



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Гагарочкин Виталий Александрович**

Класс: **9**

Технический балл: **82**

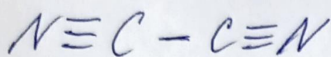
Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

10077972	1 Всё верно. Итог: 10 баллов
	2 Всё верно. Итог: 15 баллов
	3 Решения нет; 0 баллов
	4 Ошибка в вычислении средней энергии связи; итого: 12 баллов
	5 Всё верно. Итого: 20
	6 Всё верно. 25 баллов
	Итого: 82 балла

Спиридонов ВВ

Задача 1.

Пример:



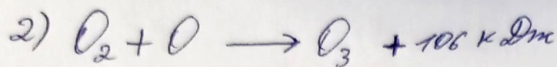
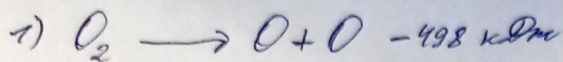
В данной молекуле $7 \cdot 2 + 6 \cdot 2 = 26$ электронов.

Значит в данной молекуле можно выделить 7 "одинарных" связей, в каждой "одинарной" связи задействовано 2 электрона.

\Rightarrow В образовании химических связей участвуют $7 \cdot 2 = 14$ электронов.

Ответ: всего 26 электронов, 14 электронов участвуют в образовании химических связей.

Задача 4.



Пусть Q - это теплота образования 1 моль озона из молекулярного кислорода.

Для образования 1 моль озона в реакцию 2) должно поступить 1 моль O_2 и 1 моль атомов O , при этом выделится 106 кДж теплоты.

Для образования ~~1 моль~~ 1 моль атомов O необходимо 0,5 моль O_2 , при этом необходимо затратить $\frac{-Q_1}{2} = \frac{498 \text{ кДж}}{2} = 249 \text{ кДж}$.

$$\Rightarrow Q = 106 \text{ кДж} - 249 \text{ кДж} = -143 \text{ кДж}.$$

Пусть Q' - это средняя энергия связи $O \dots O$ в молекуле O_3 .

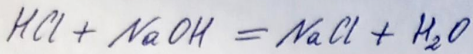
Теплота образования 1 моль атомов O составляет $\frac{Q_1}{2} = -249 \text{ кДж}$.

~~$$\Rightarrow Q' = Q_2 \Rightarrow Q' = Q_2 - \frac{Q_1}{2} = 106 \text{ кДж} + 249 \text{ кДж} = 355 \text{ кДж}.$$~~

$$\text{Ответ} \Rightarrow Q' = \frac{Q_2 - \frac{Q_1}{2}}{1 \text{ моль}} = \frac{106 \text{ кДж} + 249 \text{ кДж}}{1 \text{ моль}} = 355 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Ответ: теплота образования 1 моль O_3 из молекулярного кислорода равна -143 кДж; средняя энергия связи $O \dots O$ в молекуле O_3 равна $355 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

Задача 5.



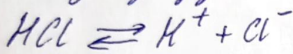
В данную реакцию вступают равные кол-ва HCl и NaOH.

Поскольку при смешивании ~~данных~~ растворов в объемном соотношении 4:3 образуется нейтральный раствор, то в данном случае HCl и NaOH полностью прореагировали.

$$\Rightarrow V(\text{HCl}) \cdot c_1 = V(\text{NaOH}) \cdot c_2$$

$$\Rightarrow \frac{c_1}{c_2} = \frac{V(\text{NaOH})}{V(\text{HCl})} \Rightarrow \frac{c_1}{c_2} = \frac{3}{4} \Rightarrow c_1 = \frac{3}{4} c_2$$

При смешивании растворов в объемном соотношении 3:2 ~~и~~ HCl в избытке, поэтому образуется кислая среда $\text{pH} < 7$.



$$\Rightarrow n(\text{H}^+) = n(\text{HCl})_{\text{ост}}, \text{ где } n(\text{HCl})_{\text{ост}} - \text{кол-во не прореагировавшего HCl.}$$

~~В данном случае~~ $V(\text{HCl}) =$

Пусть суммарный объем растворов равен V .

Тогда в данном случае $V(\text{HCl}) = \frac{3}{5} V$, $V(\text{NaOH}) = \frac{2}{5} V$.

$$\text{Тогда } n(\text{HCl}) = V(\text{HCl}) \cdot c_1 = \frac{3}{5} V \cdot c_1 = \frac{9}{20} V c_2,$$

$$n(\text{NaOH}) = V(\text{NaOH}) \cdot c_2 = \frac{2}{5} V \cdot c_2$$

$$\Rightarrow n(\text{H}^+) = n(\text{HCl}) - n(\text{NaOH}) = \frac{1}{20} V c_2$$

$$\Rightarrow c(\text{H}^+) = \frac{n(\text{HCl}) - n(\text{NaOH})}{V} = \frac{1}{20} c_2 = 0,1 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \Rightarrow c_2 = 2 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \Rightarrow c_1 = 1,5 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Возьмем $V_1 = 1 \text{ л}$, тогда $V_1(\text{HCl}) + V_1(\text{NaOH}) = 1 \text{ л}$.

$$\text{Тогда } V_1(\text{HCl}) \cdot c_1 - V_1(\text{NaOH}) \cdot c_2 = 1 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 1 \text{ л} = 1 \text{ моль}$$

$$\begin{cases} V_1(\text{HCl}) + V_1(\text{NaOH}) = 1 \\ V_1(\text{HCl}) \cdot c_1 - V_1(\text{NaOH}) \cdot c_2 = 1 \end{cases} \Rightarrow V_1(\text{NaOH}) = 1 - V_1(\text{HCl})$$

$$\Rightarrow 1,5 V_1(\text{HCl}) - 2(1 - V_1(\text{HCl})) = 1$$

$$1,5 V_1(\text{HCl}) - 2 + 2 V_1(\text{HCl}) = 1$$

$$\Rightarrow 3,5 V_1(\text{HCl}) = 3$$

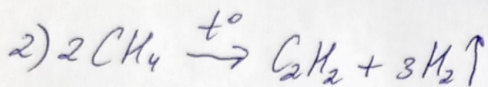
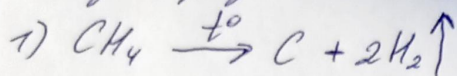
$$\Rightarrow V_1(\text{HCl}) = \frac{6}{7} \text{ л} \Rightarrow V_1(\text{NaOH}) = \frac{1}{7} \text{ л}$$

\Rightarrow Исходные растворы нужно смешать в соотношении $\frac{6}{7} : \frac{1}{7} = 6:1$.

Ответ: в соотношении 6:1.

Задача 2.

Пути разложения метана:



Пусть изначально в камере реакторе было 1 моль метана.

Пусть x моль метана превратилось в сажу, а y моль - в ацетилен.

$$n = \frac{pV}{RT} \Rightarrow p = \frac{nRT}{V}$$

\Rightarrow Давление в реакторе постоянно было прямо пропорционально ка-во вещества газв в нём.

\Rightarrow После разложения ка-во вещества в газобуржанах составили в реакторе составило 1 моль $\cdot 1,6 = 1,6$ моль.

В случае \uparrow разложения по пути 1) образовалось $2x$ моль водорода,

в случае разложения по пути 2) образовалось $\frac{1}{2}y$ моль C_2H_2 и $\frac{3}{2}y$ моль H_2 , т.е. суммарно $\frac{1}{2}y + \frac{3}{2}y = 2y$ (моль) газв.

Составим уравнение:

$$1 - (x+y) + 2x + 2y = 1,6$$

$$\Rightarrow 1 + (x+y) = 1,6$$

$$\Rightarrow x+y = 0,6 \quad \Rightarrow y = 0,6 - x$$

Зная молярная масса смеси газв равна $M(\text{H}_2) \cdot 3,5 = 7$ ($\frac{\text{г}}{\text{моль}}$).

Запишем уравнение для молярной массы ~~смеси газв~~ смеси газв:

$$M_{\text{смеси}} = \frac{m_{\text{смеси}}}{n_{\text{смеси}}} = \frac{M(\text{CH}_4) \cdot (1 - (x+y)) + M(\text{H}_2) \cdot 2x + M(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot \frac{y}{2} + M(\text{H}_2) \cdot \frac{3}{2}y}{1,6} = 7 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль}} \right)$$

$$\Rightarrow 16 \cdot (1 - 0,6) + 2 \cdot 2x + 26 \cdot \frac{y}{2} + 2 \cdot \frac{3}{2}y = 11,2$$

$$\Rightarrow 6,4 + 4x + 16y = 11,2$$

$$\Rightarrow 6,4 + 4x + 16(0,6 - x) = 11,2$$

$$\Rightarrow 6,4 + 4x + 9,6 - 16x = 11,2$$

$$-12x = 4,8$$

$$\Rightarrow x = 0,4 \quad y = 0,2$$

\Rightarrow 0,4 моль метана превратилось в сажу, это $\frac{0,4}{1} = 40\%$; 0,2 моль метана превратилось в ацетилен, это $\frac{0,2}{1} = 20\%$.

Ответ: 40% метана превратилось в сажу, 20% метана - в ацетилен. Лист 4.

Задача 6.

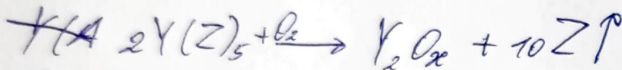
Исходя из того, что вещество X - комплекс, в котором Y имеет степень окисления 0 и $\neq 5$, можно предположить, что X имеет формулу $Y(A)_5$, где A - какое-то вещество.

Такие реакции:



$\Rightarrow X - \text{это } Y(Z)_5$

При нагревании в атмосфере кислорода:



В данном случае скорее всего $x = 2, 3$ или 4 .

Исходя из приведенной массы каждого молярную массу металла Y:

~~$x = 2$~~

$$\frac{M(YO)}{M(Y)} = \frac{8,86}{6,2}$$

$\Rightarrow M(Y) \approx 37$ - такого металла нет

$$\frac{M(Y_2O_3)}{2M(Y)} = \frac{8,86}{6,2}$$

$\Rightarrow M(Y) \approx 56$ - это Fe

~~$x =$~~

$x = 4$

$$\frac{M(YO_2)}{M(Y)} = \frac{8,86}{6,2}$$

$\Rightarrow M(Y) \approx 44$ - такого металла нет

$\Rightarrow Y - \text{это железо (Fe)}$

Из условия ясно, что Z - это бинарное вещество, содержащее галоген.

Найдем молярную массу Z:

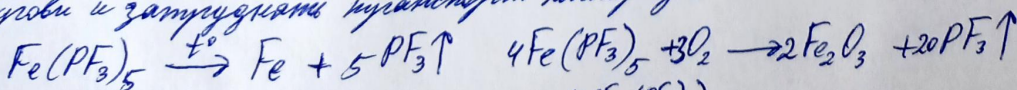
$$M(Z) = \frac{M(Y) \cdot 8,86 - M(Y)}{5} \approx 88 \left(\frac{2}{\text{моль}} \right)$$

Тогда скорее всего Z - это соединение какого-то элемента с фтором.

\Rightarrow Скорее всего Z - это PF_3 , $M(PF_3) = 31 + 19 \cdot 3 = 88 \left(\frac{2}{\text{моль}} \right)$

$\Rightarrow X - \text{это } Fe(PF_3)_5$

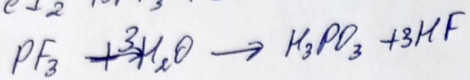
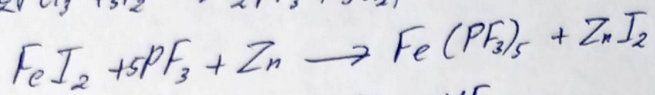
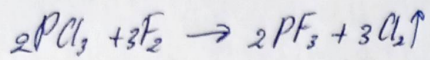
Вещество PF_3 довольно, поскольку способно связываться с железом, поэтому в пробирке и затрудняется кристаллизироваться кислородом.



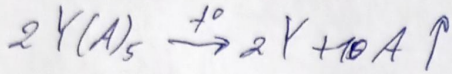
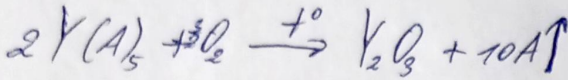
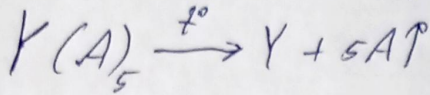
$$\frac{M(Fe(PF_3)_5)}{M(Fe)} \approx 8,86$$

$$\frac{2M(Fe(PF_3)_5)}{M(Fe_2O_3)} = 6,2$$

Задача 6 (выполнение).



Упробав



$$\frac{M(Y_2O_3)}{2M(Y)} = \frac{8,86}{6,2} \quad 2M(Y) + 48 = \frac{2,86 M(Y)}{0,43 M(Y)}$$

$$0,86 M(Y) = 48$$

$$M(Y) \approx 55,8$$

Y - Fe

$$\frac{M(YO)}{M(Y)} = \frac{8,86}{6,2}$$

$$M(Y) + 32 = 1,43 M(Y)$$

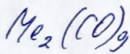
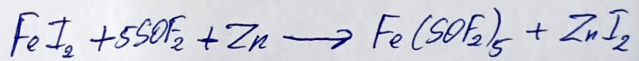
74,5

$$\frac{M(YO)}{M(Y)} = \frac{8,86}{6,2}$$

$$M(Y) + 32 = 1,43 M(Y)$$

37

56		99
112	594	61
		Cl ₂ 28



$$\frac{2M(Me) + 9M(CO)}{2M(Me)} = 1,43$$

COCl₂

$$2M(Me) + 9M(CO) = 2,86M(Me)$$

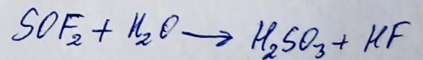
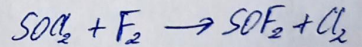
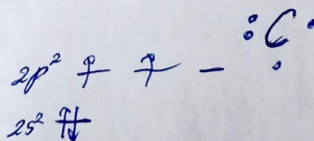
$$0,86M(Me) = 9M(CO)$$

$$M(Me) =$$

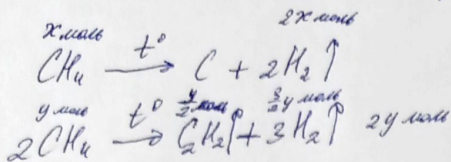
$$\frac{1,43 M(Me)}{0,43 M(Me)} =$$

$$\frac{M(Me) + 5M(CO)}{M(Me)} = 1,43$$

M(Me)



Чепуров



$\frac{1}{2}$ моль

$$\begin{aligned}
 1 - (x+y) + (2x+2y) &= 1,6 \\
 1 + (x+y) &= 1,6 \\
 x+y &= 0,6 \text{ моль}
 \end{aligned}$$

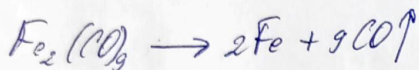
~~1,6~~

$$\frac{M(\text{CH}_4) \cdot (1-y) + M(\text{H}_2) \cdot 2x + M(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot \frac{y}{2} + M(\text{H}_2) \cdot \frac{3y}{2}}{1,6} =$$

$$H - C \equiv C - R$$

$$\# N \equiv C - C \equiv N$$

~~1,6~~



$$46 \cdot 0,4 + 2 \cdot 2x + 26 \cdot \frac{y}{2} + 2 \cdot \frac{3}{2}y = 11,2$$

$$6,4 + 4x + 13y + 3y = 11,2$$

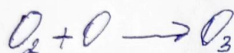
$$6,4 + 4x + 16y = 11,2$$

$$6,4 + 4x + 16(0,6 - x) = 11,2$$

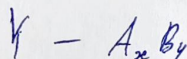
$$6,4 + 4x + 9,6 - 16x = 11,2$$

$$12x = 4,8$$

$$x = 0,4 \quad y = 0,2$$



12:5



$$\frac{M(A) \cdot x}{M(B) \cdot y} = \frac{12}{5}$$

$$12:5 = 24:10 = 36:15 = 48:20 = 60:25 = 72:30 = 84:35 =$$

~~84:35~~

74,5 RbCl

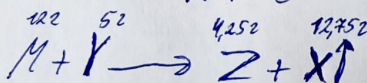
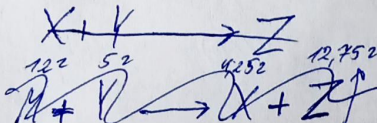
$$y=1$$

M(B)
B

M(A)

$$6:5 = 12:10 = 18:15 = 24:20 =$$

$$= 30:25 = 36:30$$



$$4:5 = 8:10 = 12:15 =$$

$$= 16:20 = 24:30 = 24:30 =$$

$$= 28:35 = 32:40 =$$

$$= 36:45 =$$

Черновик

~~Y(AO)₅~~ Y(AK₃)₅₂

~~9 + 17.5 = 9 + 85 = 94~~

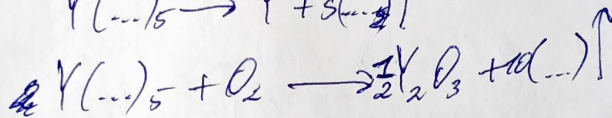
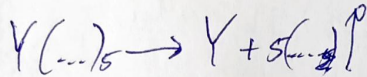
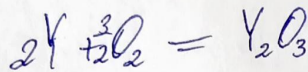
§ $\frac{Y_2O_3}{2Y} = \frac{8,86}{6,2} = 1,43$

$2M(Y) + 48 = \overset{2,86}{443} M(Y)$



~~0,54~~ 0,86 M(Y) = 48

	55,8		
Fe ₂ O ₃	Fe	440	
		88	

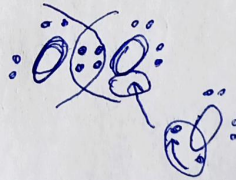


88

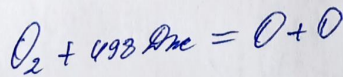
$n = \frac{pV}{RT}$

$\rightarrow p = \frac{nRT}{V}$

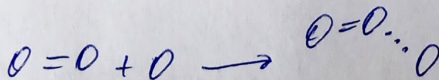
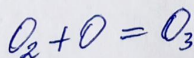
28 + 38 = 66



498 Dmc ← Dmc max



$0 = 0$



Задача

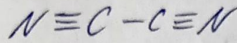


~~V(100)~~

$$V(\text{HCl}) \cdot c_1 = V(\text{NaOH}) \cdot c_2$$

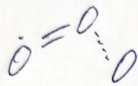
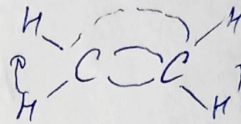
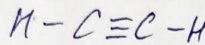
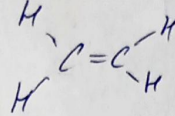
~~0.2~~

$$\Rightarrow \frac{c_1}{c_2} = \frac{V(\text{NaOH})}{V(\text{HCl})}$$



$$\Rightarrow \frac{c_1}{c_2} = \frac{3}{4} \Rightarrow c_1 = \frac{3}{4} c_2 \quad c_1 = \frac{3}{4} c_2 \quad c_2 = \frac{4}{3} c_1$$

$$c_1 \cdot V(\text{HCl}) \quad c_2 \cdot V(\text{NaOH})$$



$$\text{Mg}(\text{CO})_5 \xrightarrow{+0} \text{Mg} + 5\text{CO} \quad n(\text{HCl}) = V(\text{HCl}) \cdot c_1 = \frac{3}{5} V \cdot c_1 = \frac{9}{20} V c_2$$

$$n(\text{NaOH}) = V(\text{NaOH}) \cdot c_2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{2}{5} V c_2 = \frac{8}{15} V c_2$$

$$\text{Y}(\text{CO})_5 \xrightarrow{+0} \text{Y} + 5\text{CO} \quad n(\text{H}^+) = n(\text{HCl})_{\text{осн}} = \frac{2}{5} V c_2$$

$$= n(\text{HCl}) - n(\text{NaOH}) = \frac{1}{20} V c_2 = \frac{0.1 \cdot \text{моль}}{\text{л}}$$

~~4(Y)~~
~~4(Y) + 140~~

$$\Rightarrow C(\text{H}^+) = \frac{\frac{1}{20} V c_2}{V} = \frac{1}{20} c_2 = \frac{0.1 \cdot \text{моль}}{\text{л}}$$

$$\Rightarrow c_2 = 2 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \quad \Rightarrow c_1 = 1.5 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$\frac{M(\text{Y}) + 5M(\text{CO})}{M(\text{Y})} = 8.86$$

$$\frac{M(\text{Y}) + 5 \cdot 28}{M(\text{Y})} = 8.86$$

$$\frac{M(\text{Y}) + 140}{M(\text{Y})} = 8.86$$

$$M(\text{Y}) + 140 = 8.86 M(\text{Y})$$

$$7.86 M(\text{Y}) = 140$$

$$M(\text{Y}) \approx 17.7$$

$$V_1 + V_2 = 1 \text{ л}$$

$$V_1 c_1 - V_2 c_2 = n(\text{H}^+) = 1 \text{ моль}$$

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = 1 \\ V_1 c_1 - V_2 c_2 = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = 1 & V_2 = 1 - V_1 \\ 1.5V_1 - 2V_2 = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1.5V_1 - 2(1 - V_1) = 1 \\ 1.5V_1 - 2 + 2V_1 = 1 \end{cases}$$

$$3.5V_1 = 3$$

$$V_1 = \frac{3}{3.5} = \frac{6}{7} (\text{л}) \Rightarrow V_2 = \frac{1}{7} (\text{л})$$

$$5 \cdot 44 = 220$$

6:1