

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ
Теоретический тур, 14 – 17 марта 2025 года, XII-ый класс

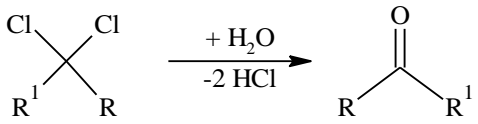
Время работы: 240 минут

Желаем успехов!

Внимание: Все ответы записываются на рабочих листах.

Не забывайте расставлять коэффициенты в уравнениях реакций!

Тест (11 б.) Для заданий теста на листах ответов укажите только букву, которая соответствует правильному ответу.

<p>1. Теплота сгорания метана равна 890 кДж/моль, а теплота сгорания пропана 2147 кДж/моль. Выберите верное утверждение:</p> <p>a) При сжигании 1 л (н.у.) пропана выделяется больше тепла, чем при сжигании 1 л (н.у.) метана.</p> <p>b) При сжигании 1 л (н.у.) пропана выделяется такое же количество тепла, как и при сжигании 1 л (н.у.) метана.</p> <p>c) При сжигании 1 кг пропана выделяется больше тепла, чем при сжигании 1 кг метана.</p> <p>d) При сжигании 1 кг пропана выделяется такое же количество тепла, как при сжигании 1 кг метана.</p>	1 б.																												
<p>2. При взаимодействии бут-1-ена с бромной водой основным продуктом является:</p> <p>a) 1,2-дибромбутан; b) 2-бромбутан-2-ол;</p> <p>c) 1-бромбутан-2-ол; d) 2-бромбутан-1-ол.</p>	1 б.																												
<p>3. Гидролиз геминальных дихлорпроизводных представляет собой один из способов синтеза карбонильных соединений:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Сколько карбонильных соединений образуется при гидролизе геминальных дихлорпроизводных насыщенных ациклических углеводородов, состоящих из 14 атомов?</p> <p>a) 2; b) 3; c) 6; d) 8.</p>	1 б.																												
<p>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:</p> <p>a) уменьшения расходов реагентов для осаждения;</p> <p>b) роста скорости осаждения;</p> <p>c) уменьшения количества аппаратуры в схеме производства.</p>	1 б.																												
<p>5. Объёмные доли газов на выходе из реактора синтеза аммиака равны: NH_3 – 17%, N_2 – 11% и H_2 – 72%. Отношение $V(\text{N}_2):V(\text{H}_2)$ в реакционной смеси при входе в реактор для синтеза равно:</p> <p>a) 1 : 2; b) 1 : 3; c) 1 : 4; d) 1 : 5.</p>	2 б.																												
<p>6. Для реакции:</p> $\text{A} + \text{B} + \text{C} \longrightarrow \text{продукты}$ <p>были определены значения скорости реакции при различных концентрациях реагирующих веществ:</p> <table border="1" data-bbox="263 1825 1257 2098"> <thead> <tr> <th rowspan="2">№ эксперимента</th> <th colspan="3">Концентрации реагирующих веществ, моль·л⁻¹</th> <th rowspan="2">Скорость реакции, моль·л⁻¹·с⁻¹</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1,0·10⁻²</td> <td>1,0·10⁻²</td> <td>1,0·10⁻²</td> <td>3,0·10⁻⁴</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2,0·10⁻²</td> <td>1,0·10⁻²</td> <td>1,0·10⁻²</td> <td>6,0·10⁻⁴</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1,0·10⁻²</td> <td>2,0·10⁻²</td> <td>1,0·10⁻²</td> <td>3,0·10⁻⁴</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1,0·10⁻²</td> <td>1,0·10⁻²</td> <td>2,0·10⁻²</td> <td>12,0·10⁻⁴</td> </tr> </tbody> </table>	№ эксперимента	Концентрации реагирующих веществ, моль·л ⁻¹			Скорость реакции, моль·л ⁻¹ ·с ⁻¹	A	B	C	1	1,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	3,0·10 ⁻⁴	2	2,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	6,0·10 ⁻⁴	3	1,0·10 ⁻²	2,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	3,0·10 ⁻⁴	4	1,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	2,0·10 ⁻²	12,0·10 ⁻⁴	1 б.
№ эксперимента		Концентрации реагирующих веществ, моль·л ⁻¹				Скорость реакции, моль·л ⁻¹ ·с ⁻¹																							
	A	B	C																										
1	1,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	3,0·10 ⁻⁴																									
2	2,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	6,0·10 ⁻⁴																									
3	1,0·10 ⁻²	2,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	3,0·10 ⁻⁴																									
4	1,0·10 ⁻²	1,0·10 ⁻²	2,0·10 ⁻²	12,0·10 ⁻⁴																									

<p>Кинетическое уравнение для скорости этой реакции:</p> <p>a) $v = k \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C$; b) $v = k \cdot C_A \cdot C_C^2$; c) $v = k \cdot C_A \cdot C_B^2$; d) $v = k \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C^2$.</p>												
<p>7. Даны две обратимые реакции – 1 и 2. В таблице приведены численные значения констант равновесия этих реакций при двух температурах:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Температура, К</th> <th colspan="2">Численные значения константы равновесия</th> </tr> <tr> <th>Реакция 1</th> <th>Реакция 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500</td> <td>500</td> <td>$2,8 \cdot 10^{-3}$</td> </tr> <tr> <td>800</td> <td>0,3</td> <td>$4,5 \cdot 10^{-2}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Укажите верное высказывание для прямых реакций:</p> <p>a) реакции 1 и 2 являются экзотермическими; b) реакция 1 является эндотермической, а реакция 2 является экзотермической; c) реакции 1 и 2 являются эндотермическими; d) реакция 1 является экзотермической, а реакция 2 является эндотермической.</p>	Температура, К	Численные значения константы равновесия		Реакция 1	Реакция 2	500	500	$2,8 \cdot 10^{-3}$	800	0,3	$4,5 \cdot 10^{-2}$	1 б.
Температура, К		Численные значения константы равновесия										
	Реакция 1	Реакция 2										
500	500	$2,8 \cdot 10^{-3}$										
800	0,3	$4,5 \cdot 10^{-2}$										
<p>8. Значение рН воды при температуре 45°C равно:</p> <p>a) 6,70; b) 7,00; c) 7,28; d) 10^{-7} моль/л.</p>	1 б.											
<p>9. Окраска метилоранжа в растворе, полученном в результате разбавления 0,001 М раствора HCl в 1000 раз:</p> <p>a) красная; b) оранжевая; c) желтая; d) малиновая.</p>	1 б.											
<p>10. В 1,00 л водного раствора находится 0,365 г соляной кислоты и 6,00 г уксусной кислоты ($K_a = K_{\text{дисс}} = 1,75 \cdot 10^{-5}$). К этому раствору добавляется 3,00 г гидроксида натрия. Чему равно значение рН раствора до и после добавления гидроксида натрия?</p> <p>a) 2 и 7; b) 3 и 5; c) 2 и 5; d) 3 и 8.</p>	1 б.											

Задача 1. (20 б.) Навеску пирита массой 1,5000 г (84,00% FeS₂, 4,85% ZnS, остальное – химически стабильные в указанных процессах нелетучие вещества) подвергли обжигу, используя при этом 40%-ый избыток воздуха по сравнению с необходимым количеством для полного окисления FeS₂ и ZnS. Полученный газ направили в реактор с катализатором Y для окисления SO₂ до SO₃. Образовавшийся в реакторе газ пропустили через раствор, полученный путем смешения 20,00 мл раствора KMnO₄ $\left(c \left(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4 \right) = 0,4875 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \right)$ с 10 мл 1 М раствора серной кислоты. На титрование

избытка перманганата калия израсходовали 7,20 мл раствора соли железа(II) $c(\text{Fe}^{2+}) = 0,5000 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}$.

1.1. Запишите уравнения всех протекающих реакций и определите степень превращения (X) SO₂ в реакторе окисления. Примечание: степень превращения равна отношению количества прореагировавшего вещества к его начальному количеству:

$$X(\text{SO}_2) = \frac{v_{\text{прореагировало}}(\text{SO}_2)}{v_{\text{начальное}}(\text{SO}_2)}$$

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 500°C до установления постоянного давления, равного 2,310 атм.

1.2. Определите степень превращения SO₂ при достижении состояния равновесия в этих условиях. Состав воздуха примите равным 21% O₂ и 79% N₂ (по объему).

1.3. Определите константу равновесия K_c в этих условиях.

Катализатор **Y** считается эффективным, если степень превращения оксида серы(IV) достигает 95% от равновесной степени превращения.

1.4. Определите, можно ли считать катализатор **Y** эффективным.

Задача 2. (12 б.) Этанол массой 92 г, в результате нескольких последовательных реакций, был превращен в вещество **A**, состава $C_2H_6O_2$. Вещество **A** в дальнейшем окислили до щавелевой кислоты, которую подвергли реакции этерификации избытком метанола, получив сложный эфир **B**.

2.1. Укажите структурную формулу вещества **A**.

2.2. Предложите вариант последовательности реакций, которые позволят превратить этанол в вещество **A**. 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 $[O]$, а для облегчения реакций восстановления можете использовать $[H]$, обязательно указывая при этом, какое вещество использовалось в качестве окислителя/восстановителя и условия осуществления.

2.3. Напишите уравнение реакции этерификации щавелевой кислоты избытком метанола, указав условия проведения этого процесса.

2.4. Определите массу метанола, необходимого для этерификации, если вещество **A** было получено с выходом 70%, выход щавелевой кислоты в реакции окисления вещества **A** составил 60%, а метанол следует взять с 30% избытком по отношению к теоретически необходимому.

Часть вещества **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 NaOH. 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 HCl. Полученный при этом раствор оттитровали 0,04000 М раствором NaOH в присутствии фенолфталеина, израсходовав при этом 6,40 мл раствора NaOH.

2.5. Напишите уравнение реакции щелочного гидролиза вещества **B**, а также уравнения всех реакций, которые были проведены в ходе определения скорости реакции.

2.6. Определите среднюю скорость расхода щелочи (в моль/(л·с)) за первые 20 минут после начала реакции при 25°C.

2.7. Определите температуру, при которой следует проводить гидролиз, чтобы удвоить его скорость, если температурный коэффициент скорости этой реакции равен 2.

Примечание: во всех уравнениях реакций для органических веществ используйте структурные (полуразвернутые или развернутые) формулы.

Задача 3. (27 б.)

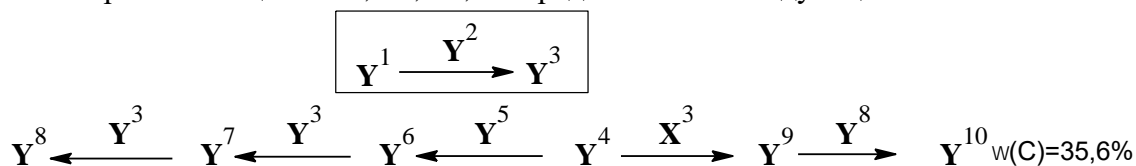
При взаимодействии газа **X**¹ с кислородом в специальных условиях получается гетероциклическое соединение **X**², которое, взаимодействуя с метанолом, образует **X**³ ($\omega(C) = 47,4\%$). При взаимодействии **X**² с аммиаком получается **X**⁴ ($\omega(C) = 39,3\%$). **X**⁴ нашел применение для очистки газов от примесей сероводорода.

3.1. Укажите структурные (полуразвернутые или развернутые) формулы веществ **X**¹ – **X**⁴.

3.2. Представьте уравнение реакции основного применения газа **X**¹.

3.3. Напишите уравнение реакции, лежащей в основе очистки газов от сероводорода с использованием X^4 . Укажите, как можно выделить сероводород, поглощенный раствором X^4 , без использования дополнительных реагентов.

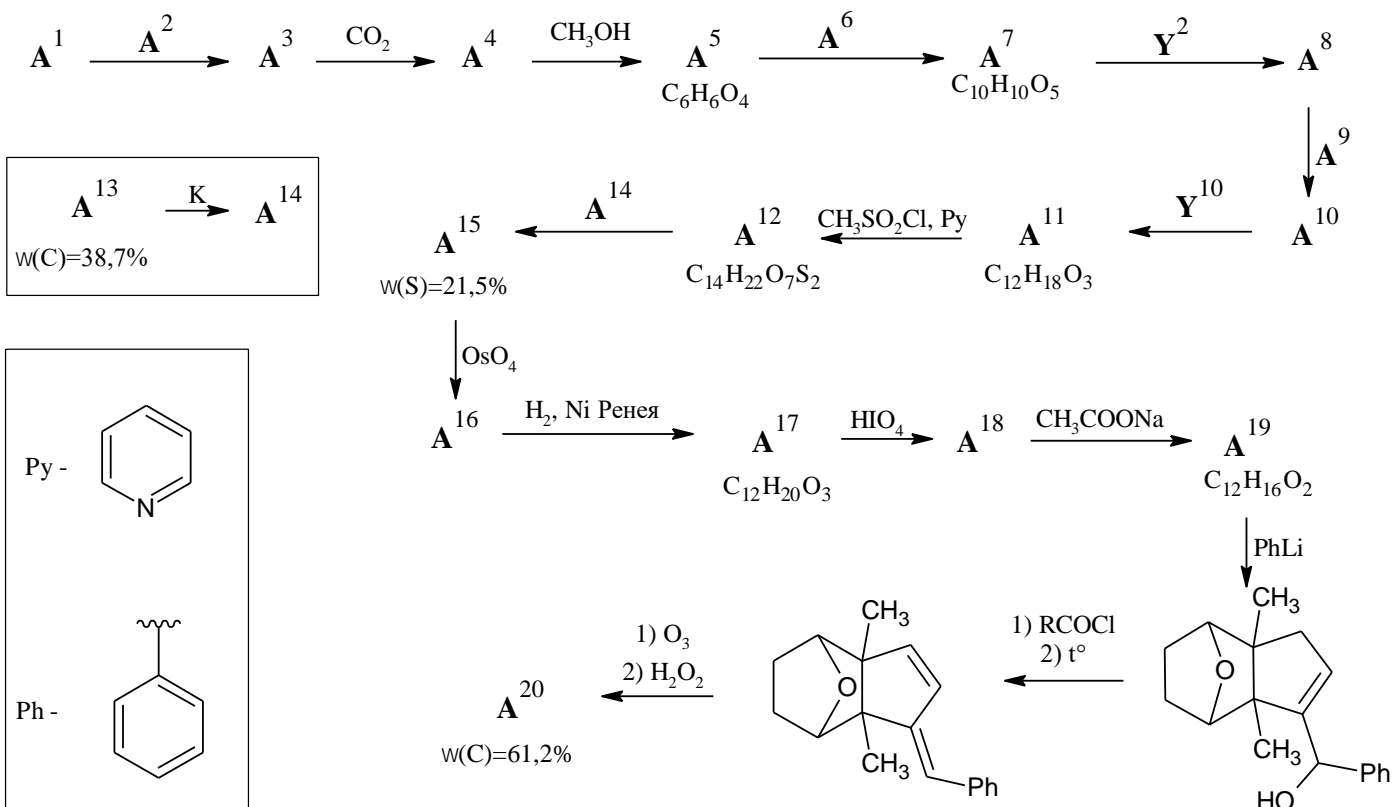
X^3 применяется для получения используемого в органическом синтезе реагента Y^{10} . Один из вариантов его синтеза из простых веществ Y^1, Y^2, Y^4, Y^5 представлен на следующей схеме:



Известно, что Y^1 является щелочным металлом третьего периода. Если к смеси Y^1 и Y^4 (масса смеси 5,00 г) добавить воду, то выделяется газ Y^2 объемом 3,03 л (н.у.) и образуется истинный раствор. Y^2 может взаимодействовать с газом Y^5 при облучении ультрафиолетом (цепная радикальная реакция). Y^6 представляет собой белое летучее вещество. При температуре 200°C и давлении 1 атм плотность его паров равна 6,88 г/дм³, а при повышении 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 $A^1 - A^{20}$.