

5204<sup>2</sup> 60 4721

1	2	3	4	5	Σ
5	3	3	1	0	12

заполняется жюри!

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА  
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ  
2018–2019  
заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ  
10-11 класс

Город, в котором проводится Олимпиада Иркутск  
Дата 10.03.2019

\*\*\*\*\*  
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

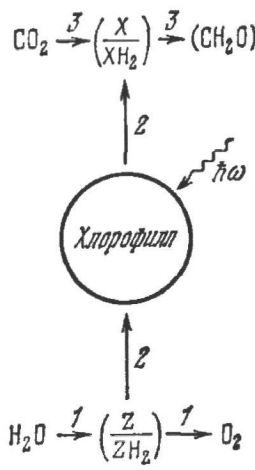
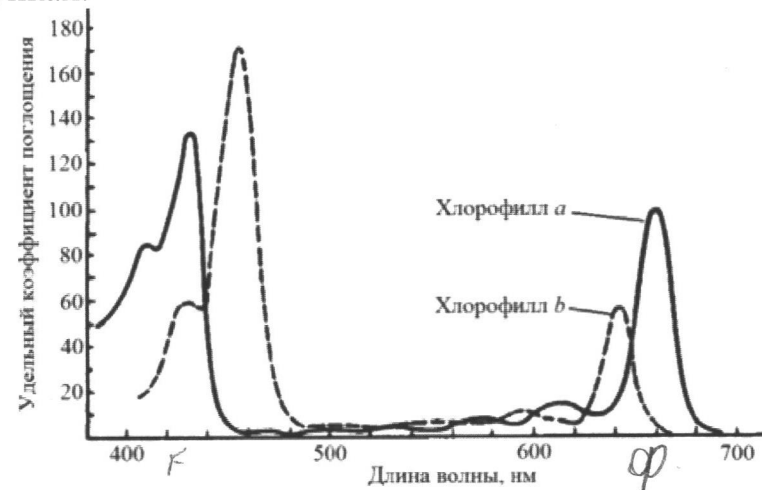
Изотоп урана  $^{235}\text{U}$  используется в качестве топлива в ядерных реакторах на медленных нейтронах. Однако в природе этот изотоп распространен мало по сравнению с основным изотопом  $^{238}\text{U}$ . Поэтому для того, чтобы получить пригодное к использованию топливо, в природном уране искусственно 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

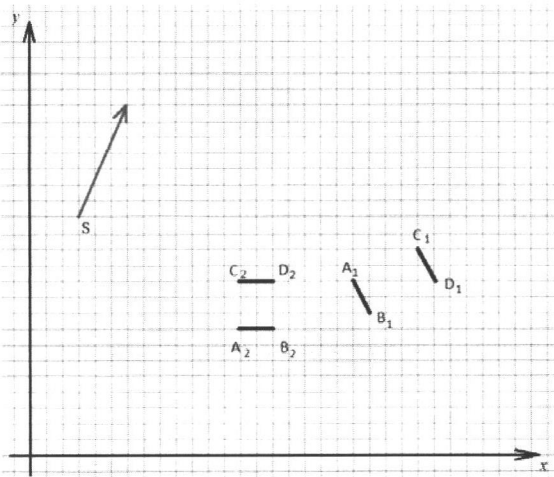
Программируемый дрон, имеющий скорости  $V_x$  и  $V_y$  по координатам  $x$  и  $y$  соответственно, стартует из точки  $S$  с координатами  $(x_0, y_0)$ . Цель дрона — пройти через определенные участки-ворота. Напишите программу, позволяющую дрону сделать это с учетом следующих условий:

- 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) Пусть  $m$ -масса спинового нейтрино,  $M$ -масса антин  $\bar{\nu}_2$   
 $M = m$

2) Пусть известны антин  $\bar{\nu}_2$  граница рождения, а декомпозировать  
 найдем на нем со скоростью  $\nu_0$ . Тогда  $E_n = \frac{m \nu_0^2}{2}$ , где  $E_n$ -энергия нейтрино  
 на со взаимодействий. После взаимодействия и-спиноты антин  $\bar{\nu}_2$  граница,  
 а  $\nu_1$ -спиноты нейтрино  $\Rightarrow E_n = \frac{m \nu_1^2}{2}$ . -энергия после взаимодействия.

3)  $\bar{\nu}_0: \textcircled{2} \leftarrow \textcircled{2} \textcircled{2}$

После:  $\textcircled{2} \leftarrow \textcircled{2} \textcircled{2} \rightarrow \textcircled{2}$

4)  $\nu_0 \nu_1 \nu_2$  З.С.  $\nu_1$ :  $m \nu_0 = M \nu_1 - m \nu_2$

$\nu_2$  З.С.  $\nu_1$ :  $\left\{ \frac{m \nu_0^2}{2} = \frac{M \nu_1^2}{2} + \frac{m \nu_2^2}{2} \right.$

$\left\{ \begin{aligned} \nu_0 &= 12 \nu_1 - \nu_2 \\ \nu_0^2 &= 12 \nu_1^2 + \nu_2^2 \end{aligned} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} u &= \frac{\nu_0 + \nu_1}{12} \\ \nu_0^2 &= \frac{(\nu_0 + \nu_1)^2}{12} + \nu_2^2 \end{aligned} \right.$

5)  $12 \nu_0^2 = 12 \nu_1^2 + \nu_0^2 + \nu_1^2 + \nu_2^2 + 2 \nu_0 \nu_1$

$-11 \nu_0^2 - 2 \nu_0 \nu_1 - 13 \nu_1^2 = 0.$

$13 \nu_1^2 + 2 \nu_0 \nu_1 - 11 \nu_0^2 = 0.$

$\nu_1 = \frac{-\nu_0 \pm \sqrt{\nu_0^2 + 143 \nu_0^2}}{13} = \frac{-\nu_0 \pm 12 \nu_0}{13} = -\nu_0, \frac{11}{13} \nu_0$  -обсуждаю это  
 физический смысл имеет только  $\nu_1 = \frac{11}{13} \nu_0$

6)  $E_{n1} = \frac{m \nu_1^2}{2} = \frac{121}{169} \frac{m \nu_0^2}{2} = \frac{121}{169} E_n \Rightarrow$  энергия декомпозированного нейтрино  
 уменьшится в  $\frac{169}{121} \approx 1.4$ .

7)  $E_T = 0.025$  эВ -энергия нейтрино

$E_{n0} = 1$  эВ -энергия декомпозированного нейтрино.

$\alpha = \frac{169}{121}$  -уменьшение энергии за счет взаимодействия  $n$ -раз во взаимодействии

8)  $E_T = E_{n0} \cdot \alpha^n$   
 $0.025 = 1 \cdot \left( \frac{169}{121} \right)^n$

$\left( \frac{169}{121} \right)^n = 40.$

$$n = \log_{\frac{76.9}{77.7}} 40 \approx 10 \text{ ступеней.}$$

Ответ: уменьшится в  $\frac{76.9}{77.7}$  раз;  $\log_{\frac{76.9}{77.7}} 40 \approx 10$  ступеней.

N2.

Пусть  $\eta$ -содержание  $^{235}\text{U}$  в смеси перед циклом,  $\delta$ -после цикла.  
 $M$ -масса поступившей смеси.

$$2) m_1 = M \cdot \eta \cdot 0,98 - \text{масса } ^{235}\text{U} \text{ после цикла}$$

$$m_2 = 0,9 M - \text{новая масса смеси}$$

$$\delta = \frac{m_1}{m_2} = \frac{\eta \cdot 0,98 M}{0,9 M} = \frac{98}{90} \eta = \frac{49}{45} \eta = 1,225 \cdot \eta$$

$$m_3 - \text{масса отходов } m_3 = 0,1 M$$

$$M_4 = 0,02 M \cdot \eta - \text{масса } ^{235}\text{U} \text{ в отходах смеси.}$$

$\delta$  - содержание  $^{235}\text{U}$  в отходах смеси.

$$\delta = \frac{m_4}{m_3} = \frac{0,02 \eta M}{0,1 M} = \frac{2 \eta}{10} = 0,2 \eta$$

N цикла	M, масса смеси перед циклом	M, масса отходов	$\delta$ содержание $^{235}\text{U}$ в новой смеси	$\delta$ содержание $^{235}\text{U}$ в отходах смеси	M, новая масса смеси.
1	1M.	100кг.	1,225%	0,2%	900кг.
2	900кг.	90кг.	1,500725% $\approx$ 1,5%	0,245%	810кг.
3	810кг.	81кг.	1,8375% $\approx$ 1,84%	0,3%	729кг.
4	729кг.	72,9кг.		0,368%	656,1кг.

3) Пусть  $\beta$ -содержание  $^{235}\text{U}$  в общей массе отходов.

$$\beta = \frac{\sum (M_0 \cdot \delta)}{\sum M_0}$$

, где  $M_0$ -масса отходов за цикл,  $\delta$ -содержание  $^{235}\text{U}$  в отходах смеси,  $M_0 \cdot \delta$  масса  $^{235}\text{U}$  в отходах.

Программе  
связан

2/3

4.)  $B = \frac{K_{01} \cdot x_1 + K_{02} \cdot x_2 + \dots + K_{0n} \cdot x_n}{K_{01} + K_{02} + \dots + K_{0n}}$ , где  $n$  - количество

суммандов

$K_{01} = 0,1 \cdot K \cdot 0,9^{x-1} \Rightarrow K_{01} \cdot x_1 = 0,1 \cdot K \cdot 0,2 \cdot \eta \cdot 7,1025^{x-1}$

5.)  $B = \frac{0,1 \cdot K \cdot 0,2 \cdot \eta (1 + 7,1025 + \dots + 7,1025^{n-1})}{0,1 \cdot K (1 + 0,9 + \dots + 0,9^{n-1})}$

6.)  $7,97 = \eta \cdot 7,1225^n$

$1,97 = 7,1225^n$

$n = \log_{7,1225} 1,97 \approx 16$

7.)  $B = 0,2 \cdot \eta \cdot \frac{(1 + \dots + 7,1025^{75})}{(1 + 0,9 + \dots + 0,9^{75})} = 0,2\% \cdot \frac{(1 + \dots + 7,1025^{75})}{(1 + 0,9 + \dots + 0,9^{75})}$

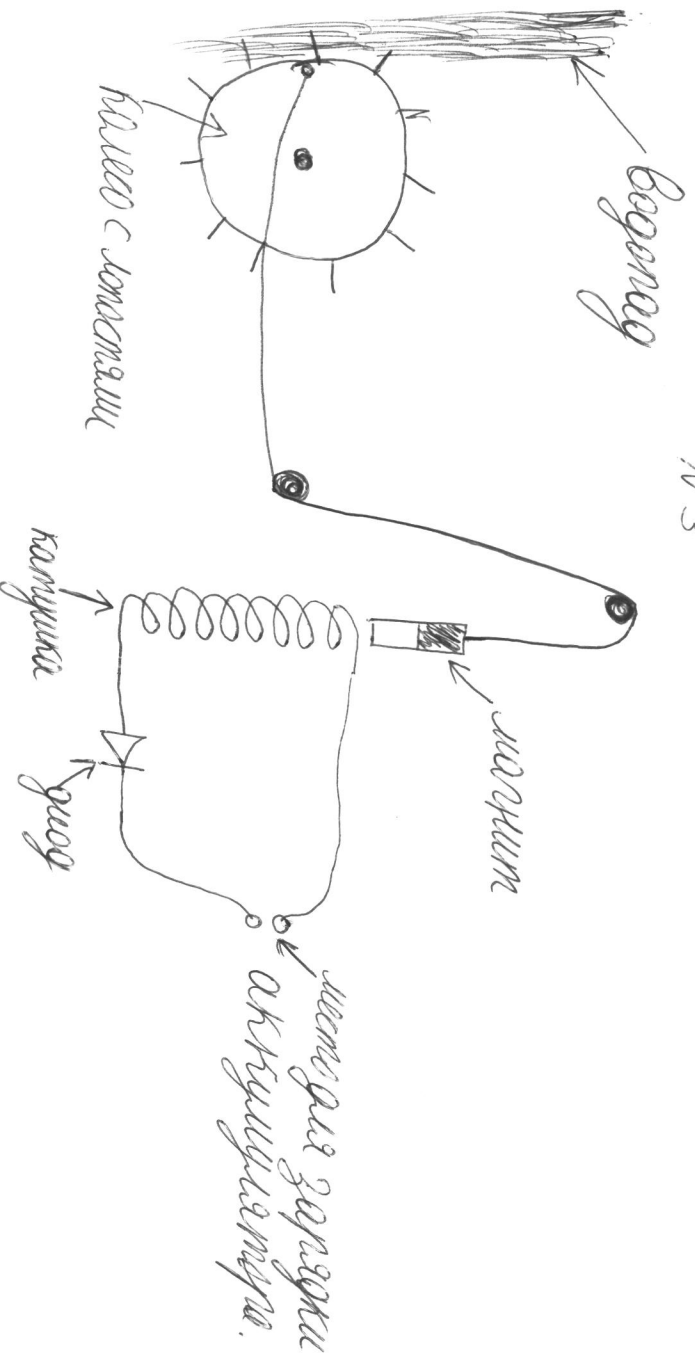
$(1 + \dots + 7,1025^{75}) = \frac{7,1025^{75} - 1}{7,1025 - 1} \approx \frac{7,1025^{75} - 1}{0,1} \approx \frac{4,24 - 1}{0,1} \approx \frac{3,24}{0,1}$

$(1 + 0,9 + \dots + 0,9^{75}) = \frac{1(0,9^{75} - 1)}{0,9 - 1} = \frac{1 - 0,9^{75}}{0,1} \approx \frac{1 - 0,205}{0,1} \approx \frac{0,795}{0,1}$

8.)  $B = 0,2\% \cdot \frac{3,24}{0,795} \approx 0,2\% \cdot \frac{3,24}{0,8} \approx 0,2 \cdot \frac{32}{8} \approx 0,8\% \approx$

ответ: 0,8%.

N3



Продолжение работы



1) катушку инженер может собрать из медной проволоки.  
 2) Водонапор будет вращать колесо. Колесо с пазом и системой шестов (которые можно сделать из пазов или сугров) будет поднимать и опускать магнит через катушку. Поднимаясь и опускаясь магнит будет действовать на катушку в катушке ЭДС самоиндукции. Когда магнит поднимается и когда магнит опускается в сквеш токуют ток в разных направлениях, для выбора одного направления в ~~сквеш~~ сквеш ветвящаяся дну, который пропускает ток в одном направлении. Токими образом, инженер создаст установку для зарядки ~~скапливания~~ аккумулятора.

3) Инженеру выгодно, чтобы колесо крутилось без потерь, значит не касаясь воды. Тогда вода будет попадать на колесо на высоте  $R$ , где  $R = \frac{D}{2}$  - радиус колеса.

4) Из ЗСЭ:  $mg(H-R) = \frac{mv^2}{2}$ , где  $m$  - вода,  $H$  - высота водонапора,  $v$  - скорость воды в момент падения и соответствующий момент.

$$v = \sqrt{2g(H-R)}$$

5)  $E_{\max} = vBl$ , где  $l$  - длина магнита, а  $v_m$  - скорость его движения. Так как  $v$  - постоянна, то  $E_{\max}$  при  $v_{\max} = v$

$$\begin{aligned} 6) E_{\max} &= Bl \sqrt{2g(H-R)} = 0,1 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2,5} \\ &= 0,02 \cdot \sqrt{100} \approx 0,2 \text{ В.} \\ \text{Ответ: } 0,2 \text{ В.} \end{aligned}$$

## Задача

- 1)  $E = h\nu$  — энергия фотона.
- 2) Минимуму красной границы спектра Вруммера на  $\lambda_k = 480$  нм.
- 3)  $k = 170$  — величину поправимости найдем.
- 4) При образовании  $D$  наблюдается двойной гравит. ЧО и при его образовании получаемся  $115,9 \frac{\text{нм}}{\text{нм}}$ .
- 5)  $\nu = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E = \frac{hc}{\lambda}$
- 6)  $\dot{\nu} = \frac{E_{\text{нов}}}{E_0} = \frac{E_{\text{нов}}}{\frac{hc}{\lambda_k}} = \frac{\lambda_k}{\frac{hc}{\lambda_k} - 115,9 \frac{\text{нм}}{\text{нм}}}$