

из ЗСД имеем:

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{207mv_2^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v_1^2 + 207v_2^2 = v^2$$

$$\begin{cases} v = 207v_2 - v_1 \\ v^2 = v_1^2 + 207v_2^2 \end{cases}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{mv^2}{2}}{\frac{mv_1^2}{2}} = \left(\frac{v}{v_1}\right)^2 = \frac{207v_2 - v_1}{v_1} = \frac{v^2}{v_1^2} = \frac{v_1^2 + 207v_2^2}{v_1^2}$$

$$= 1 + 207\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$$

$$v^2 = v_1^2 + 207v_2^2 = (207v_2 - v_1)^2 = 207^2v_2^2 - 414v_1v_2 + v_1^2$$

$$207(207-1)v_2^2 = 414v_1v_2$$

$$206v_2 = 2v_1 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{206} = \frac{1}{103}$$

$$\boxed{\frac{E_1}{E_2} = 1 + 207\left(\frac{1}{103}\right)^2 \approx 1,02}$$

Будем считать, что на первом столкновении атом ядра и нейтрона движется в первом направлении (т.е.  $v_{атом} \text{ и } v_{н} > 0$ )

$$\frac{E_n}{E_k} = \frac{1}{0,025} = 40 \approx 1,02^n \Rightarrow \boxed{n = \log_{1,02} 40 \approx 187}$$

Ответ:

$$\boxed{\frac{E_1}{E_2} = 1,02; \quad n = 187 \text{ раз}}$$



5193

3641

1	2	3	4	5	Σ
5	5	4	2	0	16

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 Москва

Дата 10. апреля 2019

\*\*\*\*\*

Вариант п

\*\*\*\*\*

### ЗАДАЧА № 1

Для расщепления ядер урана-235 используют тепловые нейтроны с энергиями порядка 0.025 эВ. (1 эВ =  $1.6 \cdot 10^{-19}$  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 свинца  $^{207}\text{Pb}$ ?

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) 15 % от массы поступившего на вход урана идет в отходы (обедненный уран) и далее не используется; 2) содержание  $^{235}\text{U}$  в отходах в 4 раза меньше содержания этого изотопа на входе 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 15.4 %. Какова масса  $^{235}\text{U}$  в оставшемся уране?

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 15 м. У инженера нашелся моток медной проволоки длиной 30 м, постоянный магнит, создающий магнитное поле с  $B=0.15$  Тл и имеющий длину 30 см, колесо с лопастями диаметром 50 см, 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? Изобразите схему устройства.

### ЗАДАЧА № 4

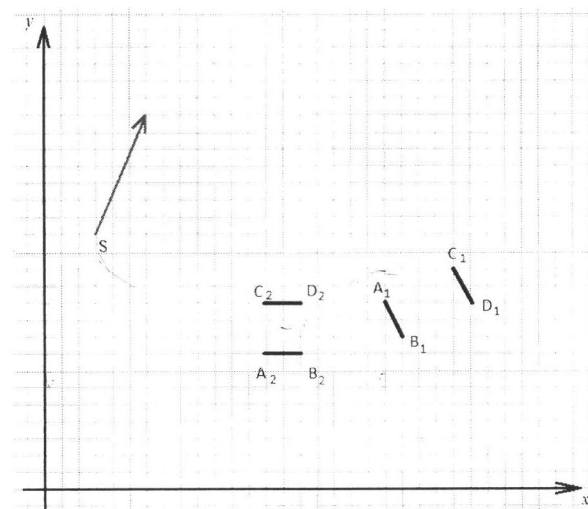
Известно, что большое количество АТФ синтезируется из молекул АДФ на АТФ-синтетазе. Энергия, необходимая для такой работы, получается за счет возникновения градиента концентрации протонов на промежутке между внутренней и внешней поверхностями мембраны митохондрии. Протоны, двигаясь в направлении этого градиента, попадают внутрь митохондрии через АТФ-синтетазу, приводят ее в движение и запускают таким образом синтез.

Рассчитайте разность количеств протонов (градиент) между внутренней и внешней поверхностями мембраны митохондрии, создающую электрическое поле, при работе которого по перемещению 12 протонов выделяется количество энергии, достаточное для превращения 3 молекул АДФ в АТФ. Можно считать, что протоны равномерно распределены по поверхности мембраны. Емкость мембраны  $C=0.5$  мкФ/см<sup>2</sup>, энергия необходимая для синтеза 1 молекулы АТФ на АТФ-синтетазе 12 ккал/моль, площадь поверхности мембраны  $5 \cdot 10^{-7}$  мкм<sup>2</sup>. АТФ-синтетаза работает практически со 100% эффективностью.

### 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 на 1, 0 или -1 только по одной из осей.
- 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*  
 С точки зрения механики система из нейтрона и ядра  $\Rightarrow$  замкнутая. Выходимое приближаем, электрическое поле (его взаимодействие) не учитываем (нейтрон — ду гравитации)  
 ЗВУ на ОН:

$$mv = Mv_2 - mv_1$$

Считаем, что  $M \approx 207m$ , тогда

$$mv = 207mv_2 - mv_1$$

$$v = 207v_2 - v_1$$

Suppose 2

Spent in - nuclear waste



2

$m_1$  - nuclear  $^{235}\text{U}$ ,  $m_2$  -  $^{238}\text{U}$

Therefore by neglecting  $\tau$  as 2 & given below

$$m_{\text{corrected}} = 0,85 m$$

$$m_{\text{original}} = 0,15 m$$

$$y \frac{m_1}{m_{\text{corrected}}} = \frac{m_1}{m}$$

$$m_1' + m_2'' = m_1$$

$$\frac{y m_1'}{0,15 m} = \frac{m_1}{m}$$

$$y m_1' = 0,15 m_1$$

$$80 m_1' = 3 m_1$$

$$m_1'' = m_1 - m_1' = m_1 - \frac{3}{80} m_1 = \frac{77}{80} m_1$$

$$\boxed{m_{\text{cor}} = \frac{77}{80} m_1} - 6 \text{ percentage } \tau \text{ to given below}$$

Spent in given below

$$m_{\text{cor}} = \left(\frac{77}{80}\right)^n \cdot 10$$

$$\Rightarrow \frac{m_{\text{cor}}}{m_{\text{new}}} = \frac{15,4}{100} = \left(\frac{77}{80}\right)^n \cdot \frac{10}{100}$$

$$15,4 = \left(\frac{77}{80}\right)^n \Rightarrow \boxed{n = 22}$$

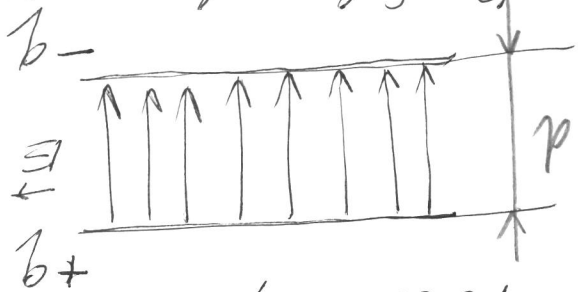
Spent 22 given below

$$= 28 (\text{kg})_{\text{current}} \Rightarrow m_{^{235}\text{U}} = 0,154 \cdot 28 = 4,34 (\text{kg})$$

Answer:  $\boxed{4,34 \text{ m.}}$

Задача 4

Рассчитайте



Плотность заряда на поверхности не зависит от расстояния от центра цилиндра -

используем формулу для заряда

или эквивалентно

или эквивалентно

или эквивалентно

или эквивалентно

или эквивалентно

или эквивалентно

или эквивалентно

или эквивалентно

или эквивалентно

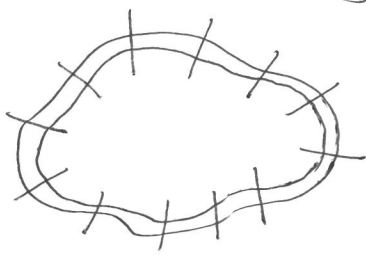
или эквивалентно

или эквивалентно

или эквивалентно

или эквивалентно

или эквивалентно



Рассчитайте

$$q = \sqrt{\frac{c}{3}}$$

$$\Sigma C_k = C_s \Rightarrow 3 \cdot \frac{1}{2} \frac{q^2}{\text{метр}} = 12 C_s \cdot q^2$$

$$q = \sqrt{\frac{3 C_s}{3}}$$

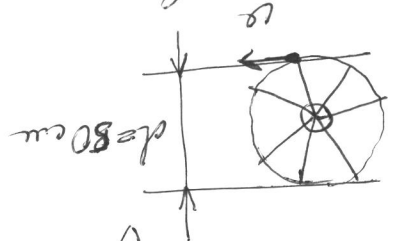
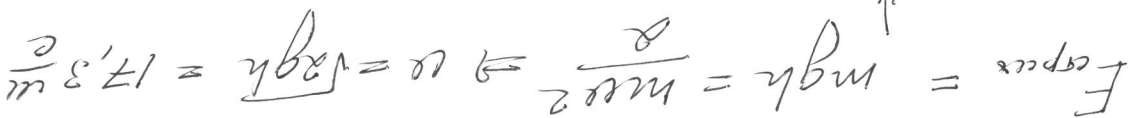
На поверхности цилиндра электрическое поле равно:

$$E = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{q}{S}$$

и - радиус цилиндра

$$\Delta n = \frac{2 \sqrt{3 C_s}}{3}$$

Spencer & Co. 1000

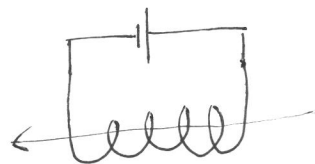


$$I = \frac{1}{2} m R^2 \Rightarrow F_{BP} = \frac{m R^2 \omega^2}{4} = \frac{m \omega^2}{4}$$
 (Gutachten, 200)

*(Faint handwritten notes at the bottom of the page)*



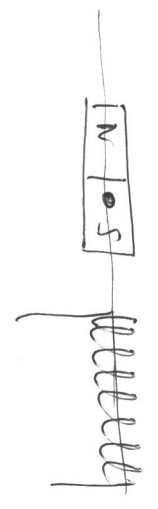




$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta \mathcal{E}}{\Delta t}$   $\mathcal{E}_{\text{ind}} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$   $\mathcal{E}_{\text{ind}} = \text{const}$ , in a constant magnetic field  $\mathcal{E}_{\text{ind}} = \frac{1}{R} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

from a circuit with a battery and a coil, we can see that the induced EMF is proportional to the rate of change of magnetic flux. This is the basic principle of electromagnetic induction. The induced EMF is given by the negative of the time derivative of the magnetic flux. The magnetic flux is the product of the magnetic field and the area of the coil. The induced EMF is proportional to the area of the coil and the rate of change of the magnetic field. The induced EMF is also proportional to the number of turns in the coil. The induced EMF is a scalar quantity, while the magnetic flux is a vector quantity. The induced EMF is a function of time, while the magnetic flux is a function of position. The induced EMF is a function of the rate of change of the magnetic flux, while the magnetic flux is a function of the magnetic field and the area of the coil. The induced EMF is a function of the number of turns in the coil, while the magnetic flux is a function of the magnetic field and the area of the coil. The induced EMF is a function of the rate of change of the magnetic flux, while the magnetic flux is a function of the magnetic field and the area of the coil. The induced EMF is a function of the number of turns in the coil, while the magnetic flux is a function of the magnetic field and the area of the coil.

1) Вид сверху



2) Вид сбоку



$$|E_{ind}| = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| ; \quad \frac{d\Phi}{dt} = \frac{B \cdot S \cdot D}{T^2} \cdot \frac{4BS}{\pi} \Rightarrow E_{ind} = \frac{4BS}{\pi}$$

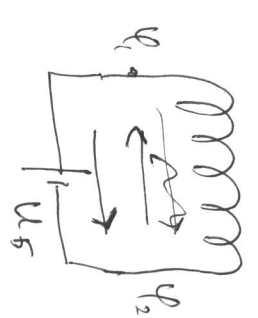
ЭДС и ток в контуре - и в катушке, и в проводах

$$R \cdot R_{DTR} = 30 \text{ мОм}$$

$$S = \pi R^2$$

$\Rightarrow$  необходимо рассчитать сопротивление катушки и сопротивление проводов.

Заметим, что  $S$ -устройство, и провода:



$E_{ind} = U_c = U_s$ , значит ток в катушке и в проводах одинаков.

и провода  $\Rightarrow U_s = \frac{4BS}{\pi} \cdot I$ , где  $I = \frac{R_{DTR}}{R}$

$$= \frac{2\pi \cdot 0,25}{17,8} = 0,009 \Rightarrow$$

$$U_s = \frac{4BS}{\pi} \cdot I, \text{ где } S\text{-устройство}$$

Ответ: см. рисунок  $\rightarrow$