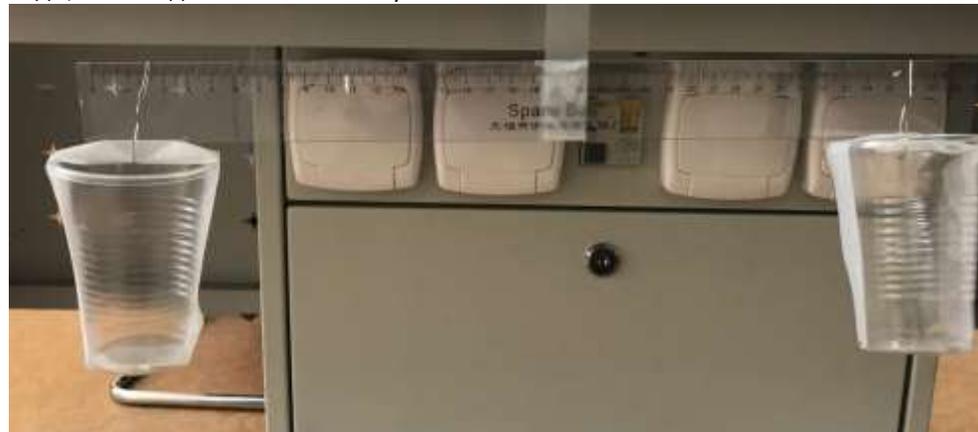
Рисунок к С2



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]

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

2А. Плотность куриного яйца [5.0 балла]

Теория [2.2 балла]

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

Определение объема воды [1.0 балла]

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

Весы (масса) [1.0 балла]

M10	Построены рычажные весы	0.9	
M11	Упомянуто про тонкую опору для рычажных весов	0.1	

Ответ [0.8 балла]

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

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:

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

Определение толщины скорлупы яйца [1.0 балла]

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

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

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

2С. Поверхностное натяжение белка [5.0 балла]

Теория [2.5 балла]

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

Ход работы [1.5 балла]

M27	Схема установки (или описания)	0.5	
M28	Все размерности	0.5	
M29	Итоговая правильная формула	0.5	

Ответ [1.0 балла]

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