

N1

$$T_1 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$$

$$T_2 = 60^\circ\text{C} = 279\text{K}$$

$$\psi_1 = 0,6$$

$$S = 25\text{м}^2$$

$$h = 2,5\text{м}$$

$$p_{\text{н.н.1}} = 2,328 \cdot 10^3 \text{Па}$$

$$p_{\text{н.н.2}} = 0,932 \cdot 10^3 \text{Па}$$

$$\Delta m = ?$$

$\psi_2 = 1$ , т.к. часть пара конденсировалась.

$$p_1 = \psi_1 \cdot p_{\text{н.н.1}}$$

$$p_2 = p_{\text{н.н.2}}$$

$$p_1 V = \frac{m_1}{M} RT_1$$

$$m_1 = \frac{p_1 V M}{RT_1} = \psi_1 p_{\text{н.н.1}} \frac{VM}{RT_1}$$

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{VM}{R} \left( \frac{\psi_1 p_{\text{н.н.1}}}{T_1} - \frac{p_{\text{н.н.2}}}{T_2} \right) =$$

$$= \frac{ShM}{R} \left( \frac{\psi_1 p_{\text{н.н.1}}}{T_1} - \frac{p_{\text{н.н.2}}}{T_2} \right) =$$

$$= \frac{25 \cdot 2,5 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^3}{8,31} \left( \frac{0,6 \cdot 2,328 \cdot 10^3}{293} - \frac{0,932 \cdot 10^3}{279} \right) =$$

$$= \frac{25 \cdot 2,5 \cdot 18}{8,31} (0,0018 - 0,0033) \cdot \frac{2,5 \cdot 25 \cdot 18 \cdot 0,0015}{8,31} \cdot \frac{62,5 \cdot 18 \cdot 0,0015}{8,31} \cdot \frac{1}{1} =$$

$$= 0,23 \text{ кг} \approx 230 \text{ г}$$

Ответ: 230 г.

N4 Пусть число молей газа уменьшится в  $x$  раз, тогда (27-я) кол-во газа, когда давление уменьшится. Т.к.  $p \propto \frac{1}{V}$  должно быть не больше  $p_1$ , то  $x$  будет максимумом, когда  $p_{\text{ср.}} = p_1$  составим ур-е:

Когда давление увеличится:

$$\left. \begin{array}{l} p_1 + \Delta p \\ p_1 + 2\Delta p \\ p_1 + 3\Delta p \\ \vdots \\ p_1 + x\Delta p \end{array} \right\} x \text{ раз}$$

Среднее



710' = 60

1	2	3	4	5	Σ
4	3	0	5	0	12

заполняется жюри!

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ

2019–2020

заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

10-11 класс

Город, в котором проводится Олимпиада Санкт-Петербург

Дата 01.03.2020

\*\*\*\*\*

Вариант М

\*\*\*\*\*

ЗАДАЧА №1

Температура в лаборатории за ночь опустилась с 20 до 6 градусов Цельсия. Вечером относительная влажность в лаборатории составляла 60%. Определите, какое количество воды сконденсируется к утру в лаборатории, если ее площадь 25 кв.м, а высота потолка 2,5 м? Давление насыщенного водяного пара при температуре 20°C составляет 2,328 кПа, а при 6°C — 0,932 кПа.

ЗАДАЧА №2

Оказавшемуся в лесу инженеру необходимо принять сигнал радиостанции, работающей на частоте 830 кГц (модуляция сигнала – амплитудная), однако его приемник был утерян. Поискав вокруг, инженер нашел несколько консервных банок, полиэтиленовые пакеты, кусок пластиковой трубы диаметром 5 см, а также большой (длиной около 100 м) моток проволоки. При себе у него оказались нож, наушники и полупроводниковый диод. Каким образом из имеющихся компонентов собрать устройство, обеспечивающее прием на данной частоте? Нарисуйте схему устройства и рассчитайте ее параметры.

Справочные данные: диэлектрическая проницаемость полиэтилена 2,3, толщина пленки около 0,2 мм, для индуктивности соленоида можно использовать формулу  $L = \mu_0 SN^2/l$ , где  $\mu = 1$  (в данном случае),  $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$  Гн/м,  $S$  – площадь витка,  $N$  – количество витков,  $l$  – длина катушки.



ЗАДАЧА №3

Известно, что существует связь между числом атомов углерода различного типа замещения в алканах и теплотой их образования.

1. Рассчитайте вклады каждой из групп атомов в энтальпию образования, используя приведенные в таблице значения энтальпий образования конкретных соединений.

Углеводород	Энтальпия образования, кДж/моль
1. Пропан	-103,8
2. 2,2-диметилбутан	-186,1
3. Изобутан	-134,2
4. Неопентан	-168,0

2. Используя полученные значения, определите энтальпии образования всех изомеров с формулой  $C_7H_{16}$ .

3. Определите, сжигание какого из изомеров состава  $C_7H_{16}$  в газообразном состоянии наиболее энергетически выгодно в случае использования его в качестве топлива.

4. Используя ответ, полученный в третьем задании, рассчитайте минимальный объем такого газообразного (при нормальных условиях) соединения, который потребуется для испарения 1 кг этанола, нагретого до  $25^{\circ}C$ . Считайте, что теплотемкость этанола не зависит от температуры и равна  $65,2 \text{ Дж/(моль} \cdot K)$ , а теплота его испарения при  $78^{\circ}C$  (температура кипения) составляет  $42 \text{ кДж/моль}$ . Энтальпии образования воды и углекислого газа равны  $-285,8 \text{ кДж/моль}$  и  $-393,5 \text{ кДж/моль}$  соответственно.

ЗАДАЧА №4

Маша измеряла атмосферное давление в течение 28 дней в одно и то же время, причем давление  $P_1$  в первый день измерения равнялось  $750 \text{ мм рт. ст.}$ . Оказалось, что несколько первых дней подряд измеряемое давление росло на одну и ту же величину  $\Delta P = 2 \text{ мм рт. ст.}$ , а затем все оставшиеся дни оно постепенно уменьшалось на ту же самую величину. Какое наибольшее количество дней могло расти давление для того, чтобы среднее за все 28 дней давление оказалось не больше, чем  $P_1$ ?

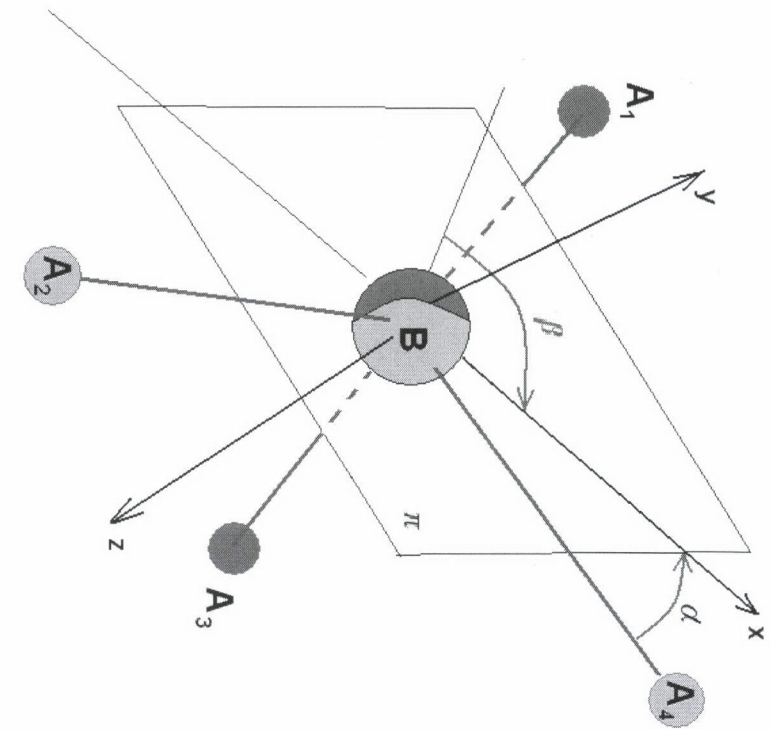
ЗАДАЧА №5

Современные химики работают с трехмерными структурами, поэтому все вычисления проводятся с моделями, которые тоже трехмерны. В силу этого, одной из важнейших задач вычислительной химии является построение трехмерной модели молекулы на основании её двумерной структуры. Для построения визуальной модели молекулы используются специальные программы, исходными данными для которых являются вычисленные трехмерные координаты атомов химических элементов, из которых состоит молекула (все атомы считаются точечными).

#include <bits/stdc++.h>

Напишите программный код, который генерирует трехмерные координаты гипотетической молекулы, имеющей следующие характеристики:

A) имеется плоскость  $\pi$  в которой располагается основной элемент молекулы (например водород в молекуле воды или углерод в молекуле  $CH_4$ ) – на рисунке такой элемент обозначен через B. Остальные элементы находятся в разных подпространствах относительно плоскости  $\pi$ , причем количество элементов в каждом подпространстве одинаково (четные элементы  $A_2$  и  $A_4$  и нечетные элементы  $A_1$  и  $A_3$  на рисунке);



B) задан угол  $\alpha$  (одинаковый для всех элементов A) между связью элемента A и элемента B и ее проекцией на плоскость  $\pi$ ;

Г) задан угол  $\beta$  – наименьший угол между проекциями на плоскость  $\pi$  связей элементов, расположенных с разной стороны от плоскости.

Д) задана длина связи A-B.

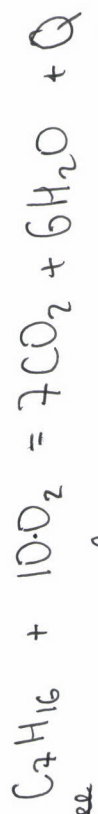
Входные данные поступают из файла **input.txt** в следующем виде:

- строка №1: число (четное) элементов типа A;
- строка №2: длина связи A-B;
- строка №3: угол  $\alpha$ .
- строка №3: угол  $\beta$ .

Файл с результатами работы программы (**output.txt**) должен содержать несколько строк, в каждой из которых, через пробел, должны быть указаны (в следующем порядке): химический элемент; координата X этого элемента, координата Y этого элемента, координата Z этого элемента. (Координаты округлять до 5 знака после запятой.)



N3 Для того, чтобы использовать изомер в качестве топлива  
будет происходить реакция Френка:



наиболее Энергетически выгодное сжигание - с выделением наибольшего кол-ва тепла.  $\Rightarrow$  наиболее выгодно будет сжигание изомера с наименьшей энтальпией образования (т.е.  $Q = \sum H_{пр} - \sum H_{реак}$ ).

4. Для испарения этанола нужно затратить энергию равную сумме энергий для нагрева ~~жидк~~ этанола до температуры испарения и для испарения всей массы этанола.

Значит  $Q = \frac{m}{M} c \Delta t + \lambda \frac{m}{M}$  - необходимая нам энергия для испарения одного моль этанола

Теплота сжигания гентана равна  $q = 6 \cdot H(H_2O) + 7 \cdot H(CO_2) - H(C_7H_{16})$

~~или~~ ~~по~~ ~~необходимой~~ ~~Q = q \cdot V~~

$$V = \frac{V}{V_n} \text{ (где } V_n = 22,4 \text{ л/моль)} \Rightarrow \text{требуемый объем этанола будет}$$

$$\text{равен } V = \frac{Q}{q} \cdot V_n$$

$$m(c \Delta t + \lambda) = q \cdot V$$

$$V = \frac{m(c \Delta t + \lambda)}{6H(H_2O) + 7H(CO_2) - H(C_7H_{16})} = 1 \text{ л}$$

$$\frac{m}{M} (c \Delta t + \lambda) = q \cdot V$$

из сжигания одного моль гентана получается  $6 \cdot H(H_2O) + 7 \cdot H(CO_2) - H(C_7H_{16})$  Дж.  
для испарения одного моль этанола требуется  $(c \Delta t + \lambda)$  Дж

всего нам нужно испарить  $\frac{m}{M}$  моль этанола, т.е. нужно

$$\frac{m}{M} (c \Delta t + \lambda) \text{ Дж.}$$

Для этого нам нужно потратить 1 моль  $C_7H_{16}$  т.е.  $(6 \cdot H(H_2O) + 7 \cdot H(CO_2) - H(C_7H_{16}))$  Дж.

~~или~~ Молярная масса этанола равна  $M = 2 \cdot 14 \text{ г/моль} + 16 \text{ г/моль} + 5 \cdot 1 \text{ г/моль} = 49 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Гр. N3



и предложение:

когда габариты-ми:

$$P_1 + x \Delta P - \Delta P$$

$$P_1 + x \Delta P - 2 \Delta P$$

$$P_1 + x \Delta P - (27 - x) \Delta P$$

$(27 - x) \Delta P$

тогда предположение.

$$P_1 + P_1 + \Delta P + \dots + P_1 + x \Delta P + P_1 + x \Delta P - \Delta P + P_1 + x \Delta P - 2 \Delta P + \dots + P_1 + x \Delta P - (27 - x) \Delta P$$

28

$$= P_1$$

$$\frac{P_1 + P_1 + x \Delta P}{2} (x + 1) + \frac{(P_1 + x \Delta P - \Delta P) + (P_1 + x \Delta P - (27 - x) \Delta P)}{2} (27 - x) = 28 P_1$$

$$(2 P_1 + x \Delta P) (x + 1) + \Delta P (3x - 28) (27 - x) = 28 \cdot 2 P_1$$

$$2 P_1 x + 2 P_1 + x^2 \Delta P + x \Delta P + \Delta P (81x - 3x^2 - 28 \cdot 27 + 28x) = 28 \cdot 2 P_1$$

$$2 P_1 x + \Delta P (x^2 + x + 81x - 3x^2 - 28 \cdot 27 + 28x) = 2 \cdot 27 P_1$$

$$28 P_1 + \frac{\Delta P + x \Delta P}{2} (x) + \frac{(P_1 + x \Delta P - \Delta P) + (P_1 + x \Delta P - (27 - x) \Delta P)}{2} (27 - x) = 28 P_1$$

$$\Delta P (1 + x) x + \Delta P (x - 1 + x - 27 + x) (27 - x) = 0 \quad (\Rightarrow) x_{\max} = \frac{55 - \sqrt{1513}}{2} \approx 2$$

$$x + x^2 + (3x - 28) (27 - x) = 0 \quad \approx \frac{55 - 39}{2} \approx 8$$

$$x^2 + x + 27 \cdot 3x - 3x^2 - 28 \cdot 27 + 28x = 0 \quad \text{отбросив } \frac{55 - \sqrt{1513}}{2} \text{ и } 8 \text{ габаритов.}$$

$$-2x^2 + 110x - 756 = 0 \quad 38 < \sqrt{1513} < 39$$

$$x^2 - 55x + 378 = 0 \quad \frac{55 + \sqrt{1513}}{2} > 28 \quad (\Rightarrow)$$

$$x = \frac{55 \pm \sqrt{55^2 - 4 \cdot 378}}{2} = \frac{55 \pm \sqrt{1513}}{2}$$



продолжение №2

$$\frac{1}{(830)^2 \cdot 10^6 \gamma_y} = \frac{k \cdot \varepsilon_0 \cdot 2,3 \cdot 0,01 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 75 \cdot 10^4 \cdot 108900}{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 108900} \gamma_y$$

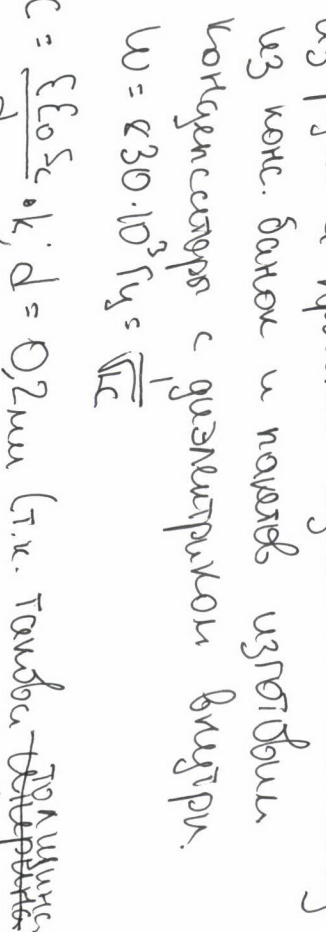
$$\frac{1}{(830)^2 \cdot 10} = \frac{k \cdot \varepsilon_0 \cdot 2,3 \cdot 0,01 \cdot 1,26 \cdot 75 \cdot 108900}{0,2}$$

$$k = \frac{0,2}{830^2 \cdot 10 \cdot 2,3 \cdot 0,01 \cdot 1,26 \cdot 75 \cdot 108900} \cdot 10$$

=

$$D_X/\mu\text{m}^2 \cdot k \cdot 326\text{K} + 42.1$$

Түр



устройство конуса  
а также устройство  
картуса башни.

(T.K. Tando ~~Thapa~~  
house)

one by the former, the  
other by the latter, so as

and, to get  
and ~~the~~ m

burned

OLD'N'Z 3/11/20

$$\frac{75 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 330^2}{\text{m}^2} \quad (n)$$