ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

**(муниципальный этап)**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР**

возрастная группа (11 классы)

***Решения и система оценивания***

**Максимальная оценка – 66 баллов**

**Задание 1.**

Смесь газов, образовавшихся при сжигании образца органического соединения **Х** массой 1,53 г, была пропущена последовательно через трубку с оксидом фосфора (V) и склянку с раствором гидроксида бария. При этом масса содержимого трубки увеличилась на 1,89 г, в склянке образовался осадок массой 14,775 г, а объем непоглощенного газа **Y**, измеренный при 28⁰С и давлении 101,3 кПа, составил 371 мл. При добавлении к такому же образцу соединения **Х** избытка раствора азотистой кислоты образуется органическое соединение **Z** и выделяется при тех же условиях вдвое больший объем газа **Y**. Произведите необходимые расчеты и установите состав соединений Х и **Z** и приведите для них возможные структурные формулы.

**Критерии оценивания:**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| Увеличение массы трубки с Р2О5 произошло за счет поглощения паров воды m (Н2О) = 1,89 г n(Н2О) = 1,89/ 18 = 0,105 моль  n(Н) = 0,21 моль | 1 б |
| При пропускании смеси газов через склянку с раствором гидроксида бария произошло образование осадка карбоната бария  СО2 + Ва(ОН)2 = ВаСО3 + Н2О | 1 б |
| m(ВаСО3) = 14,775 г n(ВаСО3) = 14,775 / 197 = 0,075 моль  n(СО2) = 0,075 моль n(С) = 0,075 моль | 1,5 б |
| Непоглощенный газ Х – это азот N2 в количестве  n(N2) = 101,3 ∙ 0,371 / 8,314 ∙ 301 = 0,015 моль  n(N) = 0,03 моль | 1,5 б |
| Необходимо проверить, содержит ли исходное соединение Х кислород.  m(О) = m(Х) – m(С) – m(Н) – m(N) = 1,53 – 0,075 ∙ 12 – 0,21 ∙ 1 – 0,03 ∙ 14 = 1,53 – 0,9 – 0,21 – 0,42 = 0 Искомое вещество не содержит кислород. | 1 б |
| n(C) : n(H) : n(N) = 0,075 : 0,21 : 0,3 = 2,5 : 7 : 1 = 5 : 14 : 2  Брутто-формула вещества Х C5H14N2 | 1 б |
| Искомое соединение – алифатический диамин  n(C5H14N2) = 1,53 / 102 = 0,015 моль | 5 б |
| Так как при взаимодействии такого же образца соединения **Х** с избытком раствора азотистой кислоты выделяется при тех же условиях вдвое больший объем газа **Y** азота, то есть 0,015 ∙ 2 = 0,03 моль |
| Поскольку азота при взаимодействии с диамином выделилось в два раза больше, чем количество вещества диамина, исходный диамин имеет две первичные аминогруппы.  NH2-CH2-CH2-CH2-CH2-CH2-NH2 + 2HNO3 → HO-(CH2)5-OH + 2N2 + 2H2O |
| Вещество **Х** C5H14N2 NH2-CH2-CH2-CH2-CH2-CH2-NH2 |
| Вещество **Z** C5H12О2 HО-CH2-CH2-CH2-CH2-CH2-ОH |
| Определено вещество **Х** - 3 балла. |
| Определено вещество **Z** - 1 балл. |
| Написано уравнение реакции – 1 балл |
| **Итого** | **12 б** |

**Задание 2.**

Смешали 28 г 28%-ного олеума, 40 г кристаллического карбоната натрия (кристаллизуется с 10 молекулами воды) и 112 г 8%-ного раствора гидросульфита натрия. Вычислите массовые доли веществ в полученном растворе.

**Критерии оценивания:**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| m(SO3 в олеуме) = 28 · 0,28 = 7,84 г n(SO3) = 7,84/ 80 = 0,098 моль | 1 б |
| m(Н2SO4 в олеуме) = 28 – 7,84 = 20,16 г n(Н2SO4) = 20,16 / 98 = 0,205 моль | 1 б |
| n(Na2CO3 · 10H2O) = 40 / 286 = 0,14 моль  n(Na2CO3 · 10H2O) = n(Na2CO3) = 0,14 моль | 1 б |
| m(NaHSO3) = 0,08 · 112 = 8,96 г n(NaHSO3) = 8,96 / 104 = 0,086 моль | 1 б |
| При добавлении олеума к раствору гидросульфита натрия протекают реакции |  |
| При добавлении олеума к раствору гидросульфита натрия протекают реакции  SO3 + H2O = H2SO4  Дополнительно образуется серная кислота n(SO3) = n (Н2SO4) = 0,098 моль | 1 б |
| В растворе будет находиться 0,098 + 0,205 = 0,303 моль Н2SO4 | 0,5 б |
| В растворе протекают реакции  2NaHSO3 + Н2SO4 = Na2SO4 + 2SO2 + H2O (1)  Na2CO3 + Н2SO4 = Na2SO4 + CO2 + H2O (2) | 1 б  1 б |
| По первому уравнению n1(Н2SO4) = n(NaHSO3) / 2 = 0,086 / 2 = 0,043 моль | 0,5 б |
| По второму уравнению n2(Н2SO4) = n(Na2CO3) = 0,14 моль | 0,5 б |
| Таким образом, n (Н2SO4, вступившей в реакцию с солями) = 0,043 + 0,14 = 0,183 моль. | 0,5 б |
| Н2SO4 - в избытке. n(Н2SO4, оставшейся) = 0,303 – 0,183 = 0,12 моль | 0,5 б |
| m(Н2SO4, оставшейся) = 0,12 · 98 = 11,76 г | 0,5 б |
| Кроме серной кислоты в растворе будет находить сульфат натрия, образовавшийся в первой и второй реакции.  n1(Na2SO4) = n (NaHSO3) / 2 = 0,086 / 2 = 0,043 моль  n2(Na2SO4) = n (Na2CO3) = 0,14 моль  n(Na2SO4) = 0,043 + 0,14 = 0,183 моль. m(Na2SO4) = 0,12 · 142 = 25,986 г | 1 б |
| m(обр. раствора) = m(олеума) + m(Na2CO3 · 10H2O) + m(NaHSO3) - m(CO2) – m(SO2) |  |
| m(CO2) = 0,14 · 44 = 6,16 г | 0,5 б |
| m(SO2) = 0,086 · 64 = 5,504 г | 0,5 б |
| m(образовавшегося раствора) = 28 + 40 + 112 – 6,16 – 5,504 = 168,336 г | 1 б |
| ω(Н2SO4) = 11,76 / 168,336 = 0,07 или 7 % | 0,5 б |
| ω(Na2SO4) = 25,986 / 168,336 = 0,154 или 15,4 % | 0,5 б |
| **Итого** | **14 б** |

**Задание 3.**

8,35 г соединения, содержащего 23,35% калия, 47,90% брома и 28,75% кислорода по массе, нагрели при температуре более 450⁰С с 1,86 г фосфора. Продукты реакции растворили в 150 мл воды и через раствор пропустили 1,92 л аммиака (давление 1 атм, температура 20⁰С). Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе.

**Критерии оценивания:**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| Выведена формула исходной соли KxBryOz | 2 б |
| x : y : z = 23,35/39 : 47,9/80 : 28,75/16 = 0,6 : 0,6 : 1,92 = 1 : 1 : 3  KBrO3 |
| По условию задачи рассчитаны количества веществ бромата калия, фосфора и аммиака |  |
| n(NH3) = pV/RT = 101,3 · 1,92 / 8,31 · 293 = 0,08 моль | 1 б |
| n(KBrO3) = 8,35 / 167 = 0,05 моль | 0,5 б |
| n(Р) = 1,86 / 31 = 0,06 моль | 0,5 б |
| При нагревании бромата калия с фосфором протекает реакция  5KBrO3 + 6P = 5KBr + 3P2O5 | 1 б |
| Бромат калия и фосфор по условию задачи даны в стехиометрическом соотношении, поэтому вступают в реакцию полностью | 0,5 б |
| Продукты реакции |  |
| n(KBr) = 0,05 моль | 0,5 б |
| n(P2O5) = 0,03 моль | 0,5 б |
| При растворении продуктов реакции в воде бромид калия растворяется, а оксид фосфора вступает в реакцию с водой  Р2O5 + 3H2О = 2Н3РО4 | 1 б |
| n(Н3РО4) = 0,06 моль | 0,5 б |
| При пропускании аммиака в раствор фосфорной кислоты протекают реакции. По соотношению моль фосфорной кислоты и аммиака понятно, что при взаимодействии их возможно образование только кислых солей. |  |
| H3PO4 + NH3 = NH4H2PO4 (1) | 1 б |
| H3PO4 + 2NH3 = (NH4)2HPO4 (2) | 1 б |
| Пусть в первую реакцию вступает х моль фосфорной кислоты, во вторую - y моль.  Получаем систему из двух уравнений:  x + y = 0,06  x + 2y = 0,08  Решение системы дает: x = 0,04 моль; y = 0,02 моль | 2 б |
| В растворе содержатся бромид калия, гидрофосфат и дигидрофосфат калия |  |
| m(KBr) = 0,05 · 119 = 5,95 г | 0,5 б |
| n(NH4H2PO4) = 0,04 моль m(NH4H2PO4) = 0,04 · 115 = 4,6 г | 0,5 б |
| n((NH4)2HPO4) = 0,02 моль m((NH4)2HPO4) = 0,02 · 132 = 2,64 г | 0,5 б |
| m(обр. раствора) = m(KBrO3) + m(Р) + m(Н2О) + m(NH3) |  |
| m(Н2О) = 150 мл · 1 г/мл = 150 г | 0,5 б |
| m(NH3) = 0,08 · 17 = 1,36 г | 0,5 б |
| m(обр. раствора) = 8,35 + 1,86 + 150 + 1,36 = 161,57 г | 1 б |
| ω(KBr) = 5,95 / 161,57 = 0,0368 или 3,36 % | 0,5 б |
| ω(NH4H2PO4) = 4,6 / 161,57 = 0,0285 или 2,85% | 0,5 б |
| ω((NH4)2HPO4) = 2,64 / 161,57 = 0,0163 или 1,63 % | 0,5 б |
| **Итого** | **17 б** |

**Задание 4.**

Твердое белое хорошо растворимое в воде соединение А представляет собой кислоту. При добавлении к раствору вещества А оксида В образуется белое нерастворимое в воде соединение С. При прокаливании соединения С при высокой температуре с углем и песком в отсутствие кислорода образуется простое вещество D, существующее в нескольких аллотропных модификациях. Одна из аллотропных модификаций Е способна самовоспламеняться на воздухе. При сгорании простого вещества D на воздухе образуется соединение F, растворяющееся в воде с образованием соединения А, которое способно при взаимодействии со щелочью образовывать три ряда солей. Определите все вещества и напишите уравнения реакций.

**Критерии оценивания:**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| Определены вещества А, В, С, D, E, F – по 0,5 б | 3 б |
| Написаны уравнения реакций – по 1 б | 7 б |
| **Итого:** | **10 б** |

**Задание 5.**

В шести пробирках находятся водные растворы сульфида натрия, сульфата хрома (III), хлорида бария, нитрата меди (II), сульфата аммония, гидроксида калия. Как, не используя никаких других реактивов, распознать, где какой раствор находится? Напишите уравнения протекающих реакций, укажите признаки реакций.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Na2S | Cr2(SO4)3 | BaCl2 | Cu(NO3)2 | (NH4)2SO4 | KOH |
| Na2S | – | Cr(OH)3  серо-зеленый осадок  H2S газ с неприятным запахом | - | CuS  черный осадок | - | - |
| Cr2(SO4)3 | Cr(OH)3  серо-зеленый осадок  H2S газ с неприятным запахом | – | BaSO4  белый осадок | - | - | Cr(OH)3 серо-зеленый осадок |
| BaCl2 | - | BaSO4  белый осадок | – |  | BaSO4  белый осадок |  |
| Cu(NO3)2 | CuS  черный осадок | - | - | – | - | Cu(OH)2 голубой осадок |
| (NH4)2SO4 | - | - | BaSO4  белый осадок | - | – | NH3 газ с резким запахом |
| KOH | - | Cr(OH)3 серо-зеленый осадок | - | Cu(OH)2 голубой осадок | NH3 газ с резким запахом | – |

Cr2(SO4)3 + 3Na2S + 6H2O = 2Cr(OH)3 + 3H2S + 3Na2SO4

Cr2(SO4)3 + 6KOH = 2Cr(OH)3 + 3K2SO4

Cr2(SO4)3 + 3BaCl2 = 2CrCl3 + 3BaSO4

Cu(NO3)2 + Na2S = CuS+ 2NaNO3

Cu(NO3)2 + 2KOH = Cu(OH)2 + 2KNO3

(NH4)2SO4 + 2KOH = K2SO4 + 2NH3 + 2H2O

(NH4)2SO4 + BaCl2 = 2NH4Cl + BaSO4

**Критерии оценивания:**

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| Составлен план определения веществ  (в виде таблицы или предложено описание) | 2,5 б |
| Составлены уравнения реакций (по 1 б) | 7 б |
| Указаны признаки предложенных реакций (по 0,5 б) | 3,5 б |
| **Итого:** | **13 б** |

Оценка выполнения участником любого задания **не может быть отрицательной,** минимальная оценка, выставляемая за выполнение отдельно взятого задания **0 баллов.**

Итоговая оценка за выполнение заданий определяется путём сложения суммы баллов, набранных участником за выполнение заданий теоретического тура с последующим приведением к 100 балльной системе (определяется процент выполнения заданий участником от максимально возможного балла за выполнение заданий). Результат вычисления округляется до сотых.

Например.

Участник за выполнение всех заданий набрал 29 баллов.

29 / 66 (максимальный балл за выполнение всех заданий данного класса) ∙ 100 = 43,94.