



5201²

85
8101

1	2	3	4	5	Σ
5	4	1	3	4	17

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 Новосибирск

Дата 07.03.2019

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}C ?

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

✓ **ЗАДАЧА № 2**

Изотоп урана ^{235}U используется в качестве топлива в ядерных реакторах на медленных нейтронах. Однако в природе этот изотоп распространен мало по сравнению с основным изотопом ^{238}U . Поэтому для того, чтобы получить пригодное к использованию топливо, в природном уране искусственно повышают содержание изотопа ^{235}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}U на входе оказывается на выходе установки. Пусть вначале имелась тонна урана, состоящего из смеси изотопов ^{238}U и ^{235}U с содержанием последнего 1 %. После некоторого количества циклов работы установки содержание ^{235}U в оставшемся уране поднялось до 19.7 %.

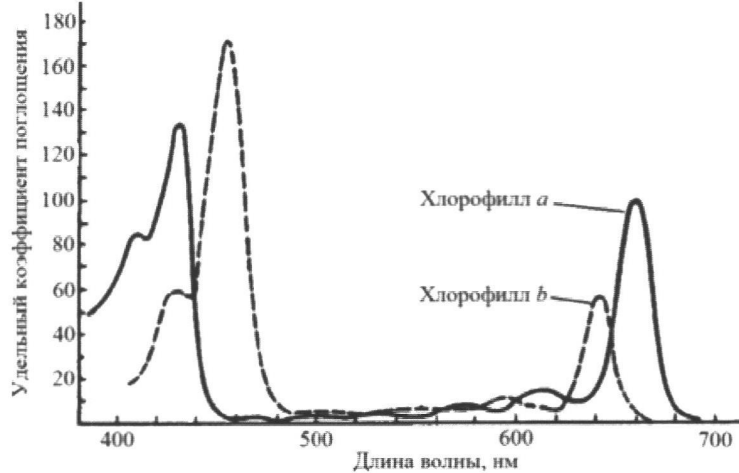
Каково содержание ^{235}U в общей массе отходов? Различием масс изотопов ^{238}U и ^{235}U пренебречь.

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.

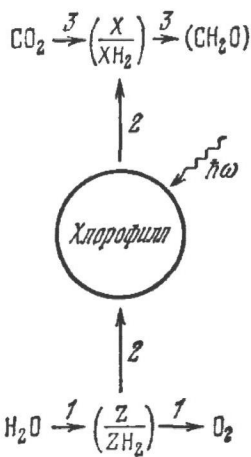
ЗАДАЧА № 4

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 ΔH образования веществ даны в таблице.

Вещество	ΔH , кДж/моль
CO_2	-393.51
H_2O	-285.83
CH_2O	-115.9
O_2	0



ЗАДАЧА № 5

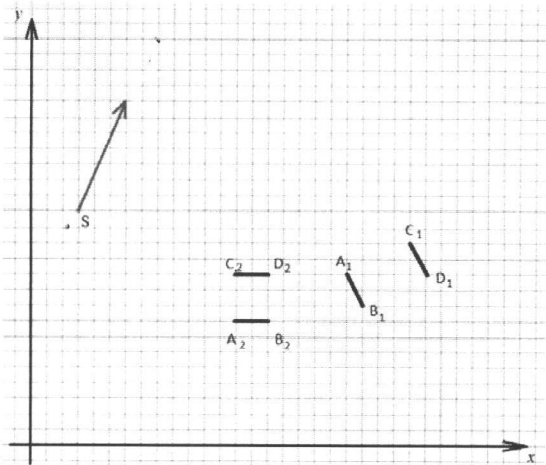
Программируемый дрон, имеющий скорости V_x и V_y по координатам x и y соответственно, стартует из точки S с координатами (x_0, y_0) . Цель дрона — пройти через определенные участки-ворота. Напишите программу, позволяющую дрону сделать это с учетом следующих условий:

- 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!



Задача 1.

$$E_T = 0,025 \text{ эВ} \approx 4 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

$$E_B = 1,6 \cdot 10^{19} \text{ Дж}$$



$$m_n = 1$$

$$m_c = 12$$

v_n - скорость быстрого нейтрона до столкновения

v_n' - скорость после столкновения

$$\frac{m_n v_n^2}{2} = \frac{m_n v_n'^2}{2} + \frac{m_c v_c^2}{2}$$

$$\begin{cases} m_n v_n^2 = m_n v_n'^2 + m_c v_c^2 & \text{ЗСЭ} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_n v_n = -m_n v_n' + m_c v_c & \text{ЗСУ} \end{cases}$$

$$v_c = \frac{m_n (v_n + v_n')}{m_c}$$

$$m_n v_n^2 = m_n v_n'^2 + \frac{m_c m_n^2 (v_n + v_n')^2}{m_c^2}$$

$$v_n^2 = v_n'^2 + \frac{m_n}{m_c} (v_n^2 + 2 v_n v_n' + v_n'^2)$$

$$v_n^2 \left(1 - \frac{m_n}{m_c}\right) = v_n'^2 \left(1 + \frac{m_n}{m_c}\right) + \frac{2 m_n}{m_c} v_n v_n'$$

$$v_n'^2 + \frac{2 v_n}{13} v_n' - \frac{11}{13} v_n^2 = 0$$

$$D = \frac{4 v_n^2}{13^2} + \frac{44}{13} v_n^2 = \frac{576}{169} v_n^2$$

$$v_n' = \frac{\left(-\frac{2 v_n}{13} \pm \frac{24}{13} v_n\right)}{2} = \begin{cases} -v_n & \text{(пост. корень)} \\ \frac{11}{13} v_n \end{cases}$$

$$v_n' = \frac{11}{13} v_n$$

т.е. уменьшится в $\left(\frac{v_n}{v_n'}\right)^2$ раз, то есть в $\frac{169}{121} = 1,4$ раза.

учебник.
Задача 1 (попарно)

$$E_6 = \frac{m_n v_6^2}{2}, v_6 = v_n$$

$$E_+ = \frac{m_n v_+^2}{2}$$

$$\frac{E_6}{E_+} = 0,025$$

$$\frac{v_6}{v_+} = 0,16$$

$$v_6^2 = \frac{1}{3} v_+^2$$

$$v_+ = \left(\frac{11}{13}\right)^k \cdot v_n, \text{ где } k - \text{ка-до неизвестно.}$$

$$\left(\frac{11}{13}\right)^k = \frac{v_+}{v_n} = 0,16 \Rightarrow k = 11$$

Ответ: 8,4 пэВ; 11 электронов.

Задача 2.

$$m_+ m_{z35}^2 = 0,98 m_{z35} \quad (\text{нормировка})$$

$$m_+^2 = 0,9 m \quad (\text{нормировка})$$

$$m = m_{z35} + m_{z38}$$

$$m \quad \frac{0,98^k \cdot m_{z35}}{0,98^k \cdot m} = 0,197$$

$$m_{z35} = 0,01 m$$

$$\frac{0,98^k}{0,98^k} = 19,7 \Rightarrow k = 35 \text{ электронов}$$

$$m_{\text{норм.} z35} = m_{z35} - 0,98^k \cdot m_{z35} = 0,01 m (1 - 0,98^k) = 0,0051 m$$

$$\text{норм } m = 1 \text{ т} = 1000 \text{ т.}$$

$$m_{\text{норм.} z35} = 0,0051 m = 5,1 \cdot 10^3 \cdot 10^3 = 5,1 \text{ кт.}$$

Ответ: 5,1 кт.

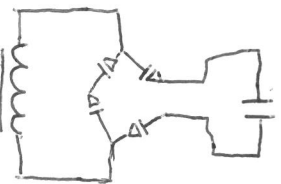
Исходы.

Задача 3.

1) Вытерев шланг софитом реверсор.

Вода из водопровода изливается в колесо, которое находится в
гидравлической / насосной, из-за чего в контуре водопровода
мол.

3) Схема устройства:



Здесь H - гидравлический

насос - насос

или - контурка с насосом

2) Энергия водопровода: $E_k = mgh = \frac{m v^2}{2}$

$$v = \sqrt{2gh}$$

и - энергия водопровода изливается в колесо $u = \frac{v}{r} = \frac{2\sqrt{2gh}}{d}$

Если вода изливается из водопровода в гидравлическую
колеса, а затем в энергию гидравлического насоса, то

$$E_k = mgh = \frac{m v^2}{2} = qU$$

$$U_{\text{max}} = \frac{mgh}{q};$$

Используем.

Задача 5.

Предварительно введем данные из файла;

1) Находим оптимальную точку.

2) Меняем скорость так, чтобы она была направлена в эту точку. Меняем скорость ~~по формуле~~ ^{устанавливаем} величину m , являющуюся значением направленного момента, $m_0 = 0$.

3) Дойдя до точки, проверяем, пройдем ли мы через ворота,

Если да, то программам, если нет, меняем скорость, увеличивая m .

4) Пусть пункты 1-3 (не учитывая погон ~~прохода~~ ^{прохода} ворот).

5) Когда ворота закрылись, меняем скорость так, чтобы попасть в оптимальную точку, меняя m .

6) Вывод значения m

Примерный вариант программы:

array A [0;44]: integer;
begin;

~~for i := 1 to 44~~ k := 100;

p := A[44] * 8 + 4; (расстояние, сколько всего коридоров, в зависимости от ка-ва ворот)

for i := 6 to p do

begin

L := sqrt((A[i] - A[0])² + (A[i+1] - A[i])²); ^{находим}

If L < k then ~~repeat~~ ^{лучше} begin

k := L;

endi;

s := i;

end;

If |A[2]| < 0 and (A[5] > A[0]) then (Если скорость

begin

repeat

v_0 := v_0 + 1;

m := m + 1

until v_0 = 1;

end;

~~if~~

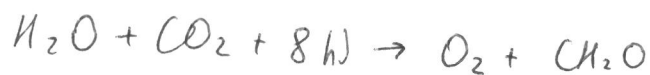
Li max gate;

смп. 4.

Источник.

Задача ч.

Санкт-Петербургский
государственный
университет



W - энергия одного фотона.

$W \sim \frac{1}{L}$, где L - длина волны;

$$\eta = \frac{A_n}{A_3}$$

$$A_n = 8 \cdot W \cdot N_A + \Delta H_{\text{CO}_2} + \Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta H_{\text{CH}_2\text{O}}$$

$$A_3 = 8W \cdot N_A$$

$$\eta = \frac{8WN_A + \Delta H_{\text{CO}_2} + \Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta H_{\text{CH}_2\text{O}}}{8WN_A}$$

$$\eta = 1 - \frac{563,44 \text{ кДж}}{8W \cdot N_A} \approx 1 - \frac{11,7 \cdot \text{Дж}}{W \cdot 10^{23}} \approx 0,5$$

Ответ: 0,5