

LXXI Московская олимпиада школьников по химии 2014-2015 уч.г.
отборочный этап

11 класс

11-1-1. В смеси двух оксидов углерода на 5 атомов углерода приходится 7 атомов кислорода. Вычислите объемную долю более тяжелого оксида в этой смеси. В ответе напишите только найденное значение объемной доли без наименования (например: 75)

Решение: В данном случае задачу можно быстро решить подбором, однако мы приведем более общее решение. Оксиды углерода, о которых идет речь – CO и CO₂. Обозначим долю CO (в процентах) за x, а долю CO₂ за y. Тогда условие задачи можно записать как:

$$x+y = 100$$

$$(x+y)/(x+2y) = 5/7$$

Откуда получаем $y = 40$

Ответ: 40

11-1-2. В смеси двух оксидов углерода на 4 атома углерода приходится 6 атомов кислорода. Вычислите объемную долю более тяжелого оксида в этой смеси. В ответе напишите только найденное значение объемной доли без наименования (например: 75)

Решение: В данном случае задачу можно быстро решить подбором, однако мы приведем более общее решение. Оксиды углерода, о которых идет речь – CO и CO₂. Обозначим долю CO (в процентах) за x, а долю CO₂ за y. Тогда условие задачи можно записать как:

$$x+y = 100$$

$$(x+y)/(x+2y) = 4/6$$

Откуда получаем $y = 50$

Ответ: 50

11-2-1. Установите формулы веществ А и В в соответствии с приведенной схемой реакции. Расставьте стехиометрические коэффициенты в левой части уравнения:

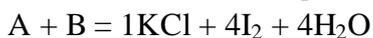


В ответе запишите только одно число - сумму всех коэффициентов в этом уравнении.

Решение: Судя по образованию простого вещества (йода) приведенная реакция – окислительно-восстановительная. При этом вероятно, что более электроотрицательный атом хлора принимал электроны, а соединение йода было восстановителем. Такое соединение йода - HI. Тогда по электронному балансу атом хлора получил 6 электронов, т.е. его исходная степень окисления была +5. Таким образом, зашифрованное уравнение выглядит так: $1KClO_3 + 6HI = 1KCl + 3I_2 + 3H_2O$

Ответ: 14

11-2-2. Установите формулы веществ А и В в соответствии с приведенной схемой реакции. Расставьте стехиометрические коэффициенты в левой части уравнения:



В ответе запишите только одно число - сумму всех коэффициентов в этом уравнении.

Решение: Судя по образованию простого вещества (йода) приведенная реакция – окислительно-восстановительная. При этом вероятно, что более электроотрицательный атом хлора принимал электроны, а соединение йода было восстановителем. Такое соединение йода - HI. Тогда по электронному балансу атом хлора получил 6 электронов, т.е. его исходная степень окисления была +7. Таким образом, зашифрованное уравнение выглядит так: $1KClO_4 + 8HI = 1KCl + 4I_2 + 4H_2O$

Ответ: 18

11-3-1. Установите формулы веществ А и В в соответствии с приведенной схемой реакции. Расставьте стехиометрические коэффициенты в левой части уравнения:



В ответе запишите только одно число - сумму всех коэффициентов в этом уравнении.

Решение: Решить эту задачу легко, если вспомнить классический метод получения хлорангидридов карбоновых кислот: $1\text{CH}_3\text{COOH} + 1\text{SOCl}_2 = 1\text{CH}_3\text{COCl} + 1\text{SO}_2 + 1\text{HCl}$

Ответ: 5

11-3-2. Установите формулы веществ А и В в соответствии с приведенной схемой реакции. Расставьте стехиометрические коэффициенты в левой части уравнения:



В ответе запишите только одно число - сумму всех коэффициентов в этом уравнении.

Решение: Решить эту задачу легко, если вспомнить методы получения ангидридов карбоновых кислот: $1\text{CH}_3\text{COONa} + 1\text{CH}_3\text{COCl} = 1(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + 1\text{NaCl}$

Ответ: 4

11-4-1. Метилловый эфир пара-бромбензойной кислоты из толуола можно получить в четыре стадии. Для этого необходимо использовать следующие реагенты: 1) H_2O , KOH ; 2) Br_2 , FeBr_3 ; 3) избыток Br_2 , свет; 4) CH_3OH , H_3PO_4 , нагревание. Расставьте эти реагенты в том порядке, в котором их надо использовать для этого синтеза. В ответе запишите только номера реагентов, не разделяя их запятыми или пробелами (например: 1234).

Решение: Поскольку нам нужен пара-изомер бромбензойной кислоты, а метильная группа толуола является орто/пара-ориентантом, то лучше на первой стадии синтеза ввести бром в ароматическое кольцо толуола (реагент №2). Затем следует превратить метильную группу в карбоксильную. Поскольку окислителей среди реагентов нет, это можно сделать только бромированием (реагент №3) и последующим гидролизом группы CBr_3 (реагент №1). На последней стадии получаем метилловый эфир (реагент №4).

Ответ: 2314

11-4-2. Пара-бромфенил-метилкетон из этилбензола можно получить четыре стадии. Для этого необходимо использовать следующие реагенты: 1) H_2O , H_2SO_4 , HgSO_4 ; 2) Br_2 , FeBr_3 ; 3) KOH , нагревание; 4) избыток Br_2 , свет. Расставьте эти реагенты в том порядке, в котором их надо использовать для этого синтеза. В ответе запишите только номера реагентов, не разделяя их запятыми или пробелами (например: 1234).

Решение: Поскольку нам нужен пара-изомер продукта, а этильная группа этилбензола является орто/пара-ориентантом, то лучше на первой стадии синтеза ввести бром в ароматическое кольцо (реагент №2). Затем следует превратить этильную группу в ацетильную. На то как это сделать, намекает наличие среди реагентов HgSO_4 , который является катализатором гидратации алкинов по Кучерову. Таким образом, нужно сначала превратить этильную группу в этинильную через бромирование (реагент №4) и отщепление HBr (реагент №3). На последней стадии гидратация алкина (реагент №1) дает продукт.

Ответ: 2431

11-5-1. Навеску соли натрия массой 1,000 г растворили в воде. Последующее добавление избытка раствора ацетата серебра привело к выпадению 3,174 г осадка. Определите, какая соль натрия была взята, и запишите в ответе ее формулу (например: Na_2SO_4).

Решение: Очевидно, что осадок представляет собой соль серебра (соли натрия и ацетаты, как правило, хорошо растворимы). Обозначим молярную массу аниона соли натрия за x . Тогда условие задачи можно записать так:

$$1,000/(23 + x) = 3,174/(107,9 + x)$$

Решая получаем $x = 16,0$ г/моль. Такого аниона подобрать не удастся, следовательно, нужно предположить, что анион двухзарядный. Тогда:

$$1,000/(2*23 + x) = 3,174/(2*107,9 + x)$$

Решая получаем $x = 32,0$ г/моль. Это сульфид-анион.

Ответ: Na₂S

11-5-2. Навеску соли натрия массой 1,000 г растворили в воде. Последующее добавление избытка раствора ацетата серебра привело к выпадению 2,601 г осадка. Определите, какая соль натрия была взята, и запишите в ответе ее формулу (например: Na₂SO₄).

Решение: Очевидно, что осадок представляет собой соль серебра (соли натрия и ацетаты, как правило, хорошо растворимы). Обозначим молярную массу аниона соли натрия за x . Тогда условие задачи можно записать так:

$$1,000/(23 + x) = 2,601/(107,9 + x)$$

Решая получаем $x = 30,0$ г/моль. Такого аниона подобрать не удастся, следовательно, нужно предположить, что анион двухзарядный. Тогда:

$$1,000/(2*23 + x) = 2,601/(2*107,9 + x)$$

Решая получаем $x = 60,0$ г/моль. Это карбонат-анион.

Ответ: Na₂CO₃

11-6-1. В молекуле одного из алкенов находится 32 электрона. Установите его молекулярную формулу. Сколько различных изомерных алкенов соответствует данной формуле? В ответе приведите только число изомеров (например: 2).

Решение: Общая формула алкена – C _{n} H _{$2n$} . Выразим количество электронов через n :

$6*n + 1*2n = 32$, откуда $n = 4$. Изомерных алкенов с формулой C₄H₈ существует 4: 1-бутен, цис-2-бутен, транс-2-бутен и 2-метил-1-пропен.

Ответ: 4

11-6-2. В молекуле одного из алкинов находится 38 электронов. Установите его молекулярную формулу. Сколько различных изомерных алкинов соответствует данной формуле? В ответе приведите только число изомеров (например: 2).

Решение: Общая формула алкена – C _{n} H _{$2n-2$} . Выразим количество электронов через n :

$6*n + 1*(2n-2) = 38$, откуда $n = 5$. Изомерных алкинов с формулой C₅H₈ существует 3: 1-пентин, 2-пентин и 3-метил-1-бутин.

Ответ: 3

11-7-1. С помощью какого, широко распространённого, лабораторного реактива можно различить водные растворы следующих веществ: бутен-3-овая кислота, фенол, бромоводород, иодоводород? В ответе напишите только молекулярную формулу реактива (например: AgNO₃).

Решение: Качественных реакций на фенол немного – это выпадение осадка с бромной водой и окрашивание раствора в присутствии FeCl₃. Очевидно, что FeCl₃ не реагирует с бутеновой кислотой и не позволит отличить бромоводород и иодоводород. Поэтому правильный ответ – Br₂.

Ответ: Br₂

11-7-2. С помощью какого, широко распространённого, лабораторного реактива можно различить водные растворы следующих веществ: фенол, аллиловый спирт, хлорид натрия, сульфид натрия? В ответе напишите только молекулярную формулу реактива (например: AgNO_3).

Решение: Качественных реакций на фенол немного – это выпадение осадка с бромной водой и окрашивание раствора в присутствии FeCl_3 . Очевидно, что FeCl_3 не реагирует с аллиловым спиртом и хлоридом натрия. Поэтому правильный ответ – Br_2 .

Ответ: Br_2

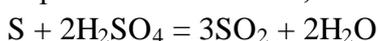
11-8-1. Для определения состава минерала, его навеску массой 0,10 г растворили при нагревании в избытке концентрированной серной кислоты. При этом выделилось 35 мл (н.у.) бесцветного, резко пахнущего газа, а раствор приобрел голубоватый оттенок. Установите минерал. В ответе запишите только химическую формулу минерала.

Решение: Поскольку растворение минерала происходит в *концентрированной* серной кислоте, то наиболее продукт реакции – SO_2 . Согласно закону стехиометрических соотношений количество вещества минерала и SO_2 должны относиться друг к другу как простые целые числа. Количество вещества SO_2 равно $0,035/22,4 = 0,00156$ моль. Исходя из этого, попробуем определить молярную массу минерала: $M(\text{минерала}) = y \cdot 0,10/0,00156 = y \cdot 64$ г/моль, где y – стехиометрический коэффициент. При $y = 1$ масса хорошо соответствует молярной массе меди, что также сходится с голубоватым оттенком раствора после реакции.

Ответ: Cu

11-8-2. При изучении местности юные геологи нашли образцы некоего минерала. Для определения его состава, 0,10 г минерала растворили нагреванием в избытке концентрированной серной кислоты. При этом выделилось 210 мл (приведено к н.у.) бесцветного, резко пахнущего газа, а раствор, к удивлению юных геологов, содержал лишь саму серную кислоту. Что за минерал они нашли? В ответе запишите только химическую формулу.

Решение: Поскольку раствор после реакции содержал лишь серную кислоту, можно заключить, что исходный минерал содержал лишь неметаллы. Таких минералов немного, из широко распространенных – только сера и уголь. Проверим первое предположение, рассчитаем объем SO_2 образовавшегося из 0,10 г серы по уравнению:



$v(\text{SO}_2) = (0,10/32) \cdot 3 \cdot 22,4 = 0,21$ л, что совпадает с условиями задачи.

Ответ: S или S_8 – оба ответа оцениваются как правильные.

11-9-1. При окислении органического соединения **X** перманганатом калия в кислой среде образуется только одно органическое соединение **Y**, причем число атомов углерода и водорода в молекуле **Y**, остается таким же, как в соединении **X**. Определите строение соединений **X** и **Y**, если известно, что образец соединения **X** массой 17 г может присоединить 40 г брома. В ответе запишите только название вещества **X**.

Решение: Судя по реакции присоединения брома в соединении **X** присутствует двойная или тройная связь. Именно она окисляется перманганатом калия, причем в кислой среде такое окисление должно приводить к кетону или кислоте. При этом сохранение числа атомов углерода и водорода может происходить только в единственном случае, а именно если в соединении **X** есть только одна двойная связь, которая находится в цикле. Другими словами **X** – это циклоалкен с общей формулой $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, который может присоединить только одну молекулу брома. Соответственно молярная масса **X**:

$M(\text{X}) = 17/(40/160) = 68$, что соответствует формуле C_5H_8

Ответ: циклопентен

Следует отметить, что в качестве ответов подходят также изомерные циклоалкены – метилциклобутены или диметилциклопропены.

11-9-2. При окислении органического соединения **X** перманганатом калия в кислой среде образуется только одно органическое соединение **Y**, причем число атомов углерода и водорода в молекуле **Y**, остается таким же, как в соединении **X**. Определите строение соединений **X** и **Y**, если известно, что образец соединения **X** массой 20,5 г присоединить 40 г брома. В ответе запишите только название вещества **X**.

Решение: Судя по реакции присоединения брома в соединении **X** присутствует двойная или тройная связь. Именно она окисляется перманганатом калия, причем в кислой среде такое окисление должно приводить к кетону или кислоте. При этом сохранение числа атомов углерода и водорода может происходить только в единственном случае, а именно если в соединении **X** есть только одна двойная связь, которая находится в цикле. Другими словами **X** – это циклоалкен с общей формулой C_nH_{2n-2} , который может присоединить только одну молекулу брома. Соответственно молярная масса **X**:
 $M(X) = 20,5 / (40/160) = 82$, что соответствует формуле C_6H_{10}

Ответ: циклогексен

Следует отметить, что в качестве ответов подходят также изомерные циклоалкены – метилциклопентены, диметилциклобутены или триметилциклопропены.

11-10-1. Установите структурную формулу алкана, если известно, что в нем число связей между атомами углерода в три раза меньше, чем число связей между атомами углерода и водорода, а его неселективное хлорирование на свету приводит к образованию трех изомерных монохлорпроизводных (оптические изомеры не учитываются). В ответе приведите название этого углеводорода, составленное в соответствии с правилами номенклатуры IUPAC (например – 2,3-диметилбутан).

Решение: Общая формула алкана C_nH_{2n+2} , поэтому число связей между атомами углерода равно $n-1$, а число связей между атомами углерода и водорода равно $2n+2$. По условию задачи:
 $(2n+2)/(n-1) = 3$, откуда $n = 5$.

Из всех изомерных соединений с формулой C_5H_{12} (пентан, 2-метилбутан, 2,2-диметилпропан) только пентан дает три изомерных монохлорпроизводных при неселективном хлорировании на свету.

Ответ: пентан

11-10-2. Установите структурную формулу алкана, если известно, что в нем число связей между атомами углерода в три раза меньше, чем число связей между атомами углерода и водорода, а его неселективное хлорирование на свету приводит к образованию только одного монохлорпроизводного. В ответе приведите название этого углеводорода, составленное в соответствии с правилами номенклатуры IUPAC (например – 2,3-диметилбутан).

Решение: Общая формула алкана C_nH_{2n+2} , поэтому число связей между атомами углерода равно $n-1$, а число связей между атомами углерода и водорода равно $2n+2$. По условию задачи:
 $(2n+2)/(n-1) = 3$, откуда $n = 5$.

Из всех изомерных соединений с формулой C_5H_{12} (пентан, 2-метилбутан, 2,2-диметилпропан) только 2,2-диметилпропан дает одно монохлорпроизводное при неселективном хлорировании на свету.

Ответ: 2,2-диметилпропан