

## ОЦЕНОЧНЫЕ КРИТЕРИИ III ЭТАПА ОЛИМПИАДЫ ПО ХИМИИ

2020-2021

День 2

### Теоретическая проблема 1. Некоторые вопросы общей и органической химии

#### Тема: Амины

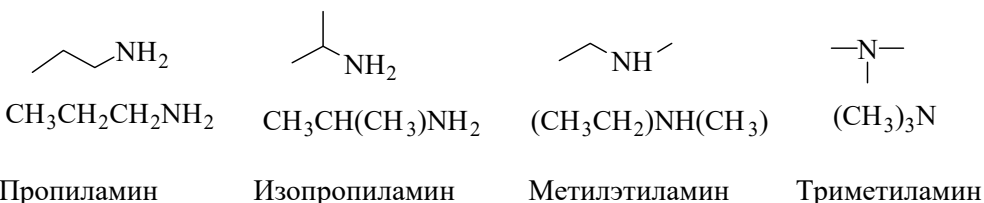
При сжигании образца органического амина образовалось 4,05 грамма воды и выделилось 3,92 литра (н.у.) смеси газов, в которой объемная доля углекислого газа составила 85,7%.

*Задание 1.1. Какова простейшая молекулярная формула и масса образца сожженного органического амина, учитывая, что реакция прошла со 100% выходом продуктов?*

*(5 баллов)*

№	Действие	Баллы
1	$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})}$ $n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}); \quad n(\text{H}) = 2 \text{ моль} \cdot \frac{4,05 \text{ г}}{18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}} = \mathbf{0,45 \text{ моль}}$ $m(\text{H}) = 0,45 \text{ моль} \cdot \frac{1 \text{ г}}{1 \text{ моль}} = \mathbf{0,45 \text{ г}}$	1
2	$V(\text{CO}_2) = 3,92 \text{ л} \cdot 0,857 = 3,36 \text{ л}$ $n(\text{CO}_2) = 3,36 \text{ л} \cdot \frac{1 \text{ моль}}{22,4 \text{ л}} = 0,15 \text{ моль};$ $n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = \mathbf{0,15 \text{ моль}}$ $m(\text{C}) = 0,15 \text{ моль} \cdot \frac{12 \text{ г}}{1 \text{ моль}} = \mathbf{1,80 \text{ г}}$	1
3	$V(\text{N}_2) = 3,92 \text{ л} - 3,36 \text{ л} = 0,56 \text{ л}$ $n(\text{N}_2) = 0,56 \text{ л} \cdot \frac{1 \text{ моль}}{22,4 \text{ л}} = 0,025 \text{ моль}$ $n(\text{N}) = 2n(\text{N}_2); \quad n(\text{N}) = 2 \cdot 0,025 \text{ моль} = \mathbf{0,05 \text{ моль}}$ $m(\text{N}) = 0,05 \text{ моль} \cdot \frac{14 \text{ г}}{1 \text{ моль}} = \mathbf{0,70 \text{ г}}$	1
4	$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) = 0,15 : 0,45 : 0,05 = 3 : 9 : 1$ <p><b>Формула: C<sub>3</sub>H<sub>9</sub>N</b></p>	1
5	<p><b>Масса сожженного образца амина:</b></p> $m(\text{образца}) = m(\text{C}) + m(\text{H}) + m(\text{N}) = 1,80 + 0,45 + 0,70 = \mathbf{2,95 \text{ грамма}}$	1

*Задание 1.2. Напишите структурные формулы четырех изомеров этого соединения в соответствующих местах и назовите их. (4 балла)*



1 балл

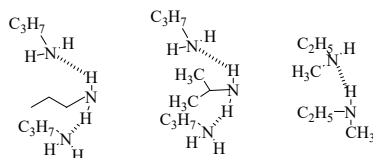
1 балл

1 балл

1 балл

*Задание 1.3. Температура кипения этих изомеров лежит в диапазоне от 3<sup>0</sup>С до 48<sup>0</sup>С. Какой из этих изомеров имеет температуру кипения 3<sup>0</sup>С, а какой 48<sup>0</sup>С. Поясните свой выбор, исходя из оценки возможности образования межмолекулярных связей (3 балла)*

Ответ связан с числом атомов водорода в молекуле амина, способных образовывать водородные связи с другими молекулами. Полное их отсутствие, как в триметилаmine, приводит к невозможности образования водородных связей между молекулами. Поэтому триметиламин имеет наименьшую температуру кипения (3<sup>0</sup>С). Наибольшее число подвижных атомов водорода имеет пропиламин и изопропиламин, но изопропиламин содержит разветвленный радикал, который создает препятствие для образования водородных связей, поэтому следует ожидать, что наиболее высокую температуру кипения имеет пропиламин.

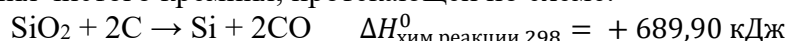


**Тема: Термодинамические характеристики реакции**

Термодинамические параметры	SiO <sub>2</sub>	C	Si	CO
Энтальпия образования, $\Delta H_{298}^0$ (кДж · моль <sup>-1</sup> )	<b>- 910,90</b>	0	0	-110,50
Энтропия, $\Delta S_{298}^0$ , Дж/(моль · К)	41,80	5,70	18,80	197,50

**Задание 1.4. (4 балла)**

Пользуясь приведенными выше справочными данными термодинамических параметров реакции получения чистого кремния, протекающей по схеме:



- а) определите энтальпию образования оксида кремния ( $\Delta H_{298}^0(\text{SiO}_2)$  кДж · моль<sup>-1</sup>) и внесите полученное значение в соответствующую ячейку приведенной выше таблицы;  
 б) вычислите изменение энтропии в результате этой реакции ( $\Delta S_{298}^0$  ( $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ ))

**Задание 1.5. (8 баллов)**

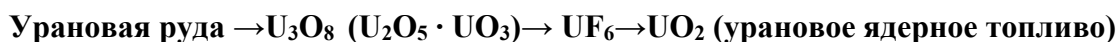
- а) Определите изменение энергии Гиббса ( $\Delta G_{298}^0$  кДж · моль<sup>-1</sup>) в результате этой реакции при 25°C.  
 б) Оцените возможность самопроизвольного протекания этой реакции при 25°C.  
 в) При какой температуре реакция получения кремния начинает протекать **самопроизвольно**? Дайте пояснения.

**\*\*Все расчеты в заданиях 1.4. и 1.5. ведите с округлением до сотых.**

№	Действие	Балл
1.4 (а)	$\Delta H_{\text{x.p.}}^0 = 2 \cdot \Delta H_{298}^0(\text{CO}) - \Delta H_{298}^0(\text{SiO}_2)$ ; $\Delta H_{\text{x.p.}}^0(\text{SiO}_2) = 2 \cdot (-110,5) - 689,90 = -910,90 \text{ кДж/моль}$	2
1.4 (б)	$\Delta S_{\text{x.p.}}^0 = [2 \cdot \Delta S_{298}^0(\text{CO}) + \Delta S_{298}^0(\text{Si})] - [\Delta S_{298}^0(\text{SiO}_2) + 2 \cdot \Delta S_{298}^0(\text{C})]$ ; $\Delta S_{\text{x.p.}}^0 = [(2 \cdot 197,50) + 18,80] - [41,8 + (2 \cdot 5,70)]$ $= 360,60 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$	2
1.5 (а)	$\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{\text{x.p.}}^0 - T \Delta S_{\text{x.p.}}^0$ ; Выражаем $\Delta S_{298}^0 = 360,60 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} = 0,36 \text{ кДж/(моль} \cdot \text{К)}$ $\Delta G_{298}^0 = 689,90 \text{ кДж} - (298 \text{ К} \cdot 0,36 \text{ кДж}) = + 582,62 \text{ кДж}$	2
1.5 (б)	Исходя из того, что при постоянстве температуры и давления химические реакции могут самопроизвольно протекать только в таком направлении, при котором энергия Гиббса системы уменьшается ( $\Delta G < 0$ ), то положительный знак $\Delta G_{298}^0 = + 582,62 \text{ кДж}$ означает, что при 25°C невозможно самопроизвольное протекание в прямом направлении данной химической реакции.	3
1.5 (в)	Чтобы получить $\Delta G < 0$ при $\Delta H_{\text{x.p.}}^0 > 0$ , необходимо, чтобы абсолютное значение второго члена в уравнении для энергии Гиббса $T \Delta S$ превышало значение $\Delta H_{\text{x.p.}}^0$ . $T = \frac{689,90 \text{ кДж}}{0,36 \text{ кДж}} = 1916,39 \text{ К} (1643,39^\circ\text{C})$ Температура, при которой $\Delta G$ приобретает отрицательные значения и данная реакция начинает самопроизвольно протекать в прямом направлении должна быть <b>выше 1916,39 К</b> .	3

## Теоретическая проблема 2 Урановое ядерное топливо

(А) Синтез уранового ядерного топлива в России проводят по схеме:



*Информация.* Для получения гексафторурана закись-окись урана  $\text{U}_3\text{O}_8 (\text{U}_2\text{O}_5 \cdot \text{UO}_3)$  обрабатывается в пламени газов фтора и водорода. В этих условиях последовательно проходят два типа реакций:

- (1) окислительно-восстановительная реакция с участием одного из оксидов урана в составе  $\text{U}_3\text{O}_8$  с образованием  $\text{UF}_6$ , фтороводорода и воды;
- (2) реакция обмена второго оксида урана в составе  $\text{U}_3\text{O}_8$  с плавиковой кислотой, которая образовалась в реакции (1).

**Задание 2.1. (6 баллов)**

Используя вышеприведенную информацию, заполните соответствующие места в таблице 1

Таблица 1. Получение гексафторурана ( $\text{UF}_6$ )

Действие	Уравнения/ Ответы на вопросы	Балл												
Используя метод электронного баланса, найдите коэффициенты в уравнении реакции (1)	$\text{U}_2\text{O}_5 + 6\text{H}_2 + 7\text{F}_2 \rightarrow 2\text{UF}_6 + 2\text{HF} + 5\text{H}_2\text{O}$	1												
<p>Напишите уравнение полуреакции окисления</p> <p>Напишите уравнение полуреакции восстановления</p> <p>Баланс по электронам (сложение уравнений полуреакций с учетом множителей)</p>	<table style="border-collapse: collapse; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;"><math>2\text{U}^{+5} - 2\text{e} \rightarrow 2\text{U}^{+6}</math></td> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">- 4e</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">x 1</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;"><math>\text{H}_2 - 2\text{e} \rightarrow 2\text{H}^+</math></td> <td style="border-right: 1px solid black;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;"><math>\text{F}_2 + 2\text{e} \rightarrow 2\text{F}^-</math></td> <td style="border-right: 1px solid black; text-align: center;">+ 2 e</td> <td style="text-align: center;">x 2</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black; padding: 5px;"><math>2\text{U}^{+5} + \text{H}_2 + 2\text{F}_2 \rightarrow 2\text{U}^{+6} + 2\text{H}^+ + 4\text{F}^-</math></td> </tr> </table>	$2\text{U}^{+5} - 2\text{e} \rightarrow 2\text{U}^{+6}$	- 4e	x 1	$\text{H}_2 - 2\text{e} \rightarrow 2\text{H}^+$			$\text{F}_2 + 2\text{e} \rightarrow 2\text{F}^-$	+ 2 e	x 2	$2\text{U}^{+5} + \text{H}_2 + 2\text{F}_2 \rightarrow 2\text{U}^{+6} + 2\text{H}^+ + 4\text{F}^-$			1
$2\text{U}^{+5} - 2\text{e} \rightarrow 2\text{U}^{+6}$	- 4e	x 1												
$\text{H}_2 - 2\text{e} \rightarrow 2\text{H}^+$														
$\text{F}_2 + 2\text{e} \rightarrow 2\text{F}^-$	+ 2 e	x 2												
$2\text{U}^{+5} + \text{H}_2 + 2\text{F}_2 \rightarrow 2\text{U}^{+6} + 2\text{H}^+ + 4\text{F}^-$														
<p>Определите окислитель и восстановитель.</p> <p>Какие частицы, входящие в их состав, определяют окислительно-восстановительные свойства?</p>	<p><i>Окислители</i> - молекулы фтора <math>\text{F}_2</math></p> <p><i>Восстановители:</i> Оксид урана (V) за счет <math>\text{U}^{+5}</math> Молекулы водорода (<math>\text{H}_2</math>)</p>	1												
Напишите уравнение (2)	$\text{UO}_3 + 6\text{HF} \rightarrow \text{UF}_6 + 3\text{H}_2\text{O}$	1												
Напишите <b>суммарное</b> молекулярное уравнение превращения $\text{U}_3\text{O}_8$ в $\text{UF}_6$ , учитывая, что реагентами являются только водород и фтор.	<p><math>\text{U}_3\text{O}_8 + 8\text{H}_2 + 9\text{F}_2 \rightarrow 3\text{UF}_6 + 8\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>Если написано: <math>\text{U}_3\text{O}_8 + 6\text{H}_2 + 7\text{H}_2 + 4\text{HF} \rightarrow 3\text{UF}_6 + 8\text{H}_2\text{O}</math> – ответ считать не верным, т.к. HF в реагентах отсутствует.</p>	2												

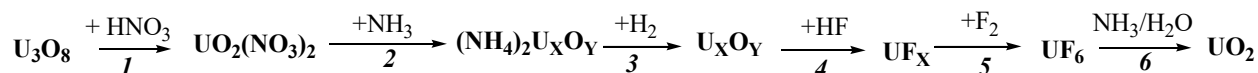
**Задание 2.2. (4 балла)**

Заполните соответствующие места в таблице 2

Таблица 2. Получение уранового ядерного топлива (UO<sub>2</sub>)

Действие	Уравнения/ Ответы на вопросы	Балл
Используя метод электронного баланса, найдите коэффициенты в уравнении реакции получения UO <sub>2</sub>	$3UF_6 + 3NH_3 + 6H_2O \rightarrow 3UO_2 + 17HF + NH_4F + N_2$	2
Напишите уравнение полуреакции окисления  Напишите уравнение полуреакции восстановления  Баланс по электронам (сложение уравнений полуреакций с учетом множителей)	$\begin{array}{l l l} 2N^{-3} - 6e \rightarrow N_2^0 & -6e & \times 1 \\ U^{+6} + 2e \rightarrow U^{+4} & +2e & \times 3 \\ \hline 2N^{-3} + 3U^{+6} \rightarrow N_2 + 3U^{+4} \end{array}$	1
Определите окислитель и восстановитель Какие частицы, входящие в их состав, определяют окислительно-восстановительные свойства?	<p><i>Окислитель</i> – гексафторид урана (U<sup>+6</sup>)</p> <p><i>Восстановитель</i>: Аммиак (N<sup>-3</sup>)</p>	1

**(Б) Синтез уранового ядерного топлива в США проводят по схеме:**



**Задание 2.3. (7 баллов)** Заполните соответствующие места в таблице 3, учитывая, что в результате обработки закиси-оксида урана азотной кислотой проходят одновременно две реакции: окислительно-восстановительная с образованием оксида азота (II) и реакция обмена с одним из оксидов урана.

Таблица 3. Первая реакция синтеза: обработка закиси-оксида урана азотной кислотой с образованием нитрата уранила UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

Действие	Уравнения/ Ответы на вопросы	Балл
Используя <b>ионно-электронный метод</b> , составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции взаимодействия одного из оксидов урана в составе U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> с HNO <sub>3</sub>	$3U_2O_5 + 14HNO_3 \rightarrow 6UO_2(NO_3)_2 + 2NO + 7H_2O$	1
Напишите ионно-электронное уравнение полуреакции окисления  Напишите ионно-электронное уравнение полуреакции восстановления  Баланс по ионному заряду (сложение уравнений полуреакций с учетом множителей)	$\begin{array}{l l} U_2O_5 + 2H^+ - 2e \rightarrow 2UO_2^{2+} + H_2O & \times 3 \\ NO_3^- + 4H^+ + 3e \rightarrow NO + 2H_2O & \times 2 \\ \hline 3U_2O_5 + 14H^+ + 2NO_3^- \rightarrow 6UO_2^{2+} + 2NO + 7H_2O \end{array}$	2

Определите окислитель и восстановитель. Какие частицы, входящие в их состав, определяют окислительно-восстановительные свойства?	<i>Окислитель:</i> азотная кислота (нитрат-ионы $\text{NO}_3^-$ ) <i>Восстановитель:</i> оксид урана (V) - $\text{U}_2\text{O}_5$	1
Напишите уравнение реакции обмена второго оксида урана в составе $\text{U}_3\text{O}_8$ с азотной кислотой	$\text{UO}_3 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$	1
Напишите <b>суммарное</b> молекулярное уравнение превращения $\text{U}_3\text{O}_8$ в $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$	<b><math>3\text{U}_3\text{O}_8 + 20\text{HNO}_3 \rightarrow 9\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 10\text{H}_2\text{O}</math></b>	2

**Второй реакцией синтеза** является реакция взаимодействия нитрата уранила  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  с аммиаком с образованием растворимых аммонийных солей урановых кислот состава  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_x\text{O}_y$ .

**Задание 2.4. ( 4 балла)**

Молярная масса полученной соли  $(\text{NH}_4)_2 {}^{238}\text{U}_x {}^{16}\text{O}_y$  равна  $624 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$ . Какова молекулярная формула этой соли, степень окисления урана-238, и каково название этой соли?

Решение:

Один из возможных вариантов решения (2 балла)

1. Молярная масса остатка урановой кислоты:  $M(\text{U}_x\text{O}_y) = 624 - 2 \cdot 18 = 588 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$
2. Составляем уравнение:

$$\begin{aligned} x \cdot \text{Ar}(\text{U}-238) + y \cdot \text{Ar}(\text{O}-16) &= 588 \\ 238x + 16y &= 588 \end{aligned}$$

Если  $x=1$ , то  $y=22$ , что лишено смысла

Если  $x=2$ , то  $y = \frac{588 - (2 \cdot 238)}{16} = 7$

Если  $x=3$ , также лишено смысла, т.к.  $238 \cdot 3 = 714$ , что превышает значение 588.

**Формула:**  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$  (0,5 балла)

**Степень окисления  $\text{U}^{+6}$**  (0,5 балла)

**Название:** диуранат аммония (1,0 балл)

**или биуранат аммония**

**Третьей реакцией синтеза** является восстановление соли  $(\text{NH}_4)_2 {}^{238}\text{U}_x {}^{16}\text{O}_y$

**Задание 2.5** При восстановлении соли  $(\text{NH}_4)_2 {}^{238}\text{U}_x {}^{16}\text{O}_y$  водородом был получен оксид урана  ${}^{238}\text{U}_x\text{O}_y$  с массовой долей урана 88%. Какова формула  ${}^{238}\text{U}_x\text{O}_y$ ? (1 балл)

Один из возможных вариантов решения:

Для расчета берем образец оксида урана массой 100 граммов.

Тогда  $m(\text{U}) = 88 \text{ г}$ ,  $m(\text{O}) = 100 - 88 = 12 \text{ г}$

$\text{U}_x\text{O}_y$  Количество атомов:  $x = n(\text{U}) = 88 \text{ г} \cdot \frac{1 \text{ моль}}{238 \text{ г}} = 0,37 \text{ моль}$ ;  $y = n(\text{O}) = 12 \text{ г} \cdot \frac{1 \text{ моль}}{16 \text{ г}} = 0,75 \text{ моль}$ ;

Соотношение количеств атомов урана и кислорода равно  $x:y = 0,37 : 0,75 = 1 : 2$

**Формула оксида урана-238:**  ${}^{238}\text{UO}_2$

**Задание 2.6.** Заполните соответствующие места в таблице 4 (3 балла)

Таблица 4. Реакция восстановления соли  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_x\text{O}_y$  водородом.

Действие	Уравнения/ Ответы на вопросы	Балл
Используя метод электронного баланса, найдите коэффициенты в уравнении восстановления соли $(\text{NH}_4)_2\text{U}_x\text{O}_y$ водородом	$(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7 + 2\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 + 2\text{UO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1

<p>Напишите уравнение полуреакции окисления</p> <p>Напишите уравнение полуреакции восстановления</p> <p>Баланс по электронам (сложение уравнений полуреакций с учетом множителей)</p>	$\begin{array}{l l} \text{H}_2 - 2\text{e} \rightarrow 2\text{H}^+ & - 2\text{e} \quad   \quad \times 2 \\ \hline 2\text{U}^{+6} + 4\text{e} \rightarrow 2\text{U}^{+4} & + 4\text{e} \quad   \quad \times 1 \\ \hline \end{array}$ $2\text{H}_2 + 2\text{U}^{+6} \rightarrow 4\text{H}^+ + 2\text{U}^{+4}$	1
<p>Определите окислитель и восстановитель. Какие частицы, входящие в их состав, определяют окислительно-восстановительные свойства?</p>	<p><i>Окислитель:</i> Диуранат-ион (<math>\text{U}_2\text{O}_7^{2-}</math>) или (<math>\text{U}^{+6}</math>)</p> <p><i>Восстановитель:</i> Водород (<math>\text{H}_2</math>)</p>	1

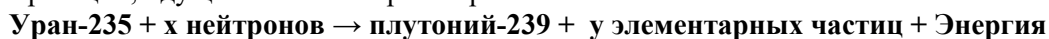
**Четвертой и пятой реакцией синтеза** является взаимодействие оксида урана  $\text{U}_x\text{O}_y$ , полученного в третьей реакции синтеза, с плавиковой кислотой с последующим окислением полученного фторида урана  $\text{UF}_x$  фтором

*Задание 2.7. Напишите уравнения четвертой и пятой реакций синтеза (1 балл)*

Растворение оксида урана (IV) в плавиковой кислоте:  $\text{UO}_2 + 4\text{HF} \rightarrow \text{UF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  (0, 5 балла)

Окисление фторида урана (IV) фтором:  $\text{UF}_4 + \text{F}_2 \rightarrow \text{UF}_6$  (0, 5 балла)

Одной из реакций, идущих в атомном реакторе является:



Выделенная энергия позволяет получать высокие температуры, которые используются в паровых турбинах.

*Задание 2.8. (2 балла) Напишите уравнение ядерной реакции*

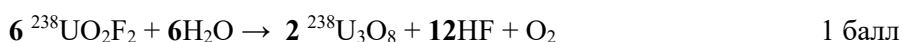


Информация:

- Обедненный уран применяют в тех отраслях, где требуются материалы с высокой плотностью: в производстве танковой брони и бронебойных снарядов, защите от рентгеновских лучей, балансировочных грузов на кораблях и самолетах;
- Гексафторуран-238 используют для получения плавиковой кислоты и кислорода в результате его обработки парами воды при высокой температуре с образованием кислорода, плавиковой кислоты и закиси-оксида урана-238. Обедненная закись-окись урана упаковывается в контейнеры объемом  $3 \text{ м}^3$  и хранятся как радиоактивный материал с маркировкой «опасно».

*Задание 2.9. (2 балла)*

*Расставьте коэффициенты в приведенных ниже уравнениях реакций утилизации обедненного урана*



### Теоретическая проблема 3 Фторуглеродные полимеры

*Информация:* Фтористый водород, HF, полученный как продукт в реакциях утилизации обедненных ядерных отходов, широко используется в химической промышленности для получения фторсодержащих органических соединений и полимеров.

1) **Фторопласт-4 (тефлон)** нашел широкое применение в производстве тефлоновой (антипригарной) посуды, труб, смазочных материалов. Также этот полимер используется в хирургии (искусственные кровеносные сосуды, сердечные стимуляторы).

Синтез фторопласта-4 (тефлона) проводят в 4 стадии:

1. Получение хлороформа из метана.
2. Реакция между хлороформом и безводным фтористым водородом с образованием хлордифторметана.
3. Пиролиз хлордифторметана с образованием тетрафторэтилена.
4. Полимеризация тетрафторэтилена.

2) **Фторопласт – 40** используется в атомной энергетике, судо- и машиностроении, в электронике в качестве изоляционного материала. Для получения фторопласта-40 проводят реакцию сополимеризации этилена с тетрафторэтиленом в соотношении 1:1.

*Задание 3.1. Запишите молекулярные уравнения приведенных выше реакций и ответьте на вопросы в таблице 5 (10 баллов).*

Таблица 5

Стадия	Уравнения реакций	Балл
<b>Фторопласт-4</b>		
1 Реакция получения хлороформа	$\text{CH}_4 + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{t^0\text{C}} \text{CHCl}_3 + 3\text{HCl}$	2
При каких условиях протекает реакция, и по какому механизму?	Условия: свет (УФО) или нагревание Механизм: радикальный	
2 Синтез хлордифторметана	$\text{CHCl}_3 + 2\text{HF} \rightarrow \text{CHF}_2\text{Cl} + 2\text{HCl}$	1
Что такое «пиролиз»?	Пиролиз – высокотемпературное разложение соединений без доступа воздуха (кислорода).	1
3. Реакция пиролиза хлордифторметана	$2\text{CHF}_2\text{Cl} \xrightarrow{t^0\text{C}} \text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2 + 2\text{HCl}$	2
4. Реакция полимеризации тетрафторэтилена	$n \text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2 \longrightarrow \left( \begin{array}{cc} \text{F} & \text{F} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{F} & \text{F} \end{array} \right)_n$	2
<b>Фторопласт-40</b>		
Реакция сополимеризации тетрафторэтилена и этилена (1:1)	$n \text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2 + n \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \longrightarrow \left( \begin{array}{cccc} \text{F} & \text{F} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   &   \\ -\text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C}- \\   &   &   &   \\ \text{F} & \text{F} & \text{H} & \text{H} \end{array} \right)_n$	2

- 3) **Фторопласт-2 (виниленфторид)** является прекрасным прочным, твердым и износостойким материалом и физиологически инертным, что нашло свое широкое применение в фармацевтической, атомной отраслях, а также в строительной области и машиностроении.

Синтез фторопласта-2 проводят в 3 стадии:

1. Получение 1,1-дифтор-1-хлорэтана из этана реакцией замещения атомов водорода сначала фтором, а затем – хлором. 1,1-дифтор-1-хлорэтан также используется как хладагент в кондиционерах.
2. Пиролиз 1,1-дифтор-1-хлорэтана до 1,1-дифторэтилена.
3. Полимеризация 1,1-дифторэтилена.

*Задание 3.2. (6 баллов). Запишите молекулярные уравнения приведенных выше реакций и ответьте на вопросы в таблице 6*

Таблица 6

Стадия	Уравнения реакций	Балл
<b>Фторопласт-2</b>		
1. Реакция получения 1,1-дифтор-1-хлорэтана  При каких условиях протекает реакция, и по какому механизму?	(А) Реакция метана с фтором $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 + 2\text{F}_2 \xrightarrow{t^{\circ}\text{C}} \begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \text{HC}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{F} \end{array} + 2\text{HF}$ (Б) Продолжение реакции с хлором $\begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \text{HC}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{F} \end{array} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{t^{\circ}\text{C}} \begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{F} \end{array} + \text{HCl}$ Условия: свет (УФО) или нагревание, а также катализатор для селективного замещения  Механизм: радикальный	2
2. Реакция пиролиза 1,1-дифтор-1-хлорэтана	$\begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{F} \end{array} \xrightarrow{t^{\circ}\text{C}} \begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \text{F}-\text{C}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{F} \end{array} + \text{HCl}$	2
3. Полимеризация 1,1-дифторэтилена	$n \begin{array}{c} \text{F}-\text{C}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{F} \end{array} \longrightarrow \left( \begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \text{C}-\text{CH}_2 \\   \\ \text{F} \end{array} \right)_n$	2

**Рекомендуем (на усмотрение комиссии):**

- 1) Критерии оценки с решениями сделать доступными для участников после проведения теоретического этапа (вывесить в доступном для них месте для ознакомления).
- 2) Для более эффективной проверки работ раздать по 3-4 задания каждому члену жюри, которые изучают, проверяют и апеллируют только эти задания, не отвлекаясь на другие.