

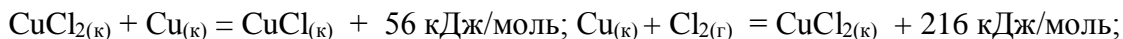
**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2021**

«УТВЕРЖДАЮ»

Врио ректора ТПУ _____ А. А. Яковлев

Химия Вариант 0 ДЕМО

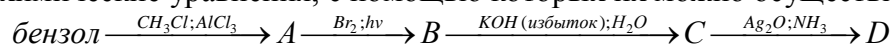
Задача 1. Исходя из двух термохимических уравнений и не используя справочных данных:



определите тепловой эффект реакции образования хлорида меди (I) из меди и хлора.

(10 баллов)

Задача 2. Для следующей последовательности химических превращений запишите химические уравнения, с помощью которых их можно осуществить:



В уравнениях реакций укажите структурные формулы всех органических веществ. Для веществ А, В, С, D приведите названия. **(10 баллов)**

Задача 3. Смесь оксида и пероксида бария обработали избытком серной кислоты. Осадок отфильтровали, высушили и взвесили, его масса составила 46,6 г. К полученному раствору добавили избыток раствора перманганата калия, в результате выделилось 3,36 л газа (н. у.). Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси. **(15 баллов)**

Задание 4. В четыре пробирки налиты растворы: хлорида аммония, сульфата калия, карбоната натрия, сульфида алюминия. В какой цвет окрасятся растворы при добавлении к ним индикаторов: лакмуса, фенолфталеина, метилового оранжевого. Укажите причину изменения окраски растворов. Дайте мотивированный ответ. Приведите уравнения процесса, протекающего в растворах. В каких растворах процесс может протекать ступенчато? При каких условиях протекают первая и вторая ступени процесса? **(15 баллов)**

Задание 5. К раствору, образующему при действии 30 мл раствора серной кислоты (массовая доля кислоты 25 %, плотность раствора 1,40 г/мл) на 6 г железа, прибавили 60 г раствора нитрата бария (массовая доля соли 33 %). Для соответствующих химических превращений запишите химические уравнения. Найдите массу сульфата бария. **(15 баллов)**

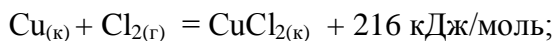
Задание 6. Хватит ли раствора массой 120 г с массовой долей перманганата калия 4 % для окисления раствора массой 50 г с массовой долей сульфита натрия 3 %, который содержит также гидроксид калия? **(15 баллов)**

Задача 7. Органическое вещество состоит из атомов углерода, водорода и кислорода. При сгорании 2,3 г этого вещества образуется 4,4 г углекислого газа и 2,7 г воды. Данное вещество газообразно при н. у. Плотность его паров по воздуху равна 1,586. Известно, что это вещество может быть получено дегидратацией спирта. Оно не реагирует с металлическим натрием и не способно разлагаться при действии водных растворов щелочей и кислот. Характерной реакцией для этого вещества является его разложение при нагревании с йодоводородом. Установите молекулярную исходного органического вещества. Составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле. Назовите его. Запишите уравнения описанных реакций. **(20 баллов)**

Председатель предметной комиссии
по химии, к.х.н., доцент _____

Е. Б. Голушкова

Задание 1. Исходя из двух термохимических уравнений и не используя справочных данных:

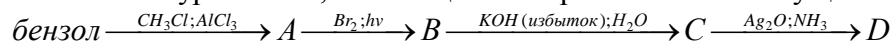


определите тепловой эффект реакции образования хлорида меди (I) из меди и хлора.

(10 баллов)

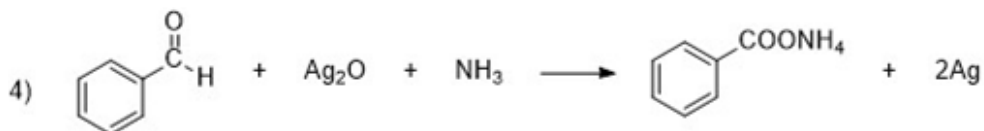
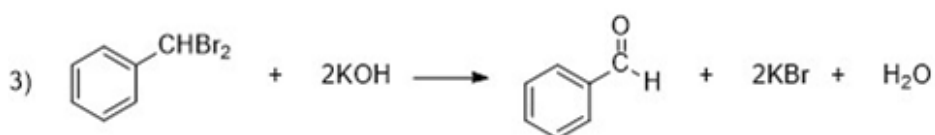
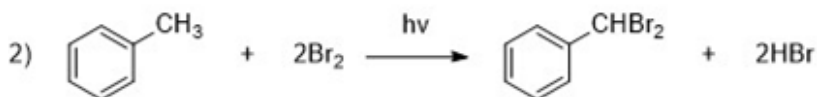
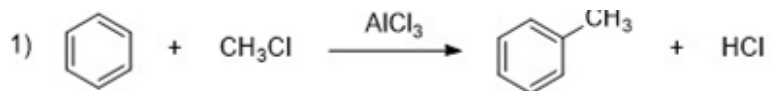
Дано:	Решение
$\Delta H_1 = 56 \text{ кДж/моль}$ $\Delta H_2 = 216 \text{ кДж/моль}$	1. Запишем уравнение реакции образования хлорида меди (I) из меди и хлора: $2\text{Cu} + \text{Cl}_2 = 2\text{CuCl}$
Найти: ΔH_3	2. Согласно закону Гесса: «Тепловой эффект реакции зависит от природы и состояния реагентов и продуктов, но не зависит от пути реакции, т.е. от числа и характера промежуточных стадий». Следовательно, мы можем складывать и вычитать, умножать на коэффициенты термохимические уравнения. Сложим два исходных уравнения: $\text{CuCl}_{2(\text{к})} + \text{Cu}_{(\text{к})} = 2\text{CuCl}_{(\text{к})} + 56 \text{ кДж/моль};$ + $\text{Cu}_{(\text{к})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = \text{CuCl}_{2(\text{к})} + 216 \text{ кДж/моль};$ <hr/> $\text{CuCl}_{2(\text{к})} + \text{Cu}_{(\text{к})} + \text{Cu}_{(\text{к})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{CuCl}_{(\text{к})} + \text{CuCl}_{2(\text{к})} + 272 \text{ кДж/моль}$ 3. После сокращения получаем $2\text{Cu} + \text{Cl}_2 = 2\text{CuCl} + 272 \text{ кДж/моль}$
Ответ: $\Delta H_3 = 272 \text{ кДж/моль}$	

Задание 2. Для следующей последовательности химических превращений запишите химические уравнения, с помощью которых их можно осуществить:

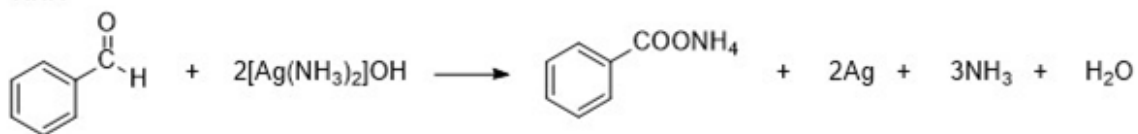


В уравнениях реакций укажите структурные формулы всех органических веществ. Для веществ А, В, С, D приведите названия. **(10 баллов)**

Решение. Составим уравнения указанных превращений:



или



Названия веществ: А – толуол, В-дибромфенилметан, С-бензальдегид, D – бензоат аммония.

Задача 3. Смесь оксида и пероксида бария обработали избытком серной кислоты. Осадок отфильтровали, высушили и взвесили, его масса составила 46,6 г. К полученному раствору добавили избыток раствора перманганата калия, в результате выделилось 3,36 л газа (н. у.). Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси. **(15 баллов)**

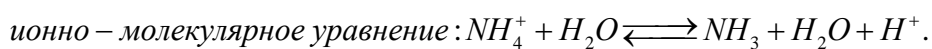
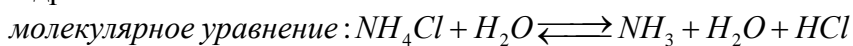
Решение.

<p>Дано: Смесь BaO и BaO₂ $m_{\text{осадка}} = 46,6 \text{ г}$ $V_{\text{выд.газа (н.у.)}} = 3,36 \text{ л}$</p>	<p>Решение</p> <p>1. Запишем уравнения реакций: $\text{BaO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ $5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{O}_2 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ Выпадающий осадок - BaSO₄, выделившийся газ – O₂</p>
<p>Найти: $\omega(\text{BaO}) - ?$ $\omega(\text{BaO}_2) - ?$</p>	<p>2. Рассчитаем общее количество оксида и пероксида бария по массе выпавшего осадка – сульфата бария: $\nu(\text{BaSO}_4) = \frac{46,6}{233} = 0,2 \text{ моль}$ $\nu(\text{BaO}) + \nu(\text{BaO}_2) = 0,2 \text{ моль}$</p> <p>3. Рассчитаем количество и массу пероксида бария по уравнению реакции с раствором перманганата калия по объему выделившегося газа – кислорода: $\nu(\text{O}_2) = \frac{3,36}{22,4} = 0,15 \text{ моль} = \nu(\text{H}_2\text{O}_2) = \nu(\text{BaO}_2)$ $m(\text{BaO}_2) = 0,15 \cdot 169 = 25,35 \text{ г}$</p> <p>4. Рассчитаем количество и массу оксида бария: $\nu(\text{BaO}) = 0,2 - 0,15 = 0,05 \text{ моль}$ $m(\text{BaO}) = 0,05 \cdot 153 = 7,65 \text{ моль}$</p> <p>5. Рассчитаем массовые доли веществ в исходной смеси: $m_{\text{смеси}} = m(\text{BaO}_2) + m(\text{BaO}) = 25,35 + 7,65 = 33 \text{ г}$ $\omega(\text{BaO}_2) = \frac{25,35}{33} \cdot 100\% = 77\%$ $\omega(\text{BaO}) = 100 - 77 = 23\%$</p>
<p>Ответ: $\omega(\text{BaO}_2) = 77\%$ $\omega(\text{BaO}) = 23\%$</p>	

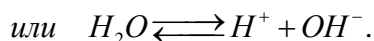
Задание 4. В четыре пробирки налиты растворы: хлорида аммония, сульфата калия, карбоната натрия, сульфида алюминия. В какой цвет окрасятся растворы при добавлении к ним индикаторов: лакмуса, фенолфталеина, метилового оранжевого. Укажите причину изменения окраски растворов. Дайте мотивированный ответ. Приведите уравнения процесса, протекающего в растворах. В каких растворах процесс может протекать ступенчато? При каких условиях протекают первая и вторая ступени процесса? (15 баллов)

Решение. При растворении веществ может протекать процесс гидролиза – взаимодействие ионов растворенного вещества с молекулами воды. В результате происходит изменение среды растворов. Поэтому при добавлении к ним индикаторов возникает изменение их окраски.

NH_4Cl – соль, образованная катионом слабого основания и анионом сильной кислоты, гидролизуеться обратимо по катиону, среда раствора – кислая. Уравнения процесса гидролиза:

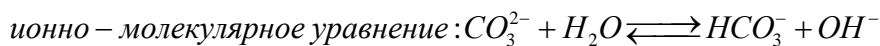
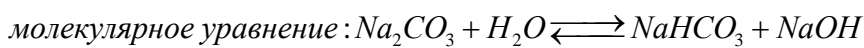


K_2SO_4 – соль, образованная катионом сильного основания и анионом сильной кислоты, не гидролизуеться, среда раствора – нейтральная. Уравнения процесса гидролиза:

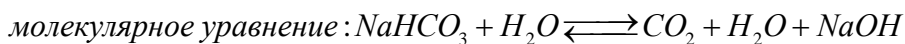


Na_2CO_3 – соль, образованная катионом сильного основания и анионом слабой кислоты, гидролизуеться обратимо по аниону, в две ступени, т.к. анион двузарядный, среда раствора – щелочная. Уравнения процесса гидролиза:

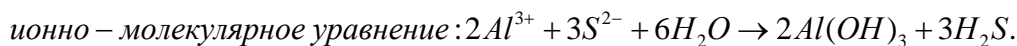
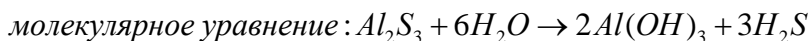
1 ступень:



2 ступень:



Al_2S_3 – соль, образованная катионом слабого основания и анионом слабой кислоты, гидролизуеться необратимо по катиону и аниону, в одну ступень, т.к. катион и анион образуют слабые электролиты, среда раствора – близка к нейтральной. Уравнения процесса гидролиза:



При добавлении к растворам индикаторов:

Раствор	Цвет раствора		
	лакмус	фенолфталеин	Метилловый оранжевый
NH_4Cl	красный	бесцветный	розовый
K_2SO_4	фиолетовый	бесцветный	оранжевый
Na_2CO_3	синий	малиновый	желтый
Al_2S_3	фиолетовый	бесцветный	оранжевый

Задание 5. К раствору, образующему при действии 30 мл раствора серной кислоты (массовая доля кислоты 25 %, плотность раствора 1,40 г/мл) на 6 г железа, прибавили 60 г раствора нитрата бария (массовая доля соли 33 %). Для соответствующих химических превращений запишите химические уравнения. Определите массу образовавшегося осадка. (15 баллов)

<p>Дано: $V(H_2SO_4)_{р-р} = 30$ мл, $\omega(H_2SO_4) = 25\%$, $\rho(H_2SO_4) = 1,4$ г/мл, $m(Fe) = 6$ г, $m(Ba(NO_3)_2)_{р-р} = 60$ г, $\omega(Ba(NO_3)_2) = 33\%$.</p>	<p style="text-align: center;">Решение</p> <p>1. Запишем уравнение реакции № 1: $H_2SO_4 + Fe = FeSO_4 + H_2$</p> <p>2. Определяем исходное количество железа и серной кислоты:</p> $n(Fe) = \frac{m(Fe)}{M(Fe)} = \frac{6 \text{ г}}{56 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,107 \text{ моль}$ $\omega(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)_{р-в}}{V(H_2SO_4) \cdot \rho(H_2SO_4)} \cdot 100\%$
<p>Найти: $m(BaSO_4)_{осадка} = ?$</p>	$m(H_2SO_4)_{р-в} = \frac{\omega(H_2SO_4) \cdot \rho(H_2SO_4) \cdot V(H_2SO_4)}{100\%}$ $= \frac{25\% \cdot \frac{1,4\text{г}}{\text{мл}} \cdot 30\text{мл}}{100\%} = 10,5 \text{ г}$ $n(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{10,5 \text{ г}}{98 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,107 \text{ моль}$ <p>3. Количество железа и серной кислоты равны, следовательно, исходя из уравнения реакции № 1, $n(FeSO_4) = 0,107$ моль.</p> <p>4. Запишем уравнение реакции № 2:</p> $FeSO_4 + Ba(NO_3)_2 = BaSO_4 \downarrow + Fe(NO_3)_2$ <p>$BaSO_4$ – выпадает в осадок.</p> <p>5. Определим количество нитрата бария:</p> $\omega(Ba(NO_3)_2) = \frac{m(Ba(NO_3)_2)_{р-в}}{m(Ba(NO_3)_2)_{р-р}} \cdot 100\%$ $m(Ba(NO_3)_2)_{р-в} = \frac{\omega(Ba(NO_3)_2) \cdot m(Ba(NO_3)_2)_{р-р}}{100\%}$ $= \frac{33\% \cdot 60\text{г}}{100\%} = 19,8 \text{ г}$

$$n(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = \frac{m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2)}{M(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2)} = \frac{19,8 \text{ г}}{261 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,076 \text{ моль}$$

6. Согласно реакции № 2 количество нитрата бария равно количеству сульфата бария:

$$n(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{BaSO}_4) = 0,076 \text{ моль.}$$

7. Определим массу образовавшегося осадка сульфата бария:

$$m(\text{BaSO}_4) = n(\text{BaSO}_4) \cdot M(\text{BaSO}_4) = 0,076 \text{ моль} \cdot 233 \text{ г/моль} = 17,71 \text{ г.}$$

Ответ: $m(\text{BaSO}_4)_{\text{осадка}} = 17,71 \text{ г}$

Задача 6. Хватит ли раствора массой 120 г с массовой долей перманганата калия 4 % для окисления раствора массой 50 г с массовой долей сульфита натрия 3 %, который содержит также гидроксид калия? (15 баллов)

	Решение
<p>Найти: Хватит ли раствора KMnO_4 = ?</p>	<p>1. Запишем уравнение окислительно-восстановительной реакции: $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$</p> <p>2. Уравняем реакцию методом электронного баланса:</p> $\begin{array}{l} \text{Mn}^{+7} + \text{e} \rightarrow \text{Mn}^{+6} \quad \quad 1 \quad 2 - \text{ процесс восстановления} \\ \text{S}^{+4} - 2\text{e} \rightarrow \text{S}^{+4} \quad \quad \quad 2 \quad 1 - \text{ процесс окисления} \end{array}$ <p>3. Запишем уравнение реакции с коэффициентами:</p> $2\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ <p>4. Определяем исходное количество перманганата калия и сульфита натрия:</p> $\omega(\text{KMnO}_4) = \frac{m(\text{KMnO}_4)_{\text{р-в}}}{m(\text{KMnO}_4)_{\text{р-р}}} \cdot 100\%$ $m(\text{KMnO}_4)_{\text{р-в}} = \frac{\omega(\text{KMnO}_4) \cdot m(\text{KMnO}_4)_{\text{р-р}}}{100\%} = \frac{4\% \cdot 120\text{г}}{100\%} = 4,8 \text{ г}$ $n(\text{KMnO}_4) = \frac{m(\text{KMnO}_4)}{M(\text{KMnO}_4)} = \frac{4,8 \text{ г}}{158 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,03 \text{ моль}$ $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_3)_{\text{р-в}}}{m(\text{Na}_2\text{SO}_3)_{\text{р-р}}} \cdot 100\%$ $m(\text{Na}_2\text{SO}_3)_{\text{р-в}} = \frac{\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot m(\text{Na}_2\text{SO}_3)_{\text{р-р}}}{100\%} = \frac{3\% \cdot 50\text{г}}{100\%}$ $= 0,012 \text{ г}$ <p>5. Согласно приведенному расчету сульфит натрия – вещество, которое взято в недостатке. По реакции для окисления 0,012 моль сульфита натрия необходимо 0,024 моль перманганата натрия, а согласно исходным данным его количество составляет 0,03 моль.</p>
<p>Ответ: Да, раствора KMnO_4 будет достаточно для окисления 0,012 моль сульфита натрия.</p>	

Задание 7. Органическое вещество состоит из атомов углерода, водорода и кислорода. При сгорании 2,3 г этого вещества образуется 4,4 г углекислого газа и 2,7 г воды. Данное вещество газообразно при н. у. Плотность его паров по воздуху равна 1,586. Известно, что это вещество может быть получено дегидратацией спирта. Оно не реагирует с металлическим натрием и не способно разлагаться при действии водных растворов щелочей и кислот. Характерной реакцией для этого вещества является его разложение при нагревании с йодоводородом. Установите молекулярную исходного органического вещества. Составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле. Назовите его. Запишите уравнения описанных реакций. **(20 баллов)**

Решение.

1) Найдем количество вещества и массу:

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{4,4}{44} = 0,1 \text{ моль}; \nu(\text{C}) = 0,1 \text{ моль}; m(\text{C}) = 0,1 \cdot 12 = 1,2 \text{ г}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{2,7}{18} = 0,15 \text{ моль}; \nu(\text{H}) = 0,15 \cdot 2 = 0,3 \text{ моль}; m(\text{H}) = 0,3 \cdot 1 = 0,3 \text{ г}$$

$$m(\text{O}) = m(\text{вещества}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) = 2,3 - 1,2 - 0,3 = 0,8 \text{ г}$$

$$\nu(\text{O}) = \frac{0,8}{16} = 0,05 \text{ моль}$$

2) Установим молекулярную формула вещества:

$$\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) : \nu(\text{O}) = 0,1 : 0,3 : 0,05 = 2 : 6 : 1, \text{ получается формула } \text{C}_2\text{H}_6\text{O};$$

$$M(\text{вещества}) = 1,586 \cdot 29 = 45,99 \text{ г / моль}$$

$$M(\text{формулы}) = 12 \cdot 2 + 1 \cdot 6 + 16 = 46 \text{ г / моль}$$

Значит, установленная формула является и простейшей и молекулярной.

Молекулярная формула вещества $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

3) Составим структурную формулу вещества:

Найденной молекулярной формуле могут соответствовать два вещества: этиловый спирт и диметиловый эфир. По условию исходное вещество газообразно при н.у., не реагирует с металлическим натрием и не способно разлагаться при действии водных растворов щелочей и кислот. Реакция разложения при нагревании с йодоводородом характерна только для эфиров. Значит, речь идёт о диметиловом эфире.

Структурная формула: $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$.

4) Составим уравнения описанных реакций:

-реакции дегидратации: $2\text{CH}_3\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, 140^\circ\text{C}} \text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (в уравнении обязательно должно быть указано значение температуры, т.к. эта реакция протекает так именно при этой температуре);

-реакция горения $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3 + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

-реакция разложения $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3 + \text{HI} \longrightarrow \text{CH}_3 - \text{OH} + \text{CH}_3\text{I}$