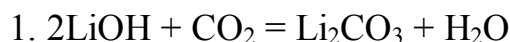


Ответы на задания заключительного этапа Межрегиональной химической олимпиады школьников имени академика П.Д. Саркисова

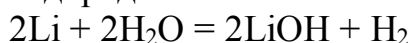
9 класс

№1



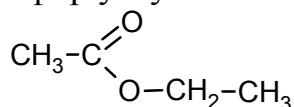
Гидроксид лития нельзя использовать для поглощения из воздуха угарного газа (CO), так как, в отличие от углекислого газа, угарный газ является несолеобразующим оксидом, который не реагирует при обычных условиях со щелочами.

2. В литий-ионных аккумуляторах нельзя использовать электролиты, содержащие воду, так как литий активно взаимодействует с водой с выделением водорода:

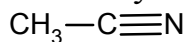


Выделение водорода вызывает вздутие аккумулятора, что может привести к его разрушению и возгоранию.

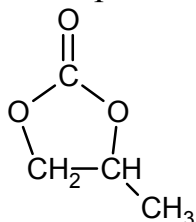
3. Участник Олимпиады мог предложить в качестве растворителя любой известный ему простой или сложные эфир, например, этилацетат (этиловый эфир уксусной кислоты):



На практике в составе электролитов для литий-ионных аккумуляторов используют такие растворители как ацетонитрил:



или пропиленкарбонат:



№2

$$V = 2,2 * 1,5 * 1 = 3,3 \text{ см}^3$$

$$\rho = 19320 \text{ кг/м}^3 = 19,32 \text{ г/см}^3$$

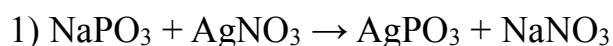
$$m = 3,3 * 19,32 = 63,756 \text{ г}$$

$$N_{\text{ат.}} = (63,756 : 197) * 6,02 * 10^{23} = 1,95 * 10^{23}$$

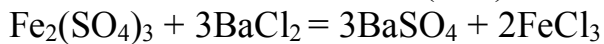
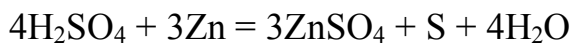
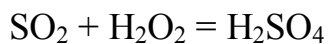
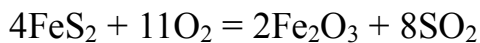
№3

$$N(\text{O}) = (112 : 22,4) * 2 * 6,02 * 10^{23} = 6,02 * 10^{24}$$

№4



№5



№6

1) Растворение Na_2SO_4 происходит с выделением теплоты

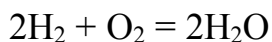
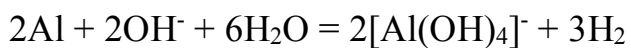
2) 42,1 г

№7

Вещество А: $\text{HCOOH} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$ (под действием H_2SO_4 конц.)

Вещество Б: $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (при нагревании)

№8



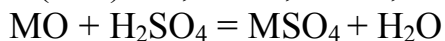
оксид металла MO

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1,08 : 18 = 0,06 \text{ моль}$$

$$n(\text{Al}) = 0,04 \text{ моль}$$

$$m(\text{Al}) = 1,08 \text{ г}$$

$$m(\text{MO}) = 3,48 - 1,08 = 2,4 \text{ г}$$



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,06 \text{ моль}$$

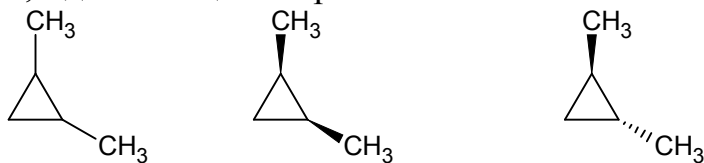
$$M(\text{MO}) = 2,4 : 0,06 = 40 \text{ г/моль}$$

$A_r(\text{M}) = 24$, металл — Mg. Оксид MgO.

10 класс

№1

1,2-диметилциклопропан

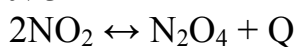


№2

$$K = 10^{-14} / 5 = 2 \cdot 10^{-15}$$

$$pH = -\lg(4,47 \cdot 10^{-8}) = 7,35$$

№3



При охлаждении происходит обесцвечивание реакционной смеси, значит равновесие данной реакции при охлаждении смещается в сторону образования димера N_2O_4 . Вспомним, что при понижении температуры происходит смещение равновесия в сторону экзотермической реакции. Следовательно, процесс образования димера экзотермический.

№4

$$\gamma = 2$$

$2^5 = 32$ скорость реакции возрастает в 32 раза

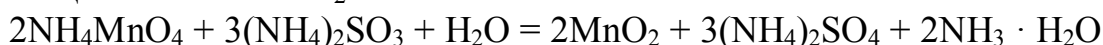
2 часа 8 минут = 128 минут

$$128 / 32 = 4 \text{ минуты}$$

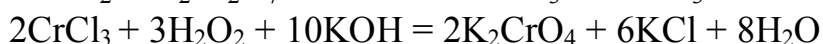
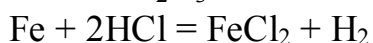
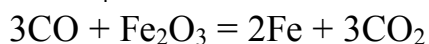
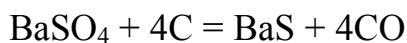
№5

Вещество А - NH_4MnO_4

Вещество В — MnO_2



№6

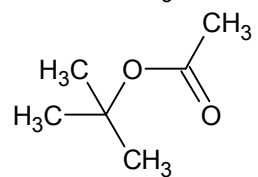
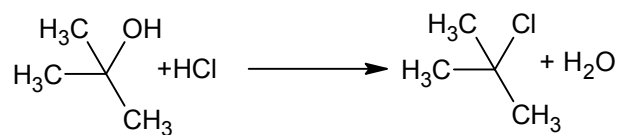


№7

$$D_{ne} = 5,8$$

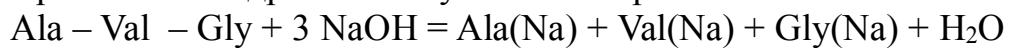
$$M = 116 \text{ г/моль}$$

$$w(Ca) = 25,3\% \text{ это } (CH_3COO)_2Ca$$

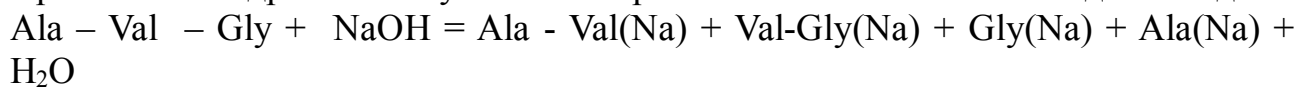


№8

При полном гидролизе получают натриевые соли аминокислот:

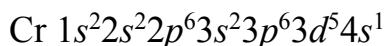


При полном гидролизе получают натриевые соли аминокислот и дипептидов:



11 класс
Вариант №2

№1

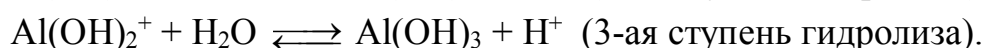
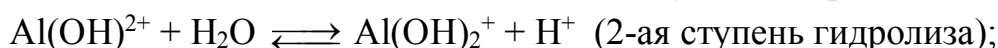
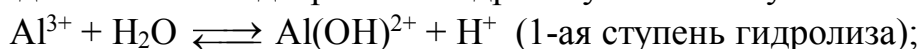


№2

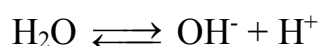
Рассмотрим процессы, протекающие при растворении хлорида алюминия. Прежде всего, это диссоциация AlCl_3 на гидратированные катион алюминия и хлорид-ион:



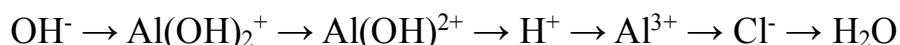
Хлорид алюминия подвергается гидролизу по катиону:



Наконец, учтем присутствие ионов OH^- , образующихся в результате диссоциации воды:



Необходимо принять во внимание, что при комнатной температуре гидролиз протекает, в основном, по первой ступени, причем степень гидролиза значительно меньше 1 %. По второй ступени гидролиз протекает еще в меньшей степени, а по третьей ступени практически не протекает. Таким образом, молекулы и ионы, присутствующие в растворе хлорида алюминия, можно расположить в следующий ряд:

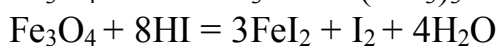
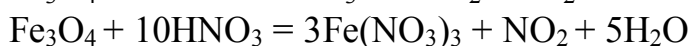


При нагревании раствора гидролиз усиливается, поэтому концентрация ионов Al^{3+} уменьшится, а концентрации продуктов гидролиза - ионов $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ и H^+ - возрастут.

№3

Получаются эфиры - диэтиловый, дипропиловый, пропилэтиловый эфир; а также алкены — этилен и пропен.

№4



№5

$$pV = nRT$$

$$n = 100,3 * 17 / (8,314 * 293) = 0,7 \text{ моль}$$

Кислоты — уксусная и муравьиная

$$x + y = 0,7$$

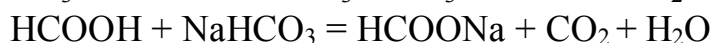
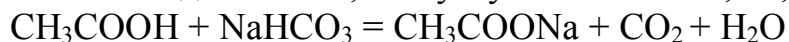
$$60x + 46y = 36,4$$

$$y = 0,4 \text{ моль}; x = 0,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{ук.к-ты}) = 18 \text{ г}$$

$$m(\text{мур.к-ты}) = 18,4 \text{ г}$$

Массовые доли — 49,45% уксусной кислоты, 50,55% муравьиной кислоты



№6

Константа равновесия связана с константами скорости прямой и обратной реакции ($k_{(\text{прямой})}$ и $k_{(\text{обратной})}$ соответственно), а также с равновесными концентрациями *цис*- и *транс*-*пара*-метоксиазобензола следующим образом:

$$K_{\text{равн.}} = \frac{k_{(\text{прямой})}}{k_{(\text{обратной})}} = \frac{[\text{цис-}C_{13}H_{12}N_2O]}{[\text{транс-}C_{13}H_{12}N_2O]}$$

Количество вещества *транс*- $C_{13}H_{12}N_2O$:

$$n = V * c = 0,14 * 0,05 = 0,007 \text{ моль.}$$

Пусть в результате реакции образовалось x моль *цис*- $C_{13}H_{12}N_2O$, тогда

*

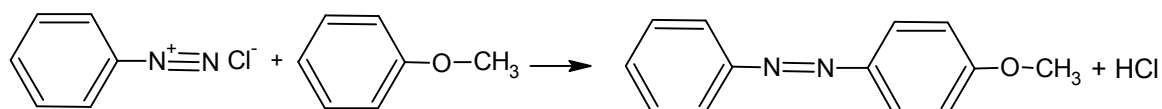
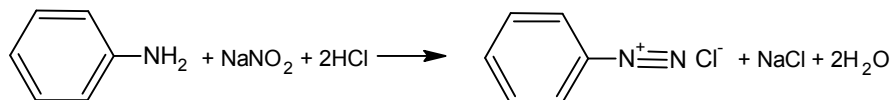
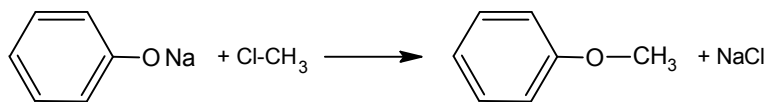
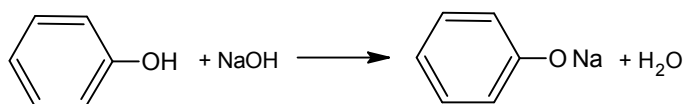
Откуда $x = 0,004$ моль.

Масса *цис*-изомера *пара*-метоксиазобензола в равновесной смеси:

$$m = n * M = 0,004 * 212 = 0,848 \text{ г}$$

Благодаря одновременному присутствию компонентов, окрашенных в желтый и красный цвета, раствор приобретет оранжевую окраску.

Пара-метоксиазобензол можно получить с помощью реакции азосочетания, синтезировав предварительно необходимые компоненты:



№7

Предположим, что на участке III в результате реакции разложения образовался оксид металла, причем реакция протекала без изменения степени окисления. Обозначим атомную массу металла a ; тогда молярная масса оксида металла ($a+16$). Массовую долю металла в его оксиде можно выразить следующим образом:

$$0,7143 = \frac{a}{a+16}$$

откуда $a = 40$. Таким образом, металл – кальций.

Обратим внимание на характер термогравиметрической кривой: первое снижение массы происходит при температуре чуть выше 100°C . Это позволяет предположить, что исходное соединение было кристаллогидратом, а на участке II образовалась безводная соль, которая далее разлагалась до оксида. Зная молярную массу оксида кальция, найдем молярную массу исходной соли:

$$0,2373 = \frac{56}{M(\text{исх. в-ва})}$$

откуда $M(\text{исх. в-ва}) = 236$ г/моль.

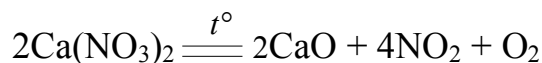
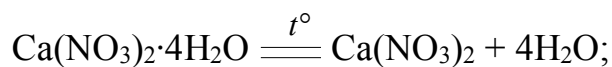
Молярная масса вещества, полученного на участке II, равна:

$M(\text{II}) = 236 - 0,305 \cdot 236 = 164$ г/моль. При переходе от участка I к II молярная масса уменьшилась на 72 г/моль, что соответствует потере 4 молекул воды.

Определим вещество, полученное на участке II. Это вероятнее всего соль, которая разлагается при нагревании с образованием оксида. Это может быть карбонат, гидрокарбонат или нитрат кальция. По молярной массе определяем, что это нитрат.

Таким образом, исходное вещество – тетрагидрат нитрата кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, на участке II образуется безводный нитрат кальция: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, а на участке III получается оксид кальция CaO .

Уравнения протекающих реакций:



Для участников Олимпиады дополнительной подсказкой может быть характер термогравиметрической кривой в области температур 400 – 700 °С: при температуре около 450 °С происходит разложение нитрата кальция до нитрита кальция, а при более высокой температуре – до оксида кальция.
 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

№8

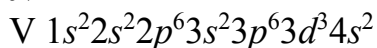
Поскольку $\text{pH} = 5$, $c(\text{H}^+) = 10^{-5}$ моль/л.

$$N(\text{H}^+) = V(\text{p-ра}) * c(\text{H}^+) * N_{\text{Авогадро}} = 2 * 10^{-4} * 10^{-5} * 6,02 * 10^{23} = 12,04 * 10^{14}.$$

Полипептид, состоящий из 26 остатков аминокислот, содержит 27 атомов кислорода в «основной цепи». Следовательно, еще 5 атомов кислорода должны содержаться в радикалах аминокислот. Кислород содержится в радикалах глутамина, серина и треонина. Поскольку число остатков глутамина и серина равно 2 и 1 соответственно, число остатков треонина равно 2.

Вариант №2

№1



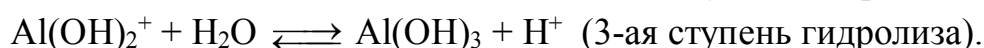
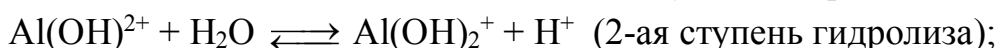
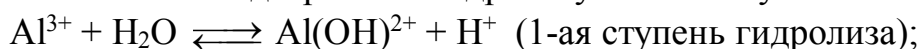
№2

Ответ

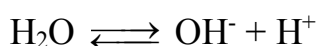
Рассмотрим процессы, протекающие при растворении нитрата алюминия. Прежде всего, это диссоциация $Al(NO_3)_3$ на гидратированные катион алюминия и нитрат-ион:



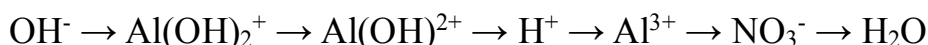
Нитрат алюминия подвергается гидролизу по катиону:



Наконец, учтем присутствие ионов OH^- , образующихся в результате диссоциации воды:



Необходимо принять во внимание, что при комнатной температуре гидролиз протекает, в основном, по первой ступени, причем степень гидролиза значительно меньше 1 %. По второй ступени гидролиз протекает еще в меньшей степени, а по третьей ступени практически не протекает. Таким образом, молекулы и ионы, присутствующие в растворе нитрата алюминия, можно расположить в следующий ряд:

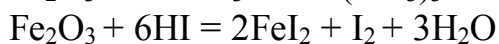
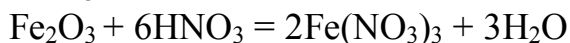
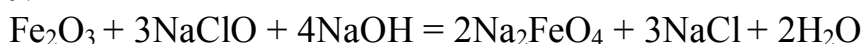


При нагревании раствора гидролиз усиливается, поэтому концентрация ионов Al^{3+} уменьшится, а концентрации продуктов гидролиза - ионов $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)^{2+}$ и H^+ - возрастут.

№3

Получаются эфиры - диэтиловый, дибутиловый, бутилэтиловый эфир; а также алкены — этилен и бутен-1.

№4



№5

$$pV = nRT$$

$$n = 110,3 \cdot 20 / (8,314 \cdot 295) = 0,9 \text{ моль}$$

Кислоты — уксусная и муравьиная

$$x + y = 0,9$$

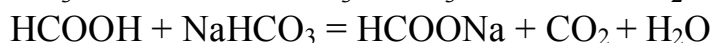
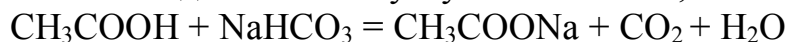
$$60x + 46y = 48,4$$

$$y = 0,4 \text{ моль}; x = 0,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{ук.к-ты}) = 30 \text{ г}$$

$$m(\text{мур.к-ты}) = 18,4 \text{ г}$$

Массовые доли — 62% уксусной кислоты, 38% муравьиной кислоты



№6

Константа равновесия связана с константами скорости прямой и обратной реакции ($k_{(\text{прямой})}$ и $k_{(\text{обратной})}$ соответственно), а также с равновесными концентрациями *цис*- и *транс*-пара-гидроксиазобензола следующим образом:

$$K_{\text{равн.}} = \frac{k_{(\text{прямой})}}{k_{(\text{обратной})}} = \frac{[\text{цис-}C_{13}H_{12}N_2O]}{[\text{транс-}C_{13}H_{12}N_2O]}$$

Количество вещества *транс*- $C_{12}H_{10}N_2O$:

$$n = V \cdot c = 0,16 \cdot 0,05 = 0,008 \text{ моль.}$$

Пусть в результате реакции образовалось x моль *цис*- $C_{12}H_{10}N_2O$, тогда

$$\frac{k_{(\text{прямой})}}{k_{(\text{обратной})}} = \frac{x}{0,008 - x}$$

Откуда $x = 0,005$ моль.

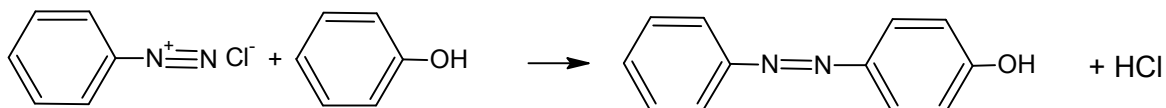
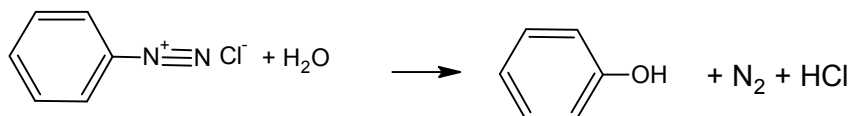
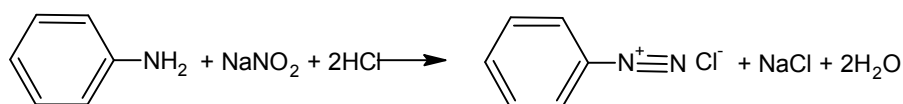
Масса *цис*-изомера *пара*-гидроксиазобензола в равновесной смеси:

$$m = n \cdot M = 0,005 \cdot 198 = 0,990 \text{ г}$$

Ответ: 990 мг

Благодаря одновременному присутствию компонентов, окрашенных в желтый и красный цвета, раствор приобретет оранжевую окраску.

Пара-гидроксиазобензол можно получить с помощью реакции азосочетания, синтезировав предварительно необходимые компоненты:



№7

Предположим, что на участке III в результате реакции разложения образовался оксид металла, причем реакция протекала без изменения степени окисления. Обозначим атомную массу металла a ; тогда молярная масса оксида металла ($a+16$). Массовую долю металла в его оксиде можно выразить следующим образом:

$$0,8955 = \frac{a}{a + 16}$$

откуда $a = 137$. Таким образом, металл – барий.

Обратим внимание на характер термогравиметрической кривой: первое снижение массы происходит при температуре чуть выше 100°C . Это позволяет предположить, что исходное соединение было кристаллогидратом, а на участке II образовалась безводная соль, которая далее разлагалась до оксида. Зная молярную массу оксида кальция, найдем молярную массу исходной соли:

$$0,4595 = \frac{153}{M(\text{исх. в} - \text{ва})}$$

откуда $M(\text{исх. в-ва}) = 333$ г/моль.

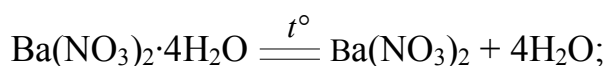
Молярная масса вещества, полученного на участке II, равна:

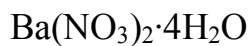
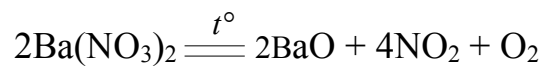
$M(\text{II}) = 333 - 0,2162 \cdot 333 = 261$ г/моль. При переходе от участка I к II молярная масса уменьшилась на 72 г/моль, что соответствует потере 4 молекул воды.

Определим вещество, полученное на участке II. Это вероятнее всего соль, которая разлагается при нагревании с образованием оксида. Это может быть карбонат, гидрокарбонат или нитрат бария. По молярной массе определяем, что это нитрат.

Таким образом, исходное вещество – тетрагидрат нитрата бария $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, на участке II образуется безводный нитрат бария: $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, а на участке III получается оксид кальция BaO .

Уравнения протекающих реакций:





№8

Поскольку $\text{pH} = 5$, $c(\text{H}^+) = 10^{-5}$ моль/л.

$$N(\text{H}^+) = V(\text{p-ра}) * c(\text{H}^+) * N_{\text{Авогадро}} = 3 * 10^{-4} * 10^{-5} * 6,02 * 10^{23} = 18,06 * 10^{14}.$$

Для ответа на вопрос нужно подсчитать число атомов азота в радикалах аминокислот. Число остатков аргинина равно 2.