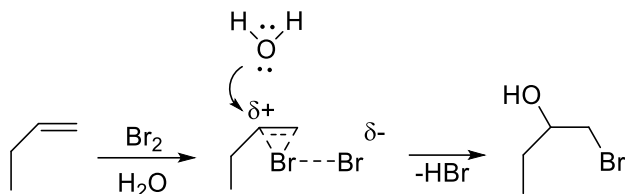


**РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ**  
**Теоретический тур, 14 – 17 марта 2025 года, XII-ый класс**  
**Решения и схема оценивания**

**Сума 70 б.**

| Задание | Содержание верного ответа и указания по оцениванию  | Баллы | Всего баллов |
|---------|---|-------|--------------|
| Тест    | <p>1. Теплота сгорания метана равна 890 кДж/моль, а теплота сгорания пропана 2147 кДж/моль. Выберите верное утверждение:</p> <p><b>a)</b> При сжигании 1 л (н.у.) пропана выделяется больше тепла, чем при сжигании 1 л (н.у.) метана.</p> <p><b>b)</b> При сжигании 1 л (н.у.) пропана выделяется такое же количество тепла, как и при сжигании 1 л (н.у.) метана.</p> <p><b>c)</b> При сжигании 1 кг пропана выделяется больше тепла, чем при сжигании 1 кг метана.</p> <p><b>d)</b> При сжигании 1 кг пропана выделяется такое же количество тепла, как при сжигании 1 кг метана.</p> <p><b>Ответ: a)</b> При сжигании 1 л (н.у.) пропана выделяется больше тепла, чем при сжигании 1 л (н.у.) метана.</p> <p><b>Вариант решения:</b></p> <p>Так как при нормальных условиях оба вещества являются газами, то в одинаковых объемах содержатся одинаковые количества вещества. Так как молярная теплота сгорания пропана больше, чем у метана, то и количество тепла, выделяющегося при сгорании пропана в этом случае будет больше.</p> <p>В случае одинаковых масс этих веществ необходимо произвести расчеты.</p> $\nu(\text{CH}_4) = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)} = \frac{1000 \text{ г}}{16 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 62,5 \text{ моль}$ $\nu(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_8)}{M(\text{C}_3\text{H}_8)} = \frac{1000 \text{ г}}{44 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 22,73 \text{ моль}$ $Q_{\text{CH}_4} = 62,5 \text{ моль} \cdot 890 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} = 55625 \text{ кДж}$ $Q_{\text{C}_3\text{H}_8} = 22,73 \text{ моль} \cdot 2147 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} = 48801 \text{ кДж}$ <p>При сжигании одинаковых масс этих газов, больше тепла выделяется в случае метана.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p> | 1 б.  | 11 б.        |
|         | <p>2. При взаимодействии бут-1-ена с бромной водой основным продуктом является:</p> <p><b>a)</b> 1,2-дибромбутан;                      <b>b)</b> 2-бромбутан-2-ол;</p> <p><b>c)</b> 1-бромбутан-2-ол;                    <b>d)</b> 2-бромбутан-1-ол.</p> <p><b>Ответ: c)</b> 1-бромбутан-2-ол;</p> <p><b>Комментарий:</b></p> <p>При взаимодействии бут-1-ена с бромом в водной среде преимущественно</p>   | 1 б.  |              |

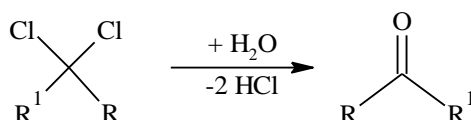
происходит следующая реакция:



Присоединение гидроксильной группы происходит по более замещенному атому углерода, который более эффективно стабилизирует частично положительный заряд катиона бромония, образующегося на начальном этапе присоединения атома брома к двойной связи.

**Примечание:** необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.

**3.** Гидролиз геминальных дихлорпроизводных представляет собой один из способов синтеза карбонильных соединений:



Сколько карбонильных соединений образуется при гидролизе геминальных дихлорпроизводных насыщенных ациклических углеводородов, состоящих из 14 атомов?

- a) 2;            b) 3;            c) 6;            d) 8.

**Ответ: b) 3**

**Вариант решения:**

Геминальные дихлорпроизводные ациклических предельных углеводородов имеют общую формулу  $C_nH_{2n}Cl_2$ .

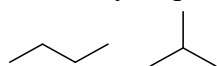
Общее число атомов в таких соединениях:

$$N = n + 2 \cdot n + 2 = 3 \cdot n + 2$$

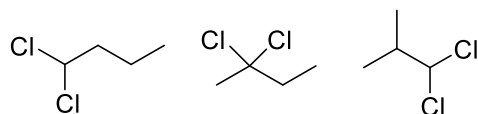
Тогда  $3 \cdot n + 2 = 14$

$$n = 4$$

4 атома углерода => два варианта ациклических предельных углеводородов:



Все варианты геминальных дихлорпроизводных:



Три варианта => три карбонильных соединения могут получаться при их гидролизе.

**Примечание:** необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.

**4.** При электрохимическом получении хлора для очистки рассола (концентрированного раствора каменной соли) реактивы для осаждения (кальцинированная сода для осаждения ионов  $Ca^{2+}$  и каустическая сода для осаждения ионов  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Fe^{3+}$ ) добавляются одновременно с целью:

- a) уменьшения расходов реагентов для осаждения;  
b) роста скорости осаждения;  
c) уменьшения количества аппаратуры в схеме производства.

**Ответ: b) роста скорости осаждения;**

**Комментарий:**

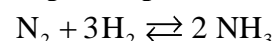
Ионы  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  выпадают в осадок в виде гидроксидов, которые выглядят как аморфные хлопья (коллоидные) и медленно оседают/декантируются. Включение  $CaCO_3$ , имеющего кристаллическую структуру, в хлопья (мицеллы) гидроксидов приводит к увеличению скорости их осаждения.

**Примечание:** необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.

**5.** Объёмные доли газов на выходе из реактора синтеза аммиака равны:  $NH_3$  – 17%,  $N_2$  – 11% и  $H_2$  – 72%. Отношение  $V(N_2):V(H_2)$  в реакционной смеси при входе в реактор для синтеза равно:

- a) 1 : 2;                      b) 1 : 3;                      c) 1 : 4;                      d) 1 : 5.

**Ответ:** d) 1 : 5

**Вариант решения:**

Объёмные доли газов равны мольным долям. Для удобства примем, что на выходе из реактора был 1 моль газа, т.е. 0,17 моль  $NH_3$ , 0,11 моль  $N_2$  и 0,72 моль  $H_2$ .

Если предположить, что в исходной смеси не было  $NH_3$ , то:

|                   | $N_2$                              | $H_2$                              | $NH_3$ |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------|
| $v_n$ , моль      | $0,11 - (-0,085) = 0,195$          | $0,72 - (-0,255) = 0,975$          | 0      |
| $\Delta v$ , моль | $-\frac{0,17}{2} \cdot 1 = -0,085$ | $-\frac{0,17}{2} \cdot 3 = -0,255$ | +0,17  |
| $v_k$ , моль      | 0,11                               | 0,72                               | 0,17   |

Тогда отношение объёмов азота и водорода в начальной смеси, которое равно отношению количества моль этих веществ:

$$\frac{V_n(N_2)}{V_n(H_2)} = \frac{v_n(N_2)}{v_n(H_2)} = \frac{0,195}{0,975} = \frac{1}{5}$$

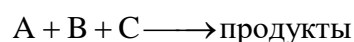
В конечной смеси:

$$\frac{V_k(N_2)}{V_k(H_2)} = \frac{v_k(N_2)}{v_k(H_2)} = \frac{0,11}{0,72} = \frac{1}{6,55}$$

Если бы в исходной смеси был аммиак, то значение отношения объёмов было бы в диапазоне от  $\frac{1}{6,55}$  до  $\frac{1}{5}$ . Единственный вариант ответа в этом диапазоне – это ответ d) 1 : 5

**Примечание:** необходимо дать только ответ; за правильный ответ 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.

**6.** Для реакции:



были определены значения скорости реакции при различных концентрациях реагирующих веществ:

| № эксперимента | Концентрации реагирующих веществ, моль·л <sup>-1</sup> |                      |                      | Скорость реакции, моль·л <sup>-1</sup> ·с <sup>-1</sup> |
|----------------|--|----------------------|----------------------|---|
|                | А  | В                    | С                    |   |
| 1              | 1,0·10 <sup>-2</sup>                                   | 1,0·10 <sup>-2</sup> | 1,0·10 <sup>-2</sup> | 3,0·10 <sup>-4</sup>                                    |
| 2              | 2,0·10 <sup>-2</sup>                                   | 1,0·10 <sup>-2</sup> | 1,0·10 <sup>-2</sup> | 6,0·10 <sup>-4</sup>                                    |
| 3              | 1,0·10 <sup>-2</sup>                                   | 2,0·10 <sup>-2</sup> | 1,0·10 <sup>-2</sup> | 3,0·10 <sup>-4</sup>                                    |
| 4              | 1,0·10 <sup>-2</sup>                                   | 1,0·10 <sup>-2</sup> | 2,0·10 <sup>-2</sup> | 12,0·10 <sup>-4</sup>                                   |

Кинетическое уравнение для скорости этой реакции:

- а)  $v = k \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C$ ;      б)  $v = k \cdot C_A \cdot C_C^2$ ;  
 с)  $v = k \cdot C_A \cdot C_B^2$ ;      д)  $v = k \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C^2$ .

**Ответ:** б)  $v = k \cdot C_A \cdot C_C^2$

**Вариант решения:**

Согласно закону действующих масс, кинетическое уравнение для скорости данной реакции можно представить следующим образом:

$$v = k \cdot C_A^a \cdot C_B^b \cdot C_C^c$$

Сравняя эксперименты 1 и 2, можно заметить, что при увеличении концентрации реагирующего вещества А в два раза при неизменных концентрациях остальных веществ, скорость реакции возрастает в два раза. Таким образом, величина показателя степени «а», в которую возводится концентрация реагента А в уравнении для скорости реакции (порядок реакции по веществу А), равна 1.

Сравняя эксперименты 1 и 3, можно заметить, что при увеличении концентрации реагирующего вещества В в два раза, скорость реакции не изменяется  $\Rightarrow b = 0$

Сравняя эксперименты 1 и 4, можно заметить, что при увеличении концентрации реагирующего вещества С в два раза, скорость реакции возрастает в четыре раза  $\Rightarrow c = 2$

Тогда:

$$v = k \cdot C_A^a \cdot C_B^b \cdot C_C^c = k \cdot C_A^1 \cdot C_B^0 \cdot C_C^2 = k \cdot C_A \cdot C_C^2$$

**Примечание:** необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.

7. Даны две обратимые реакции – 1 и 2. В таблице приведены численные значения констант равновесия этих реакций при двух температурах:

| Температура, К | Численные значения константы равновесия |                      |
|----------------|---|----------------------|
|                | Реакция 1                               | Реакция 2            |
| 500            | 500                                     | 2,8·10 <sup>-3</sup> |
| 800            | 0,3                                     | 4,5·10 <sup>-2</sup> |

Укажите верное высказывание для прямых реакций:

- а) реакции 1 и 2 являются экзотермическими;  
 б) реакция 1 является эндотермической, а реакция 2 является экзотермической;  
 с) реакции 1 и 2 являются эндотермическими;  
 д) реакция 1 является экзотермической, а реакция 2 является эндотермической.

**Ответ:** д) реакция 1 является экзотермической, а реакция 2 является

1 б.

|  |   |      |
|--|---|------|
|  | <p>эндотермической</p> <p><b>Вариант решения:</b></p> <p>При увеличении температуры по принципу Ле Шателье равновесие смещается в сторону эндотермического процесса. Изменение температуры приводит к изменению константы равновесия =&gt; при увеличении температуры константа равновесия уменьшается в случае экзотермической реакции и увеличивается в случае эндотермической реакции.</p> <p>В данном случае константа равновесия первой реакции уменьшается при увеличении температуры =&gt; реакция 1 является экзотермической</p> <p>Константа равновесия второй реакции увеличивается с увеличением температуры =&gt; вторая реакция является эндотермической.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>   |      |
|  | <p><b>8.</b> Значение рН воды при температуре 45°C равно:</p> <p><b>а)</b> 6,70;                      <b>б)</b> 7,00;                      <b>с)</b> 7,28;                      <b>д)</b> <math>10^{-7}</math> моль/л.</p> <p><b>Ответ:</b> а) 6,70</p> <p><b>Вариант решения:</b></p> $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ <p>Ионное произведение:</p> $K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$ <p>Процесс диссоциации воды является обратной реакции нейтрализации. Реакция нейтрализации является экзотермическим процессом =&gt; процесс диссоциации – эндотермический.</p> <p>В случае эндотермического процесса константа равновесия увеличивается с увеличением температуры =&gt; ионное произведение воды при 45°C будет больше, чем <math>10^{-14}</math> (значение при 25°C).</p> <p>Тогда, если обозначить за x моль/л концентрации ионов <math>\text{H}^+</math> и <math>\text{OH}^-</math> при 45°C, то:</p> $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = x^2 > 10^{-14}$ $x > 10^{-7}$ $\text{pH} = -\lg x < -\lg(10^{-7}) < 7$ <p>Единственный подходящий вариант ответа – это 6,70</p> <p>Справочное значение ионного произведения при 45°C <math>4,018 \cdot 10^{-14}</math></p> $x = \sqrt{4,018 \cdot 10^{-14}} = 2,00 \cdot 10^{-7}$ $\text{pH} = -\lg x = -\lg(2,00 \cdot 10^{-7}) = 6,70$ <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p> | 1 б. |
|  | <p><b>9.</b> Окраска метилоранжа в растворе, полученном в результате разбавления 0,001 М раствора HCl в 1000 раз:</p> <p><b>а)</b> красная;                      <b>б)</b> оранжевая;                      <b>с)</b> желтая;                      <b>д)</b> малиновая.</p> <p><b>Ответ:</b> с) желтая;</p> <p><b>Вариант решения:</b></p> <p>После разбавления концентрация HCl будет равна <math>10^{-6}</math> моль/л</p> <p>Тогда <math>\text{pH} = 6</math></p> <p>Интервал перехода окраски метилоранжа 3,1 – 4,4 =&gt; при <math>\text{pH} &gt; 4,4</math> окраска уже будет соответствовать «щелочной» форме, т.е. будет желтой.</p>   | 1 б. |

|                  |  |              |
|------------------|--|--------------|
|                  | <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>   |              |
|                  | <p><b>10.</b> В 1,00 л водного раствора находится 0,365 г соляной кислоты и 6,00 г уксусной кислоты (<math>K_a = K_{\text{дисс}} = 1,75 \cdot 10^{-5}</math>). К этому раствору добавляется 3,00 г гидроксида натрия. Чему равно значение pH раствора до и после добавления гидроксида натрия?</p> <p>а) 2 и 7;                      б) 3 и 5;                      в) 2 и 5;                      д) 3 и 8.</p> <p><b>Ответ:</b> в) 2 и 5</p> <p><b>Вариант решения:</b></p> $v_n(\text{HCl}) = \frac{m_n(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{0,365 \text{ г}}{36,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,0100 \text{ моль}$ $v_n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m_n(\text{CH}_3\text{COOH})}{M(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{6,00 \text{ г}}{60,0 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,100 \text{ моль}$ <p>Соляная кислота подавляет диссоциацию уксусной кислоты, а учитывая то, что ответы даны с точностью до целых, можно смело утверждать, что pH начального раствора:</p> $c_n(\text{HCl}) = \frac{v_n(\text{HCl})}{V} = \frac{0,0100 \text{ моль}}{1,00 \text{ л}} = 0,0100 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$ $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(c_n(\text{HCl})) = -\lg 0,0100 = 2$ <p>Значит остается два варианта возможных ответов: <b>а)</b> и <b>в)</b>.</p> <p>Переходим к добавлению щелочи:</p> $v_{\text{доб}}(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{3,00 \text{ г}}{40 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,0750 \text{ моль}$ <p>В первую очередь реагирует HCl</p> $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ <p>Расходуется 0,0100 моль NaOH и остается еще 0,0650 моль NaOH.</p> <p>Далее реагирует CH<sub>3</sub>COOH:</p> $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ <p>Для этой реакции уксусная кислота находится в избытке =&gt; получается буферный раствор, содержащий 0,0650 моль CH<sub>3</sub>COONa и 0,0350 моль CH<sub>3</sub>COOH.</p> $K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{c(\text{CH}_3\text{COONa}) \cdot [\text{H}^+]}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{v_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{COONa}) \cdot [\text{H}^+]}{v_{\text{ост}}(\text{CH}_3\text{COOH})}$ $[\text{H}^+] = K_a \cdot \frac{v_{\text{ост}}(\text{CH}_3\text{COOH})}{v_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{COONa})} = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,0350 \text{ моль}}{0,0650 \text{ моль}} = 9,42 \cdot 10^{-6} \left( \frac{\text{моль}}{\text{л}} \right)$ $\text{pH} = -\lg(9,42 \cdot 10^{-6}) = 5,03$ <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p> | 1 б.         |
| <b>Задача 1.</b> | Навеску пирита массой 1,5000 г (84,00% FeS <sub>2</sub> , 4,85% ZnS, остальное – химически стабильные в указанных процессах нелетучие вещества)  | <b>20 б.</b> |

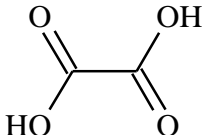
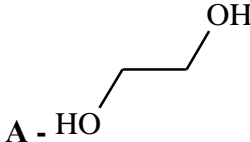
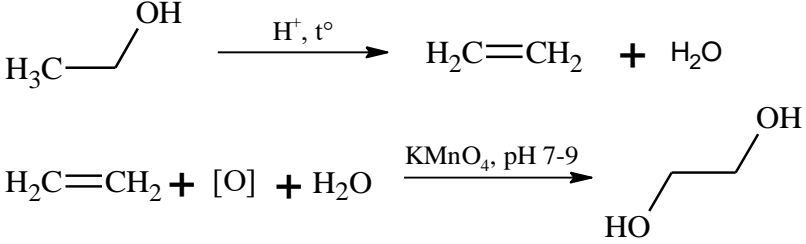
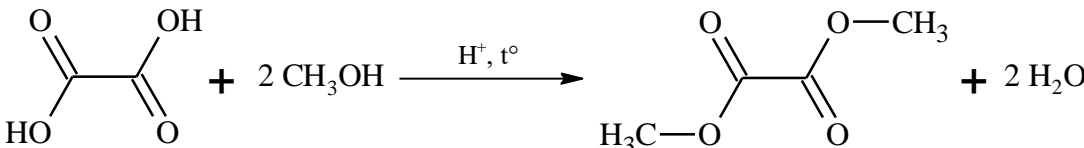
|  |  |        |
|--|--|--------|
|  | <p>подвергли обжигу, используя при этом 40%-ый избыток воздуха по сравнению с необходимым количеством для полного окисления <math>\text{FeS}_2</math> и <math>\text{ZnS}</math>. Полученный газ направили в реактор с катализатором <b>Y</b> для окисления <math>\text{SO}_2</math> до <math>\text{SO}_3</math>. Образовавшийся в реакторе газ пропустили через раствор, полученный путем смешения 20,00 мл раствора <math>\text{KMnO}_4</math> <math>\left( c\left(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4\right) = 0,4875 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \right)</math> с 10 мл 1 М раствора серной кислоты. На титрование избытка перманганата калия израсходовали 7,20 мл раствора соли железа(II) <math>c(\text{Fe}^{2+}) = 0,5000 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}</math>.</p> <p><b>1.1.</b> Запишите уравнения всех протекающих реакций и определите степень превращения (X) <math>\text{SO}_2</math> в реакторе окисления. Примечание: степень превращения равна отношению количества прореагировавшего вещества к его начальному количеству:</p> $X(\text{SO}_2) = \frac{v_{\text{прореагировало}}(\text{SO}_2)}{v_{\text{начальное}}(\text{SO}_2)}$ <p>Для другого опыта взяли такую же навеску пирита и провели обжиг в тех же условиях, а образовавшийся газ поместили в герметичный предварительно вакуумированный реактор объемом 5,00 л. Газ выдерживали в реакторе при постоянной температуре <math>500^\circ\text{C}</math> до установления постоянного давления, равного 2,310 атм.</p> <p><b>1.2.</b> Определите степень превращения <math>\text{SO}_2</math> при достижении состояния равновесия в этих условиях. Состав воздуха примите равным 21% <math>\text{O}_2</math> и 79% <math>\text{N}_2</math> (по объему).</p> <p><b>1.3.</b> Определите константу равновесия <math>K_c</math> в этих условиях.</p> <p>Катализатор <b>Y</b> считается эффективным, если степень превращения оксида серы(IV) достигает 95% от равновесной степени превращения.</p> <p><b>1.4.</b> Определите, можно ли считать катализатор <b>Y</b> эффективным.</p> |        |
|  | <p><b>Решение:</b></p> <p><b>1.1.</b></p> <p>Уравнения реакций, протекающих при обжиге:</p> $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 8\text{SO}_2 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{SO}_2 + 2\text{ZnO}$  | 2 б.   |
|  | $m(\text{FeS}_2) = m(\text{пирит}) \cdot \omega(\text{FeS}_2) = 1,5000 \text{ г} \cdot 0,8400 = 1,2600 \text{ г}$ $m(\text{ZnS}) = m(\text{пирит}) \cdot \omega(\text{ZnS}) = 1,5000 \text{ г} \cdot 0,0485 = 0,0728 \text{ г}$  | 0,5 б. |
|  | $v(\text{FeS}_2) = \frac{m(\text{FeS}_2)}{M(\text{FeS}_2)} = \frac{1,2600 \text{ г}}{120 \frac{\text{г}}{\text{МОЛЬ}}} = 0,01050 \text{ МОЛЬ}$ $v(\text{ZnS}) = \frac{m(\text{ZnS})}{M(\text{ZnS})} = \frac{0,0728 \text{ г}}{97 \frac{\text{г}}{\text{МОЛЬ}}} = 0,00075 \text{ МОЛЬ}$   | 0,5 б. |
|  | Количество образовавшегося оксида серы(IV):  | 1 б.   |

|  |        |  |
|--|--------|--|
| $v_{\text{нач}}(\text{SO}_2) = v_{\text{реакция с FeS}_2}(\text{SO}_2) + v_{\text{реакция с ZnS}}(\text{SO}_2) = \frac{8}{4} \cdot v(\text{FeS}_2) + \frac{2}{2} \cdot v(\text{ZnS}) =$ $= \frac{8}{4} \cdot 0,01050 \text{ моль} + \frac{2}{2} \cdot 0,00075 \text{ моль} = 0,02175 \text{ моль}$   |        |  |
| <p>Процесс каталитического окисления оксида серы(IV) кислородом с образованием оксида серы(VI):</p> $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons{\text{катализатор}} 2 \text{SO}_3$   | 1 б.   |  |
| <p>При барботировании газа из реактора через подкисленный раствор перманганата калия:</p> $5 \text{SO}_2 + 2 \text{KMnO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4$   | 1 б.   |  |
| $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$   | 0,5 б. |  |
| <p>При титровании солью железа(II):</p> $\text{MnO}_4^- + 5 \text{Fe}^{2+} + 8 \text{H}^+ \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 5 \text{Fe}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$  | 1 б.   |  |
| <p>Тогда:</p> $v(\text{KMnO}_4) = v_{\text{реакция с SO}_2}(\text{KMnO}_4) + v_{\text{реакция с Fe}^{2+}}(\text{KMnO}_4)$ $V(\text{KMnO}_4) \cdot c(\text{KMnO}_4) = \frac{2}{5} \cdot v_{\text{кон}}(\text{SO}_2) + \frac{1}{5} \cdot V(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{Fe}^{2+})$ $\frac{1}{5} \cdot V(\text{KMnO}_4) \cdot c\left(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4\right) = \frac{2}{5} \cdot v_{\text{кон}}(\text{SO}_2) + \frac{1}{5} \cdot V(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{Fe}^{2+})$ $V(\text{KMnO}_4) \cdot c\left(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4\right) = 2 \cdot v_{\text{кон}}(\text{SO}_2) + V(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{Fe}^{2+})$ $v_{\text{кон}}(\text{SO}_2) = \frac{V(\text{KMnO}_4) \cdot c\left(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4\right) - V(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{Fe}^{2+})}{2}$ $v_{\text{кон}}(\text{SO}_2) = \frac{0,02000 \text{ л} \cdot 0,4875 \frac{\text{моль}}{\text{л}} - 0,00720 \text{ л} \cdot 0,5000 \frac{\text{моль}}{\text{л}}}{2} =$ $= 0,003075 \text{ моль}$ | 1 б.   |  |
| <p>Тогда степень превращения <math>\text{SO}_2</math> в первом опыте:</p> $X_{1, \text{SO}_2} = \frac{ \Delta v(\text{SO}_2) }{v_{\text{нач}}(\text{SO}_2)} = \frac{v_{\text{нач}}(\text{SO}_2) - v_{\text{кон}}(\text{SO}_2)}{v_{\text{нач}}(\text{SO}_2)} = \frac{0,02175 \text{ моль} - 0,003075 \text{ моль}}{0,02175 \text{ моль}} =$ $= 0,8586 = 85,86\%$  | 1 б.   |  |
| <p><b>1.2.</b></p> <p>Количество вещества кислорода, которое требуется для проведения процесса:</p> $v_{\text{прореагировало}}(\text{O}_2) = v_{\text{реакция с FeS}_2}(\text{O}_2) + v_{\text{реакция с ZnS}}(\text{O}_2) = \frac{11}{4} \cdot v(\text{FeS}_2) + \frac{3}{2} \cdot v(\text{ZnS}) =$ $= \frac{11}{4} \cdot 0,01050 \text{ моль} + \frac{3}{2} \cdot 0,00075 \text{ моль} = 0,03000 \text{ моль}$   | 1 б.   |  |
| <p>Количество вещества кислорода, оставшегося в избытке после завершения процесса обжига:</p> $v_{\text{изб}}(\text{O}_2) = 0,40 \cdot v_{\text{прореагировало}}(\text{O}_2) = 0,40 \cdot 0,03000 \text{ моль} = 0,01200 \text{ моль}$   | 1 б.   |  |
| Количество вещества азота в газовой смеси:   | 1 б.   |  |

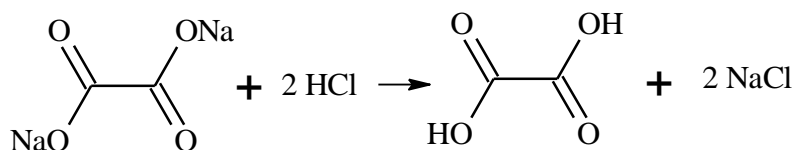
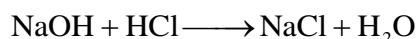
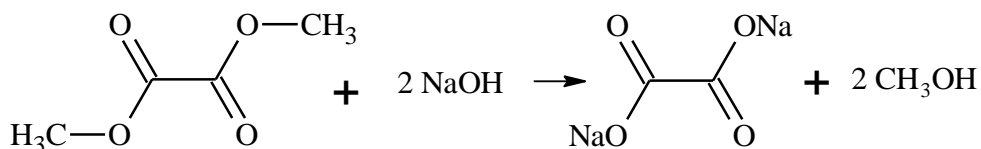


|  |                 |                |                 |                |        |
|--|-----------------|----------------|-----------------|----------------|--------|
| $v(N_2) = \frac{v_{\text{прореагировало}}(O_2) \cdot 1,40}{\chi(O_2)} \cdot \chi(N_2) = \frac{0,03000 \text{ моль} \cdot 1,40}{0,21} \cdot 0,79 = 0,1580 \text{ моль}$   |                 |                |                 |                |        |
| Определим равновесную степень превращения SO <sub>2</sub> .<br>Для удобства составляем таблицу:  |                 |                |                 |                |        |
| Вещество   | SO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> | N <sub>2</sub> |        |
| v <sub>нач</sub> , моль  | 0,02175         | 0,01200        | 0               | 0,1580         |        |
| Δv , моль  | - 2 · x         | - x            | + 2 · x         | 0              |        |
| v <sub>равн</sub> , моль   | 0,02175 – 2 · x | 0,01200 – x    | 2 · x           | 0,1580         |        |
| Суммарное количество вещества всех газов в реакторе после установления равновесия:<br>$v_{\text{равн}} = v_{\text{равн}}(SO_2) + v_{\text{равн}}(O_2) + v_{\text{равн}}(SO_3) + v_{\text{равн}}(N_2) =$ $= (0,02175 - 2 \cdot x + 0,01200 - x + 2 \cdot x + 0,1580) \text{ моль} = (0,19175 - x) \text{ моль}$   |                 |                |                 |                | 1 б.   |
| Это количество газа при температуре 500°C (773 К) создает давление 2,310 атм (234061 Па). Тогда по уравнению Клапейрона-Менделеева:<br>$v_{\text{равн}} = \frac{p_{\text{равн}} \cdot V_{\text{реактор}}}{R \cdot T} = \frac{234061 \text{ Па} \cdot 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 773 \text{ К}} = 0,18210 \text{ моль}$   |                 |                |                 |                | 1 б.   |
| Тогда:<br>0,19175 – x = 0,18210<br>x = 0,19175 – 0,18210 = 0,00965   |                 |                |                 |                | 0,5 б. |
| Равновесная степень превращения:<br>$X_{\text{равн},SO_2} = \frac{ \Delta v_{\text{равн}}(SO_2) }{v_{\text{нач}}(SO_2)} = \frac{2 \cdot x}{v_{\text{нач}}(SO_2)} = \frac{2 \cdot 0,00965 \text{ моль}}{0,02175 \text{ моль}} = 0,8874 = 88,74\%$   |                 |                |                 |                | 1 б.   |
| <b>1.3.</b><br>Равновесные количества всех веществ, а также их молярные концентрации в реакторе запишем в таблицу:   |                 |                |                 |                | 1,5 б. |
| Вещество   | SO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> | N <sub>2</sub> |        |
| v <sub>нач</sub> , моль  | 0,02175         | 0,01200        | 0               | 0,1580         |        |
| Δv <sub>равн</sub> , моль  | - 2 · x         | - x            | + 2 · x         | 0              |        |
| v <sub>равн</sub> , моль   | 0,02175 – 2 · x | 0,01200 – x    | 2 · x           | 0,1580         |        |
| v <sub>равн</sub> , моль   | 0,00245         | 0,00235        | 0,0193          | 0,1580         |        |
| C <sub>равн</sub> , моль/л   | 0,00049         | 0,00047        | 0,00386         | 0,0316         |        |
| <b>Примечание:</b> по 0,5 б. за концентрации SO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> и SO <sub>3</sub> .  |                 |                |                 |                |        |
| Тогда значение константы равновесия в этих условиях:<br>$K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 \cdot [O_2]} = \frac{\left(0,00386 \frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)^2}{\left(0,00049 \frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)^2 \cdot 0,00047 \frac{\text{моль}}{\text{л}}} = 1,32 \cdot 10^5 \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)^{-1}$<br><b>Примечание:</b> 0,5 б. за верное выражение константы; 1 б. за верное значение константы. |                 |                |                 |                | 1,5 б. |
| <b>1.4.</b>  |                 |                |                 |                | 1 б.   |

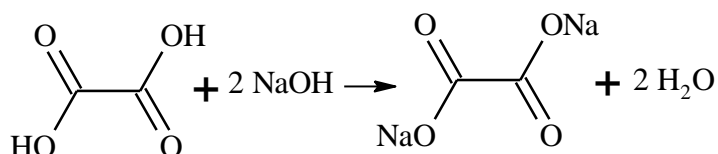
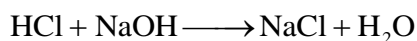
|                  |  |  |              |
|------------------|--|--|--------------|
|                  | $\frac{X_{\text{I,SO}_2}}{X_{\text{равн,SO}_2}} = \frac{85,86\%}{88,74\%} = 0,9675 > 0,95 \Rightarrow \text{катализатор является эффективным}$   |  |              |
|                  | <b>Примечание:</b> принимаются и другие верные варианты решения, полностью соответствующие условию задачи.   |  |              |
| <b>Задача 2.</b> | <p>Этанол массой 92 г, в результате нескольких последовательных реакций, был превращен в вещество <b>А</b>, состава <math>\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2</math>. Вещество <b>А</b> в дальнейшем окислили до щавелевой кислоты, которую подвергли реакции этерификации избытком метанола, получив сложный эфир <b>В</b>.</p> <p><b>2.1.</b> Укажите структурную формулу вещества <b>А</b>.</p> <p><b>2.2.</b> Предложите вариант последовательности реакций, которые позволят превратить этанол в вещество <b>А</b>. Напишите уравнения соответствующих реакций. Помимо этанола и продуктов его превращений, можете использовать любые неорганические вещества. Укажите условия проведения этих процессов. Для облегчения записи реакций окисления можете использовать <math>[\text{O}]</math>, а для облегчения реакций восстановления можете использовать <math>[\text{H}]</math>, обязательно указывая при этом, какое вещество использовалось в качестве окислителя/восстановителя и условия осуществления.</p> <p><b>2.3.</b> Напишите уравнение реакции этерификации щавелевой кислоты избытком метанола, указав условия проведения этого процесса.</p> <p><b>2.4.</b> Определите массу метанола, необходимого для этерификации, если вещество <b>А</b> было получено с выходом 70%, выход щавелевой кислоты в реакции окисления вещества <b>А</b> составил 60%, а метанол следует взять с 30% избытком по отношению к теоретически необходимому.</p> <p>Часть вещества <b>В</b> (0,04000 моль) перенесли в мерную колбу на 100,0 мл, растворили в воде и довели объем раствора до метки. Полученный раствор смешали с 100,0 мл 0,04000 М раствора <math>\text{NaOH}</math>. Для определения скорости реакции по гидроксиду натрия использовали титриметрический метод. Для этого, через 20 минут после смешения растворов из реакционной смеси отобрали пробу объемом 20,00 мл, к которой добавили 10,00 мл 0,05000 М раствора <math>\text{HCl}</math>. Полученный при этом раствор оттитровали 0,04000 М раствором <math>\text{NaOH}</math> в присутствии фенолфталеина, израсходовав при этом 6,40 мл раствора <math>\text{NaOH}</math>.</p> <p><b>2.5.</b> Напишите уравнение реакции щелочного гидролиза вещества <b>В</b>, а также уравнения всех реакций, которые были проведены в ходе определения скорости реакции.</p> <p><b>2.6.</b> Определите среднюю скорость расхода щелочи (в моль/(л·с)) за первые 20 минут после начала реакции при 25°C.</p> <p><b>2.7.</b> Определите температуру, при которой следует проводить гидролиз, чтобы удвоить его скорость, если температурный коэффициент скорости этой реакции равен 2.</p> <p><b>Примечание:</b> во всех уравнениях реакций для органических веществ используйте структурные (полуразвернутые или развернутые) формулы.</p> |  | <b>12 б.</b> |
|                  | <b>Решение:</b><br><b>2.1.</b><br>Степень ненасыщенности вещества <b>А</b> равна 0:  |  |              |

|   |         |  |
|---|---------|--|
| $NE = \frac{2 \cdot n(C) + 2 - n(H)}{2} = \frac{2 \cdot 2 + 2 - 6}{2} = 0$ <p>Окисление этого вещества дает щавелевую кислоту:</p>  <p>Следовательно, вещество <b>A</b> – этан-1,2-диол.</p>   |         |  |
|  <p><b>A</b> - HO</p>  | 1 б.    |  |
| <p><b>2.2.</b></p> <p>Превратить этанол в этан-1,2-диол можно путем дегидратации этанола до этена, с его последующим мягким окислением.</p>   |         |  |
|  <p><b>Примечание:</b> 2 б. в сумме за все уравнения реакций, позволяющие осуществить требуемый переход.</p>  | 2 б.    |  |
| <p><b>2.3.</b></p>  <p><b>Примечание:</b> 0,5 б. за формулы всех веществ; 0,25 б. за коэффициенты; 0,25 б. за условия реакции.</p>  | 1 б.    |  |
| <p><b>2.4.</b></p> <p>Определяем количество вещества этанола:</p> $\nu(C_2H_5OH) = \frac{m(C_2H_5OH)}{M(C_2H_5OH)} = \frac{92 \text{ г}}{46 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 2 \text{ моль}$   | 0,25 б. |  |
| <p>По уравнениям реакций из 2 моль этанола теоретически должно получиться 2 моль этан-1,2-диола.</p> <p>Учитывая выход процесса превращения этанола в этан-1,2-диол:</p> $\nu(C_2H_6O_2) = \nu_{\text{теор}}(C_2H_6O_2) \cdot \eta_1 = 2 \text{ моль} \cdot 0,7 = 1,4 \text{ моль}$ <p>Из 1,4 моль этан-1,2-диола при окислении теоретически должно получиться 1,4 моль щавелевой кислоты.</p> <p>Тогда с учетом выхода процесса окисления:</p> $\nu(H_2C_2O_4) = \nu_{\text{теор}}(H_2C_2O_4) \cdot \eta_2 = 1,4 \text{ моль} \cdot 0,6 = 0,84 \text{ моль}$ | 0,5 б.  |  |
| <p>Тогда по уравнению реакции с учетом 30% избытка:</p> $\nu_{\text{треб}}(CH_3OH) = 2 \cdot \nu(H_2C_2O_4) \cdot 1,3 = 2 \cdot 0,84 \text{ моль} \cdot 1,3 = 2,184 \text{ моль}$   | 0,5 б.  |  |
| $m_{\text{треб}}(CH_3OH) = \nu_{\text{треб}}(CH_3OH) \cdot M(CH_3OH) = 2,184 \text{ моль} \cdot 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 69,89 \text{ г}$  | 0,25 б. |  |

2.5.



При титровании:



**Примечание:** реакция HCl с NaOH оценивается один раз. Принимается и вариант гидролиза только одной сложноэфирной группы из двух.

Гидролиз до оксалата натрия или до метокси(оксо)ацетата натрия – 1 б.

Взаимодействие оксалата натрия или метокси(оксо)ацетата натрия с HCl – 0,5 б.

Взаимодействие щавелевой кислоты или метокси(оксо)уксусной кислоты с гидроксидом натрия – 0,5 б.

Взаимодействие HCl с NaOH – 0,5 б.

2,5 б.

2.6.

$$v(\text{HCl}) = V(\text{HCl}) \cdot c(\text{HCl}) = 0,01000 \text{ л} \cdot 0,05000 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} = 0,0005000 \text{ моль}$$

$$v_{\text{титрант}}(\text{NaOH}) = V_{\text{титрант}}(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH}) = 0,00640 \text{ л} \cdot 0,04000 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} = 0,000256 \text{ моль}$$

$$v(\text{HCl}) + 2 \cdot v_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = v_{\text{ост, аликв.}}(\text{NaOH}) + v_{\text{титрант}}(\text{NaOH}) + 2 \cdot v_{\text{прореаг.}}(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$$

$$v_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = v_{\text{прореаг.}}(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$$

=&gt;

$$v(\text{HCl}) = v_{\text{ост, аликв.}}(\text{NaOH}) + v_{\text{титрант}}(\text{NaOH})$$

$$v_{\text{ост, аликв.}}(\text{NaOH}) = v(\text{HCl}) - v_{\text{титрант}}(\text{NaOH}) =$$

$$= 0,0005000 \text{ моль} - 0,0002560 \text{ моль} = 0,0002440 \text{ моль}$$

Тогда во всей колбе через 20 минут осталось гидроксида натрия:

$$v_{\text{ост}}(\text{NaOH}) = v_{\text{ост, аликв.}}(\text{NaOH}) \cdot \frac{V_{\text{общ}}}{V_{\text{аликв.}}} = 0,0002440 \text{ моль} \cdot \frac{200,0 \text{ мл}}{20,00 \text{ мл}} =$$

$$= 0,002440 \text{ моль}$$

А изначально добавленное количество щелочи:

$$v_{\text{общ}}(\text{NaOH}) = V_{\text{нач}}(\text{NaOH}) \cdot c_{\text{нач}}(\text{NaOH}) = 0,1000 \text{ л} \cdot 0,04000 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} =$$

$$= 0,004000 \text{ моль}$$

2 б.

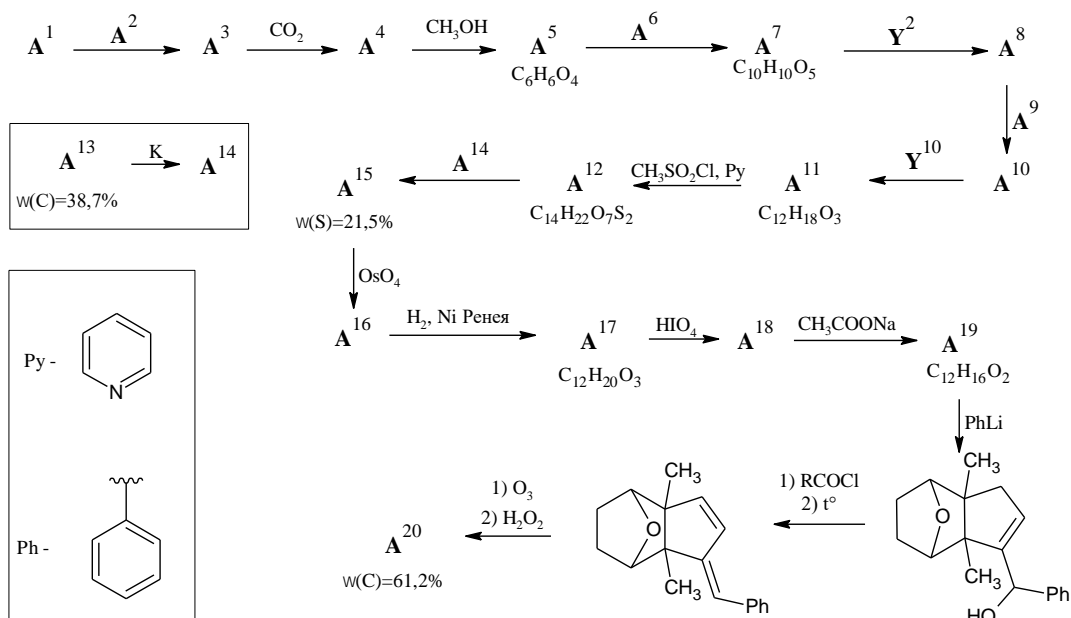
|                  |  |       |  |
|------------------|--|-------|--|
|                  | <p>Тогда скорость реакции:</p> $v_{\text{ср}} = \frac{v_{\text{общ}}(\text{NaOH}) - v_{\text{ост}}(\text{NaOH})}{V_{\text{общ}} \cdot \tau} = \frac{0,004000 \text{ моль} - 0,002440 \text{ моль}}{0,2000 \text{ л} \cdot 20 \cdot 60 \text{ с}} =$ $= 6,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$  | 1 б.  |  |
|                  | <p><b>2.7.</b><br/>По правилу Вант-Гоффа:</p> $\frac{v_{T_2}}{v_{T_1}} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} = \gamma^{\frac{\Delta T}{10}}$ <p>Скорость реакции должна увеличиться в 2 раза <math>\Rightarrow \frac{v_{T_2}}{v_{T_1}} = 2</math></p> <p>Температурный коэффициент скорости реакции <math>\gamma = 2</math></p> $2 = 2^{\frac{\Delta T}{10}} \Rightarrow \frac{\Delta T}{10} = 1 \Rightarrow \Delta T = 10 \text{ град}$   |       |  |
|                  | <p>Чтобы скорость реакции удвоилась, температура должна повыситься на 10 градусов <math>\Rightarrow</math> при 35°C.</p>   | 1 б.  |  |
|                  | <p><b>Примечание:</b> принимаются и другие верные варианты решения, полностью соответствующие условию задачи.</p>  |       |  |
| <b>Задача 3.</b> | <p>При взаимодействии газа <b>X<sup>1</sup></b> с кислородом в специальных условиях получается гетероциклическое соединение <b>X<sup>2</sup></b>, которое, взаимодействуя с метанолом, образует <b>X<sup>3</sup></b> (<math>\omega(\text{C}) = 47,4\%</math>). При взаимодействии <b>X<sup>2</sup></b> с аммиаком получается <b>X<sup>4</sup></b> (<math>\omega(\text{C}) = 39,3\%</math>). <b>X<sup>4</sup></b> нашел применение для очистки газов от примесей сероводорода.</p> <p><b>3.1.</b> Укажите структурные (полуразвернутые или развернутые) формулы веществ <b>X<sup>1</sup> – X<sup>4</sup></b>.</p> <p><b>3.2.</b> Представьте уравнение реакции основного применения газа <b>X<sup>1</sup></b>.</p> <p><b>3.3.</b> Напишите уравнение реакции, лежащей в основе очистки газов от сероводорода с использованием <b>X<sup>4</sup></b>. Укажите, как можно выделить сероводород, поглощенный раствором <b>X<sup>4</sup></b>, без использования дополнительных реагентов.</p> <p><b>X<sup>3</sup></b> применяется для получения используемого в органическом синтезе реагента <b>Y<sup>10</sup></b>. Один из вариантов его синтеза из простых веществ <b>Y<sup>1</sup>, Y<sup>2</sup>, Y<sup>4</sup>, Y<sup>5</sup></b> представлен на следующей схеме:</p> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\boxed{\text{Y}^1 \xrightarrow{\text{Y}^2} \text{Y}^3}</math> <math display="block">\text{Y}^8 \xleftarrow{\text{Y}^3} \text{Y}^7 \xleftarrow{\text{Y}^3} \text{Y}^6 \xleftarrow{\text{Y}^5} \text{Y}^4 \xrightarrow{\text{X}^3} \text{Y}^9 \xrightarrow{\text{Y}^8} \text{Y}^{10} \omega(\text{C})=35,6\%</math> </div> <p>Известно, что <b>Y<sup>1</sup></b> является щелочным металлом третьего периода. Если к смеси <b>Y<sup>1</sup></b> и <b>Y<sup>4</sup></b> (масса смеси 5,00 г) добавить воду, то выделяется газ <b>Y<sup>2</sup></b> объемом 3,03 л (н.у.) и образуется истинный раствор. <b>Y<sup>2</sup></b> может взаимодействовать с газом <b>Y<sup>5</sup></b> при облучении ультрафиолетом (цепная радикальная реакция).</p> <p><b>Y<sup>6</sup></b> представляет собой белое летучее вещество. При температуре 200°C и давлении 1 атм плотность его паров равна 6,88 г/дм<sup>3</sup>, а при повышении</p> | 27 б. |  |

температуры относительная плотность его паров по водороду уменьшается, достигая значения 66,75 при температуре выше 1000°C.

В реакции соединения между 1 моль  $Y^7$  и 2 моль  $Y^3$  образуется  $Y^8$ .

**3.4.** Установите формулы веществ  $Y^1 - Y^{10}$ .

Представленная далее схема синтеза вещества  $A^{20}$  является примером синтеза, где может использоваться реагент  $Y^{10}$ .



$A^1$  представляет собой органическое вещество линейного строения.

$A^2$  представляет собой магний-органическое соединение с массовой долей углерода 16,1%.

$A^6$  является ароматическими соединениями и имеет тот же качественный состав, что и  $X^2$ .

Реакцию превращения  $A^7$  в  $A^8$  осуществляют таким образом, чтобы 1 моль  $A^7$  взаимодействовал лишь с 1 моль  $Y^2$ . В  $A^8$  отсутствуют атомы водорода у  $sp^2$ -гибридных атомов углерода.

$A^{13}$  является одним из веществ, добавляемых к природному газу для придания запаха.

**3.5.** Представьте структурные (полуразвернутые или развернутые) формулы веществ  $A^1 - A^{20}$ .

**Решение:**

**3.1.**

В задаче часто даются массовые доли элементов, что позволяет определить формулу вещества или хотя бы предположить ее, что в совокупности с другими свойствами должно дать достаточно информации для точного определения структурной формулы.

На примере  $X^3$ :


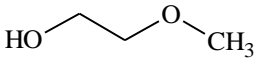
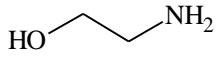

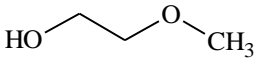
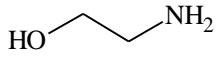

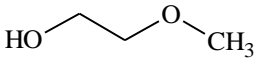
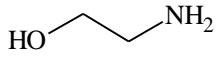
$$\omega(C) = \frac{n(C) \cdot M_r(C)}{M_r(X^3)}$$

$$M_r(X^3) = \frac{n(C) \cdot M_r(C)}{\omega(C)} = \frac{n(C) \cdot 12}{0,474} = 25,32 \cdot n(C)$$

Можно предположить, что число атомов углерода должно быть кратно трём. Тогда:

$$M_r(X^3) = 25,32 \cdot 3 = 75,96 \approx 76$$

4 б.

| <p>Смотрим, что может находиться в такой молекуле.<br/>Вычитаем три углерода:<br/><math>76 - 3 \cdot 12 = 40</math><br/>Газ <b>X<sup>1</sup></b> реагировал с кислородом, а полученное вещество еще с метанолом.<br/>Так что вполне вероятно наличие атомов кислорода в <b>X<sup>3</sup></b>.<br/><math>40 / 16 = 2,5 \Rightarrow</math> может содержать не более 2 атомов кислорода.<br/><math>40 - 16 \cdot 2 = 8</math> - может быть еще 8 атомов водорода.<br/>Тогда возможная формула:<br/><math>C_3H_8O_2</math><br/>Степень ненасыщенности:<br/><math display="block">NE = \frac{n(C) \cdot 2 + 2 - n(H) - n(Hal) + n(N)}{2} = \frac{3 \cdot 2 + 2 - 8}{2} = 0 \Rightarrow \text{насыщенное}</math><br/>соединение, не содержащее циклов.<br/>Учитывая реакцию с метанолом, можно предположить, что гетероциклическим соединением <b>X<sup>2</sup></b> является оксиран, а продукт взаимодействия с метанолом <b>X<sup>3</sup></b> – 2-метоксиэтан-1-ол.<br/>По аналогии с образованием <b>X<sup>3</sup></b> из <b>X<sup>2</sup></b>, при взаимодействии <b>X<sup>2</sup></b> с <math>NH_3</math> образуется 2-аминоэтан-1-ол.<br/>Тогда газ <b>X<sup>1</sup></b> – этен, который образует оксиран при взаимодействии с кислородом на серебряном катализаторе.</p> <table><tr><th><b>X<sup>1</sup></b></th><th><b>X<sup>2</sup></b></th><th><b>X<sup>3</sup></b></th><th><b>X<sup>4</sup></b></th></tr><tr><td><math>H_2C=CH_2</math></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1 б.</td><td>1 б.</td><td>1 б.</td><td>1 б.</td></tr></table> <p><b>Примечание:</b> за потерю каждого водорода в формуле органического вещества снимается 0,1 б.<br/>В случае этена за молекулярную формулу вместо структурной – 0,75 б. В остальных случаях 0 б.</p> | <b>X<sup>1</sup></b>  | <b>X<sup>2</sup></b>   | <b>X<sup>3</sup></b>  | <b>X<sup>4</sup></b> | $H_2C=CH_2$ |  |  |  | 1 б. | 1 б. | 1 б. | 1 б. |  |
|--|---|--|---|----------------------|-------------|---|--|---|------|------|------|------|--|
| <b>X<sup>1</sup></b>   | <b>X<sup>2</sup></b>  | <b>X<sup>3</sup></b>   | <b>X<sup>4</sup></b>  |                      |             |   |  |   |      |      |      |      |  |
| $H_2C=CH_2$  |  |  |  |                      |             |   |  |   |      |      |      |      |  |
| 1 б.   | 1 б.  | 1 б.   | 1 б.  |                      |             |   |  |   |      |      |      |      |  |
| <p><b>3.2.</b><br/>Основное применение этилена – полимеризация:</p> $n \text{ } H_2C=CH_2 \xrightarrow{t^\circ, p, kat} \dots \left[ CH_2-CH_2 \right]_n \dots$ <p><b>Примечание:</b> 1 б. за уравнение реакции образования полиэтилена. Если только указано, что процесс образования полиэтилена – 0,5 б.</p>   | 1 б.  |  |   |                      |             |   |  |   |      |      |      |      |  |
| <p><b>3.3.</b><br/>Применение для очистки от сероводорода:</p> $HO-CH_2-CH_2-NH_2 + H_2S \rightleftharpoons HO-CH_2-CH_2-NH_3^+ HS^-$ <p>Процесс обратимый. Равновесие можно сместить влево, т.е. обеспечить выделение абсорбированного сероводорода, путем понижения давления и повышением температуры.<br/><b>Примечание:</b> 1 б. – уравнение реакции; 0,5 б. – условие смещения равновесия.</p>  | 1,5 б.  |  |   |                      |             |   |  |   |      |      |      |      |  |
| <p><b>3.4.</b><br/>Щелочной металл третьего периода – натрий (<b>Y<sup>1</sup></b>). При взаимодействии натрия с водой выделяется водород <math>\Rightarrow</math> <b>Y<sup>2</sup></b> – водород.<br/>При взаимодействии натрия с водородом образуется гидрид натрия (<b>Y<sup>3</sup></b> - NaH).<br/>При взаимодействии смеси <b>Y<sup>1</sup></b> и <b>Y<sup>4</sup></b> с водой образуется водород и истинный раствор <math>\Rightarrow</math> <b>Y<sup>4</sup></b> также должен реагировать с водой или с образовавшейся щелочью.<br/>Определяем молярную массу <b>Y<sup>6</sup></b> при 200°C:</p>  | 5,5 б.  |  |   |                      |             |   |  |   |      |      |      |      |  |

$$M = \frac{\rho RT}{p} = \frac{6,88 \cdot 10^3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \cdot 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot (273 + 200) \text{К}}{101325 \text{Па}} = 267 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

А при 1000°C:

$$M = M(\text{H}_2) \cdot D_{\text{H}_2} = 66,75 \cdot 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 133,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Подбирая по свойствам, находим, что  $\text{Y}^6$  – это  $\text{AlCl}_3$ , который в газовой фазе представляет собой димер, который превращается в мономер при повышении температуры.

$\text{Y}^5$  – хлор, взаимодействие которого с водородом происходит под действием ультрафиолетового облучения.

По массовой доле углерода в  $\text{Y}^{10}$  можно найти формулу  $\text{Y}^{10}$ .

|                                  |                       |                                     |   |  |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---|--|
| $\text{Y}^1$ –<br>Na             | $\text{Y}^3$ –<br>NaH | $\text{Y}^5$ –<br>Cl <sub>2</sub>   | $\text{Y}^7$ –<br>Na[AlH <sub>4</sub> ]               | $\text{Y}^9$ –<br>Al(OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>                        |
| 0,25 б.                          | 0,5 б.                | 0,5 б.                              | 0,5 б.  | 1 б.   |
| $\text{Y}^2$ –<br>H <sub>2</sub> | $\text{Y}^4$ –<br>Al  | $\text{Y}^6$ –<br>AlCl <sub>3</sub> | $\text{Y}^8$ –<br>Na <sub>3</sub> [AlH <sub>6</sub> ] | $\text{Y}^{10}$ –<br>Na[AlH <sub>2</sub> (OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] |
| 0,25 б.                          | 0,5 б.                | 0,5 б.                              | 0,5 б.  | 1 б.   |

### 3.5.

Расшифровка веществ  $\text{A}^1$  –  $\text{A}^{20}$ .

В цепочке имеются данные по массовым долям элементов в некоторых веществах или молекулярные формулы веществ, что помогает в расшифровке цепочки.

Кроме того, даются и другие подсказки.

$\text{A}^1$  – линейное строение => ацетилен

$\text{A}^2$ :

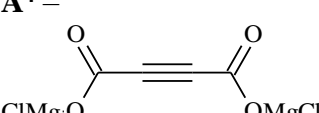
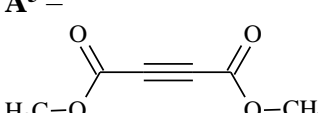
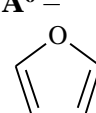
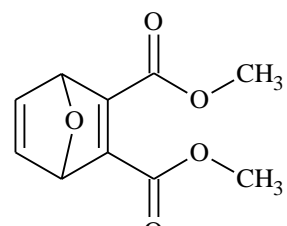
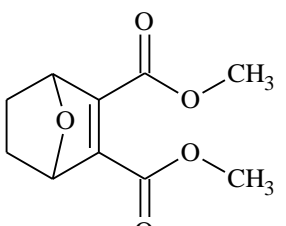

$$\omega(\text{C}) = \frac{n(\text{C}) \cdot M(\text{C})}{M(\text{A}^2)} \Rightarrow$$

$$M(\text{A}^2) = \frac{n(\text{C}) \cdot M(\text{C})}{\omega(\text{C})} = \frac{12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot n(\text{C})}{0,161} = 74,5 \cdot n(\text{C}) \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

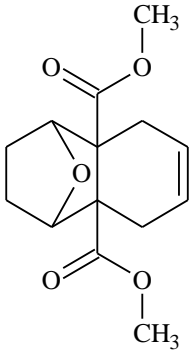
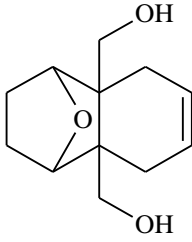
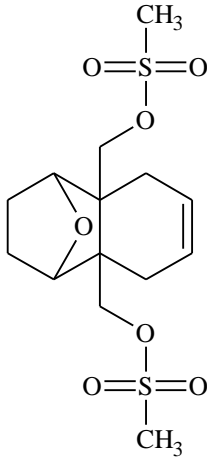
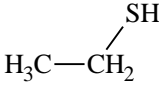
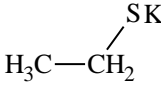
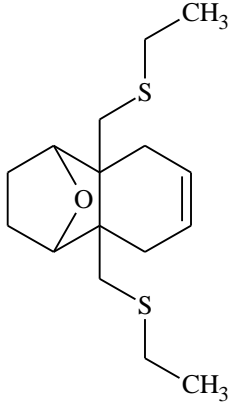
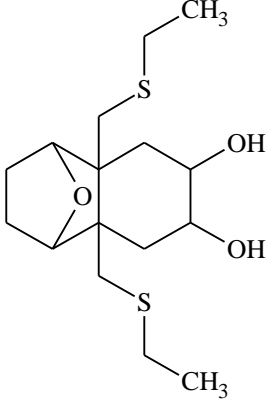
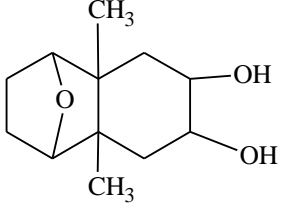
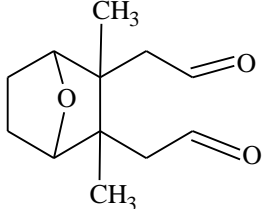
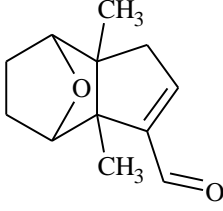
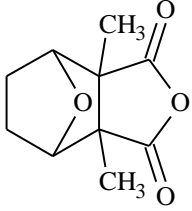
Если в своем составе содержит 1 атом углерода, то может содержать в себе хлор (35,5), один атом магния и 3 водорода =>  $\text{CH}_3\text{MgCl}$

Подходит по дальнейшим превращениям.

И т.д.

|   |   |   |       |
|---|---|---|-------|
| $\text{A}^1$ –<br>HC≡CH<br>0,5 б.   | $\text{A}^2$ –<br>CH <sub>3</sub> MgCl<br>0,5 б.  | $\text{A}^3$ –<br>ClMg—≡—MgCl<br>0,5 б.   | 15 б. |
| $\text{A}^4$ –<br><br>0,5 б. | $\text{A}^5$ –<br><br>0,5 б. | $\text{A}^6$ –<br><br>0,5 б. |       |
| $\text{A}^7$ –<br><br>1 б.   | $\text{A}^8$ –<br><br>1 б.   | $\text{A}^9$ –<br><br>1 б.   |       |



|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
| <p><b>A<sup>10</sup></b> –</p>  <p>1 б.</p>   | <p><b>A<sup>11</sup></b> –</p>  <p>1 б.</p>     | <p><b>A<sup>12</sup></b> –</p>  <p>1 б.</p>    |  |  |
| <p><b>A<sup>13</sup></b> –</p>  <p>0,5 б.</p> | <p><b>A<sup>14</sup></b> –</p>  <p>0,5 б.</p>   | <p><b>A<sup>15</sup></b> –</p>  <p>0,5 б.</p> |  |  |
| <p><b>A<sup>16</sup></b> –</p>  <p>1 б.</p> | <p><b>A<sup>17</sup></b> –</p>  <p>0,5 б.</p> | <p><b>A<sup>18</sup></b> –</p>  <p>1 б.</p>  |  |  |
| <p><b>A<sup>19</sup></b> –</p>  <p>1 б.</p> | <p><b>A<sup>20</sup></b> –</p>  <p>1 б.</p>   |   |  |  |
| <p><b>Примечание:</b> за потерю каждого атома водорода снимается 0,1 б.</p>  |  |   |  |  |