



5178<sup>2</sup>

65

5277

1	2	3	4	5	Σ
4	4	4	0	1	13

заполняется жюри!  
+0,6

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА  
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ  
2018–2019**

заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

**10-11 класс**

Город, в котором проводится Олимпиада Мурманск

Дата 13.03.19

\*\*\*\*\*

**Вариант Ω**

\*\*\*\*\*

**ЗАДАЧА № 1**

Для расщепления ядер урана-235 используют тепловые нейтроны с энергиями порядка 0.025 эВ. ( $1\text{ эВ} = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{ Дж}$  — электрон-вольт, внесистемная единица измерения энергии). Такие нейтроны можно получить, затормозив быстрые нейтроны (с энергиями порядка 1 эВ) путем упругого столкновения с атомами различных элементов. Определите, во сколько раз уменьшится энергия быстрого нейтрона при столкновении с атомом углерода  $^{12}\text{C}$ ?

Сколько таких столкновений должно произойти, чтобы быстрый нейтрон превратился в тепловой? Столкновения считать абсолютно упругими.

**ЗАДАЧА № 2**

Изотоп урана  $^{235}\text{U}$  используется в качестве топлива в ядерных реакторах на медленных нейтронах. Однако в природе этот изотоп распространен мало по сравнению с основным изотопом  $^{238}\text{U}$ . Поэтому для того, чтобы получить пригодное к использованию топливо, в природном уране искусственно повышают содержание изотопа  $^{235}\text{U}$  — этот процесс называется обогащением. Предположим, что в одном цикле работы установки по обогащению урана: 1) 10 % от массы поступившего на вход урана идет в отходы (обедненный уран) и далее не используется; 2) 98 % от количества ядер  $^{235}\text{U}$  на входе оказывается на выходе установки. Пусть вначале имелась тонна урана, состоящего из смеси изотопов  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  с содержанием последнего 1 %. После некоторого количества циклов работы установки содержание  $^{235}\text{U}$  в оставшемся уране поднялось до 19.7 %.

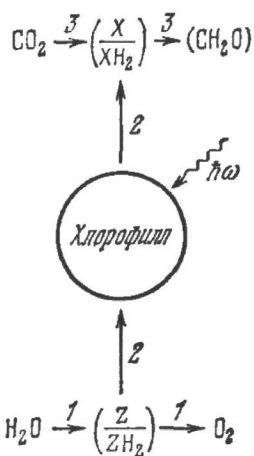
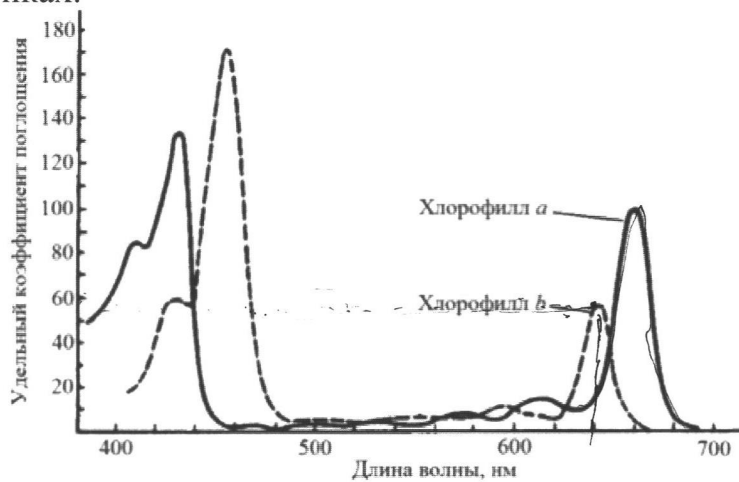
Каково содержание  $^{235}\text{U}$  в общей массе отходов? Различием масс изотопов  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  пренебречь.

ЗАДАЧА № 3

В лесу, вдали от населенных пунктов, у инженера разрядился аккумулятор. Однако рядом оказался водопад высотой 10 м. У инженера нашелся моток медной проволоки длиной 35 м, постоянный магнит, создающий магнитное поле с  $B=0.1$  Тл и имеющий длину 20 см, колесо с лопастями диаметром 1 м, а также несколько полупроводниковых диодов. Каким образом из этих подручных средств инженер может собрать устройство для зарядки аккумулятора? Какое максимальное значение напряжения на выходе устройства можно получить, если никакие потери не учитывать? Нарисуйте схему устройства.

ЗАДАЧА № 4

Фотосинтез в зеленых растениях определяет существование всех высших форм жизни на Земле, поскольку именно в результате этого процесса получается атмосферный кислород. При этом для образования одной молекулы кислорода из одной молекулы воды и одной молекулы углекислого газа требуется 8 фотонов. Интересен вопрос, насколько фотосинтез эффективен для самой клетки, сколько энергии она может получить в результате этого процесса. Считая, что поглощение энергии происходит только вблизи максимума в красной области, оцените для хлорофилла b коэффициент полезного действия протекания фотосинтеза. Используйте схему фотосинтеза и график коэффициента поглощения хлорофилла, приведенные на рисунках.



Стандартные энтальпии  $\Delta H$  образования веществ даны в таблице.

Вещество	$\Delta H$ , кДж/моль
$CO_2$	-393.51
$H_2O$	-285.83
$CH_2O$	-115.9
$O_2$	0

ЗАДАЧА № 5

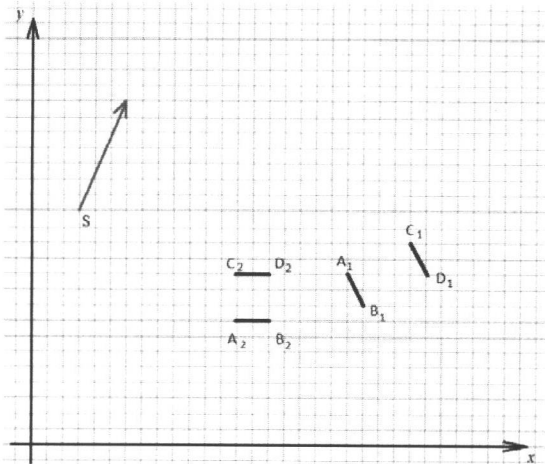
Программируемый дрон, имеющий скорости  $V_x$  и  $V_y$  по координатам  $x$  и  $y$  соответственно, стартует из точки  $S$  с координатами  $(x_0, y_0)$ . Цель дрона — пройти через определенные участки-ворота. Напишите программу, позволяющую дрону сделать это с учетом следующих условий:

- 1) За одну единицу времени дрон может изменять скорость по каждой из осей на 1, 0 или -1 (изменения по осям  $x$  и  $y$  могут быть разными).
- 2) Каждое ненулевое изменение скорости хотя бы по одной из координат уменьшает количество топлива на борту дрона на 1.

Программа должна выводить количество топлива, которое дрон затратит на прохождение всех участков и возвращение в исходную точку.

Замечание:

- 1) При прохождении «ворот» дрон может касаться стенок.
- 2) Все данные задачи – целые числа.
- 3) Количество ворот – не более 5.
- 4) Исходные данные для задачи записаны в файле, имеющем следующую структуру (числа в строках разделены запятой и пробелом):



№ строки	Структура файла	Описание
1	$x_0, y_0$	координаты начальной точки $S$
2	$V_x, V_y$	начальная скорость
3	$n$	количество ворот
4	$ax_1, ay_1, bx_1, by_1, cx_1, cy_1, dx_1, dy_1$	координаты ворот №1
5	$ax_2, ay_2, bx_2, by_2, cx_2, cy_2, dx_2, dy_2$	координаты ворот №2
...	...	...

Соответственно координаты ворот:  $A_1(ax_1, ay_1)$ ,  $B_1(bx_1, by_1)$  и т.п.

№ строки	Пример начальных данных
1	3, 10
2	4, 8
3	3
4	1, 2, 5, 6, 11, 12, 16, 17
5	18, 4, 12, 8, 23, 9, 17, 13
...	...

Примечание: программа должна содержать комментарии, объясняющие выполняемые действия. Отсутствие комментариев влечет за собой снижение получаемых за задачу баллов!

①

Задача 1. 1) Найти  $W_1$  - кинетическую энергию электрона и  $W_2$  - кинетическую энергию фотона при столкновении электрона с фотонами.

$$W_1 = \frac{m_0 c^2}{2}, \quad W_2 = \frac{m_0 c^2}{2}$$

$$m_{\text{электрон}} = m_0$$

$$m_{\text{фотон}} = 12 m_0$$

2) По закону сохранения энергии:

$$W_{\text{фотон}} = \frac{m_0 c^2}{2}, \quad \text{тогда}$$

$$\frac{m_0 c^2}{2} = \frac{m_0 c^2}{2} + \frac{12 m_0 c^2}{2}$$

$$m_0 c^2 = m_0 c^2 + 12 m_0 c^2$$

$$(*) \quad W_1 = W_2 + 12 W_2$$

3) По закону сохранения энергии  $m_0 c^2 = m_0 c^2 + 12 m_0 c^2$  | :  $m_0$

$$W_1 = W_2 + 12 W_2$$

$$W = \frac{12}{W_1 - W_2} \quad \text{получаем (*)}$$

$$4) \quad W_1^2 = W_2^2 + 12 \left( \frac{12}{W_1 - W_2} \right)^2$$

$$W_1^2 - W_2^2 = 12 \left( \frac{12}{W_1 - W_2} \right)^2$$

$$(W_1 - W_2)(W_1 + W_2) = \frac{12^2}{W_1 - W_2}$$

$$12 (W_1 + W_2) = (W_1 - W_2) \quad | : W_2$$

$$12 \left( \frac{W_1}{W_2} + 1 \right) = \left( \frac{W_1}{W_2} - 1 \right)$$

$$12 \frac{W_1}{W_2} + 12 = \frac{W_1}{W_2} - 1$$

$$11 \frac{W_1}{W_2} = -13$$

$$\frac{W_1}{W_2} = -\frac{11}{13}, \quad \text{значит это отрицательное значение}$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \left( \frac{W_1}{W_2} \right)^2 = \left( -\frac{11}{13} \right)^2 = 1,4$$

Ответ:  $\frac{W_1}{W_2} = 1,4$ ; кинетическая энергия фотона 0,4.



②

Пусть  $n$ -кон-во столкновений,  $W_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$   
 Пусть  $W_0$ -энергия дисперсии электронов;  $W = 0,025 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .  
 $W$ -энергия тепловых электронов;

1) Поскольку столкновение упругое, то потерей энергии электроны не имеют.  
 2) Поскольку скорости равны и одинаковы, то энергия будет зависеть только от разности, исходя из этого запишем уравнение:

$$W = \left(\frac{1}{2}\right)^n W_0$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^n = \frac{W}{W_0}$$

$$\text{или } n = \log_{2^{-1}}\left(\frac{W}{W_0}\right); n = \log_2\left(\frac{W_0}{W}\right) = \log_2\left(\frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{0,025 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}\right) = \log_2 40$$

$\log_2 40 > 5$ , тогда  $n = 6$

Ответ:  $n = 6$ , столкновение электронов произойдет.

Задача №2

Известно:

$$m_{\text{модуль}}(^{238}\text{U и } ^{235}\text{U}) = 1000 \text{ кг}$$

$$m(^{235}\text{U}) = 10 \text{ кг}$$

Задача:

• 10% от общей массы урана  $\Rightarrow 30\%$  от общей массы урана генерируется

• 2%  $m(^{235}\text{U})$  уран в отходе  $\Rightarrow 98\%$  от массы  $^{235}\text{U}$  проходит генерацию  
 т.е.  $0,98 \cdot m(^{235}\text{U})$

	модуль $(^{238}\text{U и } ^{235}\text{U})$	$m(^{235}\text{U})$
1 уран.	$1000 \cdot 0,9$	$0,98 \cdot 10$
2 уран	$(0,9 \cdot 1000) \cdot 0,9$	$(0,98 \cdot 10) \cdot 10$
3 уран	$0,9^3 \cdot 1000$	$0,98^3 \cdot 10$

...

и уран

Пусть  $n$ -кон-во урана, тогда ясно, что после  $n$  уранов работа установившегося  $^{235}\text{U}$  в отработанном уране стала  $19,7\%$ , составило уравнение.

$$\frac{0,98^n \cdot 10}{0,9 \cdot 1000} = 0,197$$

$$\left(\frac{0,98}{0,9}\right)^n = 19,7$$

$n = 35$ , ясно кон-во урана в отходе массы  $^{235}\text{U}$

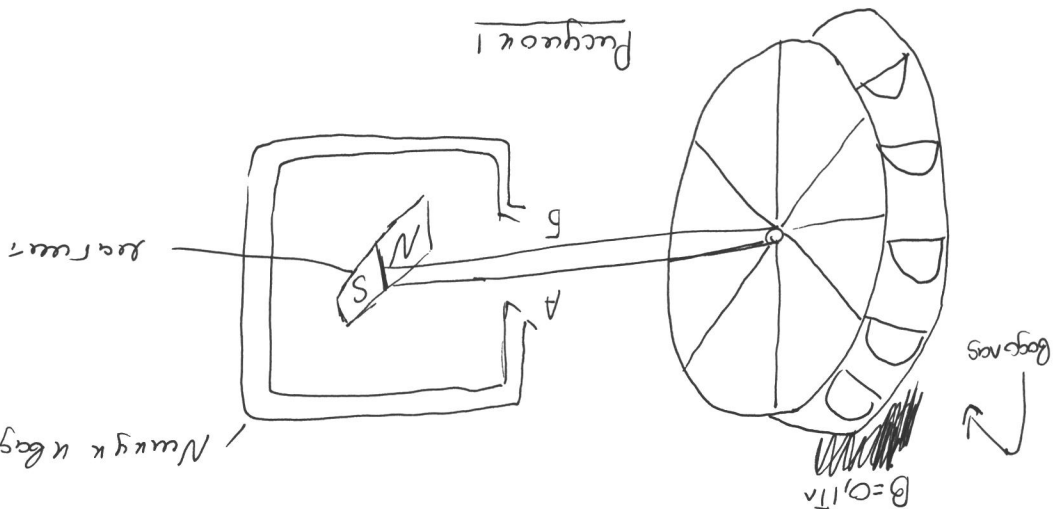
$$m_{35}(^{235}\text{U}) = 0,98^{35} \cdot 10 = 4,93 \text{ кг}$$

Ответ:  $4,93 \text{ кг}$ .

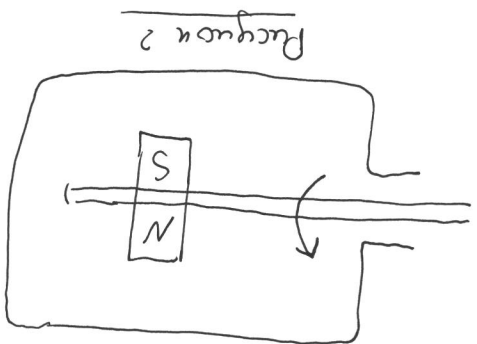
$^{235}\text{U}$  масса  $^{235}\text{U}$  за 35 уран.

③

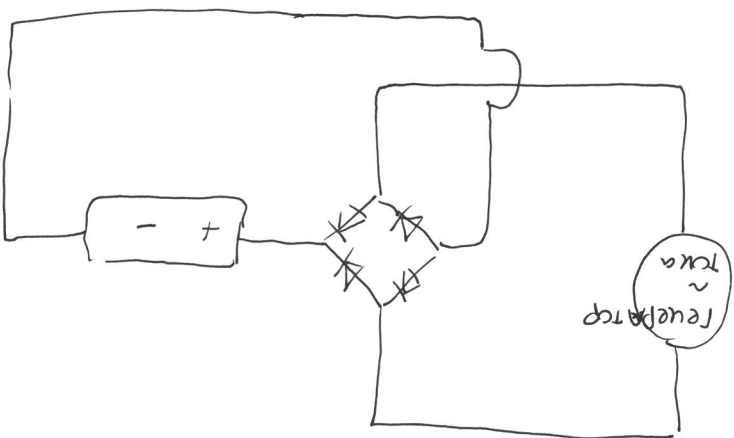
Այս ցանկը պատկերում է: Արդյունքները, այդպես էլ ձևով և քանակությամբ, բոլորում են, որովհետև  $\rho = 0.35$  և  $h = 10$  mm.



Pachyura



Page no. 2



Page 3

[illegible]

~~2) Kronge v. Kronge (1994) 100 Cal. App. 4th 1000~~

Кругаа парак А и Б (Пачуок I) гурпанао гуагуаи дест (Пачуок 3),  
каторгаи арасфзгет нереуеуаи тах в нортанаи.

3) Пачуок I и Пачуок II цот бетцгет ферпагы нереуеуаи то таха

3) Пациент и Пациент, когда берется рецепт на лекарство и на заказ

4) Pacuare: Acciones sobre el campo o terreno

$$\epsilon_{\text{ing}} = -N_A q_D \frac{\partial V}{\partial N} \text{, 'rye } N\text{-kon-} \phi \text{ parok, a } q_D = \beta S \cos \alpha \text{, 'rye } \alpha = \omega t$$

$$z_m \sin \omega t = NBS \omega \sin \omega t = N(BS \cos \omega t) = N(\phi(t)) = N(\phi(t)) = N \phi(t)$$

5) Alkanes have the simplest coarsest structure and lowest boiling point of all hydrocarbons

6)  $W_{\max} = N \beta_5 w, \text{ где } w - \text{густота энергии}$

$$x^2 = m$$

$$\frac{1}{T} = \omega$$

$T = \frac{2\pi R}{v}$ , где  $v$  — скорость распространения волны.

$$\frac{2}{R_W} = 46W$$

$$\sqrt[n]{n} = \Omega$$

$$\frac{4527}{222} = 1$$

$(\sigma_{\mu\nu} \gamma_5) = 0$   $\sigma_{\mu\nu} \gamma_5 = 0$  !  $\sigma_{\mu\nu} \gamma_5 = 0$  !  $\sigma_{\mu\nu} \gamma_5 = 0$  !

$$\frac{4608}{25} = 1$$

$$\frac{10}{429} = 0$$

$$U_{max} = \sqrt{13.5 \cdot 2\pi} = \sqrt{13.5 \cdot 2\pi \cdot 9.81} = 10.7 \text{ m/s}$$

$$U_{\text{max}} = \frac{0}{2 \cdot 1135 \cdot \sqrt{294}} \text{, где } N - \text{константа парков, а } S - \text{площадь озера парков}$$

$$\frac{0}{2 \times 10^3 \cdot \sqrt{296}} = 0 \text{ m/s}$$

7) Cigaretten, Autos, Kunstwerke gegeben, nur wenn  
Kaufvertrag parat ist  $\theta = 0,25$ , sonst

$$S = 0.15, \quad S' = 0.625$$

$$S = 0,25' = 0,625 \text{ m} \quad N = \frac{0,25}{0,35} = 0,714 \quad \beta = 0,17 \text{ rad} \quad h = 10 \text{ m} \quad (u_3 \text{ g m o b u o})$$

$$U_{Mg} \times = \frac{1}{2.35 \cdot 0.1 \cdot 0.625 \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 10}} = 4.375 \sqrt{2} \text{ B}$$

③ Best:  $Max = 4,375 \sqrt{B}$ .

30 g a a n 5

1) Begleitmaßnahmen

$\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$   
 $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$

(++? !u? !o=!+u!) not eq

Задание выполнено верно

$$\{a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i, g_i, h_i, i_i, j_i, k_i, l_i, m_i, n_i, o_i, p_i, q_i, r_i, s_i, t_i, u_i, v_i, w_i, x_i, y_i, z_i\}$$

Надпись на обратной стороне 1-го листа

$$(a_k, (y_i) - (x_0, y_0)) = R_1$$

#### Продолжение задачи №5

5

$$(b_{xi} \ b_{yi}) - (x_0 \ y_0) = R_2$$

$$(c_{xi} \ c_{yi}) - (x_0 \ y_0) = R_3$$

$$(d_{xi} \ d_{yi}) - (x_0 \ y_0) = R_4$$

$$\text{Ищем } \min(R_1; R_4)$$

2) Зная, что изменение скорости по одной координат уменьшает кол-во топлива на 1 единицу  $\Rightarrow$  тогда зададим типично

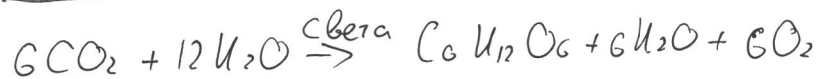
$$T = \min(R_1; R_4)$$

Повторим раз, причем суммируя  $T = \sum_{i=0}^n \min(R_1; R_4)$

По условию сказано, что нужно вернуться иззад тогда  $T = 2 \cdot \sum_{i=0}^n \min(R_1; R_4)$

~~В~~

#### Задача №4



Пусть  $k$  - удельный коэффициент поглощения  
было стало

$$6 \cdot (-393,51) + 12 \cdot (-225,23) \Rightarrow 6 \cdot (-115,9) + 6 \cdot (-225,23) + 6 \cdot 0$$

$$\eta = \frac{\text{стало}}{\text{было}} = \frac{6 \cdot (-225,23) + 6 \cdot (-115,9)}{6 \cdot (-393,51) + 12 \cdot (-225,23)} = \frac{401,73}{679,94} \approx \frac{2}{3} \approx 0,66$$

66% - коэффициент полезного действия протекания фотосинтеза

Ответ: 66%