

Время выполнения заданий – 240 минут
Максимальное количество баллов – 100.

**Напоминание: вычисления в расчетных задачах необходимо вести с точностью
 приведенных в условии значений**

1. Навеску редкого минерала X подвергли обжигу в избытке кислорода. При этом образовалось 1,12 л (н.у.) газа А с плотностью по водороду 32, а также 9,75 г смеси двух твердых продуктов В и С. При обработке смеси В и С разбавленным раствором гидроксида натрия вещество В растворилось с образованием соли трехосновной кислоты, содержащей 30,77% кислорода по массе. Нерастворившийся остаток массой 4,0 г растворили в разбавленной серной кислоте, при этом образовался голубой раствор. Определите количественный состав (формулу) минерала X и массу навески, взятой для обжига.

Решение и критерии оценки: Газ с плотностью по водороду 32, т.е. с молекулярной массой 64, полученный при обжиге, — это оксид серы(IV). Следовательно минерал относится к классу сульфидов.

При обжиге получено 0,05 моль SO_2 .

Вещество С – предположительно, оксид меди (так как получен при обжиге и растворяется в кислоте, образуя голубой раствор)

Тогда его количество $4,0 \text{ г} / 80 = 0,05$ моль

Масса вещества В составляет $9,75 - 4,0 = 5,75$ г.

Это кислотный оксид, образующий трехосновную кислоту, тогда степень окисления элемента в оксиде (и в кислоте) +3, +5 или +7.

+3 маловероятно, так как при обжиге в кислороде получают высшие степени окисления элементов.

+5: формула натриевой соли трехосновной кислоты: Na_3EO_4

Обозначим массу неизвестного элемента как x.

Тогда:

$$64 / (69 + x + 64) = 0,3077, x = 74,9, \text{ что соответствует мышьяку.}$$

+7: формула соли была бы Na_3EO_5 , такого быть не может.

Таким образом, минерал содержит 0,05 моль мышьяка.

Так как по расчету соотношение As : Cu : S составляет 1 : 1 : 1, то формула минерала $CuAsS$.

Его исходная навеска 8,55 г.

Критерии оценки:

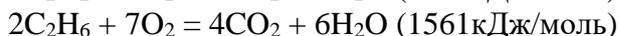
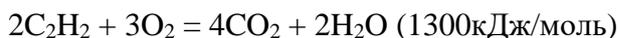
| | |
|--|-----------------|
| 1) SO_2 | 1 балл |
| 2) медь | 1 балл |
| 4) мышьяк (рассуждение, расчет) | 3 балла |
| 5) количественное отношение, формула минерала | 2 балла |
| 6) масса минерала | 1 балл |
| Всего | 8 баллов |

| Содержание критерия | | Оценка |
|---|---------------------|----------|
| Приведено полное решение с необходимыми объяснениями | | 8 |
| Ошибки, не влияющие на правильность логики и хода решения, но дающие неверный ответ | определены элементы | 5 |

| | | |
|---|------------------------|---|
| Неверное в целом решение, но присутствуют оцениваемые элементы | определена медь и сера | 2 |
| Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше | | 0 |
| Максимальный балл | | 8 |

2. Почему для получения высокотемпературного пламени, необходимого для сварки и резки металлов, применяется ацетилен, а не этан, хотя теплоты сгорания этих двух газов, вычисленные при нормальных условиях, равны соответственно 1300 и 1561 кДж/моль? Дайте мотивированный ответ с уравнениями химических реакций.

Решение и критерии оценки:



Суть в том, что, помимо чистого тепловыделения при реакции, необходимо учитывать затраты тепла на испарение образующейся воды (в этане – больше, и это компенсирует большее тепловыделение в самой реакции).

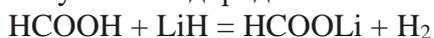
| Содержание критерия | Оценка |
|---|--------|
| Приведено полное решение с необходимыми объяснениями | 7 |
| Уравнения реакций с неверным (но логически и химически непротиворечивым) решением | 2-5 |
| Уравнения реакций без решения | 2 |
| Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше | 0 |
| Максимальный балл | 7 |

3. Две жидкости, первая – водный раствор вещества А, вторая – расплав вещества Б, выделяют на аноде водород при их электролизе. Если чистые вещества А (жидкость) и Б (твердое вещество) осторожно смешать, снова выделится водород. Если второй продукт этой реакции нагреть со щелочью, водород выделится и в этом случае. Что могут представлять собой вещества А и Б? Напишите уравнения упомянутых реакций.

Решение и критерии оценки:

Электролиз расплава гидридов может быть одним из вариантов Б. Предположим, что вещество Б – гидрид щелочного (щелочноземельного) металла. Электролиз же водного раствора, в котором водород выделяется на аноде, уже несколько менее тривиальный процесс. Такая частица известна, просто нужно совместить реакцию электролитического декарбоксилирования с таким кислотным остатком, который после декарбоксилирования, присоединяя атом водорода, выделяет молекулярный водород. Это формиат-ион HCOO^- . При отдаче им электрона на аноде происходит электрохимическая реакция Кольбе: HCOO^- -радикал выделяет CO_2 , а 2 атома водорода образуют молекулу.

Дальше проще – если смешать гидрид (допустим, лития) с муравьиной кислотой, снова получится водород:



При нагревании соли карбоновой кислоты со щелочью также происходит декарбоксилирование, на этот раз химическое:



| Содержание критерия | Оценка |
|--|--------|
| Приведено полное решение с необходимыми объяснениями | 11 |
| Нашли гидрид, присутствуют рассуждения о природе А, но нет его структуры и уравнений реакций | 3-6 |
| Уравнения реакции электролиза гидрида В | 2 |
| Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше | 0 |
| Максимальный балл | 11 |

4. На упаковке некоторого скоропортящегося продукта указан срок хранения при различных температурах:

| | |
|------|----------|
| 2°C | 28 суток |
| 6°C | 21 сутки |
| 10°C | 18 суток |
| 14°C | 12 суток |

Какая величина кажется ошибочной с точки зрения кинетики химических реакций? Предложите правильный вариант.

Решения:

С использованием правила Вант-Гоффа.

Если переформулировать правило Вант-Гоффа, при повышении температуры на одинаковое количество градусов скорость реакции должна увеличиваться в одинаковое количество раз. Температурные интервалы между всеми строчками одинаковы. Найдём соотношения скоростей:

| t, °C | Δt | τ, сут. | v ₂ /v ₁ |
|-------|----|---------|--------------------------------|
| 2 | | 28 | |
| | 4 | | 1,33 |
| 6 | | 21 | |
| | 4 | | 1,17 |
| 10 | | 18 | |
| | 4 | | 1,50 |
| 14 | | 12 | |

Видно, что между 2 и 3 строчкой интервал меньше, чем все остальные, а между 3 и 4 – больше. Такое может получиться, если указанный срок *хранения при температуре 10°C завышен*. И действительно, если уменьшить время хранения в те же 1,33 раза, при температуре 10°C получится срок хранения 15,8 суток, который во столько же раз отличается от срока хранения при 14°C.

С использованием уравнения Аррениуса.

Первая часть задания разбирается аналогично предыдущему. Для расчёта срока хранения при 10 градусах потребуется определить энергию активации процесса:

$$\frac{v_2}{v_1} = e^{\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

Следует обратить внимание, что температура в данном уравнении выражается в кельвинах. Границы исследуемого интервала – 2–14°C, или 275–287 К.

$$E_a = R \cdot \frac{\ln \frac{v_2}{v_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = 8,314 \cdot \frac{\ln \frac{28}{12}}{\frac{1}{275} - \frac{1}{287}} = 46,3 \text{ кДж},$$

и рассчитаем соотношение скоростей для 10°C (интервал 2–10°C):

$$\frac{v_2}{v_1} = e^{\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)} = e^{\frac{46300}{8,314} \left(\frac{1}{275} - \frac{1}{283} \right)} = 1,77.$$

Тогда срок хранения при температуре 10°C составит:

$$\tau = 28/1,77 = \mathbf{15,8 \text{ суток}}.$$

Проверка: И действительно, если уменьшить время хранения в те же 1,33 раза, при температуре 10°C получится срок хранения 15,8 суток, который во столько же раз отличается от срока хранения при 14°C.

| Содержание критерия | Оценка |
|---|------------|
| Приведено полное решение с расчетами любым способом, необходимыми объяснениями и проверкой правильности решения | 8 |
| Неверное (но логически непротиворечивое) решение | 2-5 |
| Простой ответ | 1-2 |
| Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше | 0 |
| Максимальный балл | 8 |

5. Частицы, имеющие одинаковое относительное расположение ядер и содержащие одинаковое количество электронов, но различающиеся природой ядер, называются изоэлектронными.

Для того, чтобы построить частицу, изоэлектронную исходной, следует:

- Заменить какое-нибудь ядро исходной частицы на другое ядро из того же периода.
- Изменить общий заряд частицы на столько же единиц, на сколько заряд нового ядра отличается от заряда старого (если заряд ядра увеличивается, то общий заряд частицы нужно уменьшить, если заряд ядра уменьшается, то – наоборот).

Известно, что для молекулы А самого распространённого газа на планете Земля известно несколько изоэлектронных частиц. Газ А₁ образуется при неполном сгорании древесины. Токсичность частицы А₂ лежит в основе действия выделяемых многими растениями бактерицидных веществ – фитонцидов. Частица А₃ содержится в кристаллическом соединении кальция (получаемом при спекании жжёной извести с коксом), бурно гидролизующемся при попадании в воду. Наконец, частица А₄ содержится в больших количествах в «царской водке», чем и объясняется её цвет и состав газообразных продуктов, образующихся в реакциях с ней.

- 1) Установите состав всех упомянутых изоэлектронных частиц и изобразите их электронное строение («структуры Льюиса»).
- 2) Напишите уравнения упомянутых реакций.
- 3) Предложите 3 формулы частиц, изоэлектронных молекуле углекислого газа.

Решение и критерии оценки:

Известно, что азот – основное составляющее воздуха. Поэтому, вне всякого сомнения, А – это N₂. В соответствии с правилами, приведёнными в условии, получается, при замене атома азота на кислород мы должны сообщить частице положительный заряд, а при замене на углерод – отрицательный.

Древесина сгорает до CO_2 . Тогда при неполном сгорании, мы получаем либо уголь, либо CO – как раз изоэлектронную частицу A_1 (здесь два атома азота меняются, но эффекты от этого компенсируют друг друга, и частица остаётся нейтральной).

Когда речь идёт о токсичности, сразу вспоминается цианид анион CN^- (A_2).

Всем известен опыт с тем, как карбид кальция кидают в воду, что вызывает бурное выделение ацетилена. Таким образом, здесь загадано вещество CaC_2 , с анионом $(\text{C}_2)^{2-}$ - A_3 . При реакции азотной кислоты с соляной раствор окрашивается в оранжевый цвет именно благодаря наличию катиона нитрозила $(\text{NO})^+$ (A_4) в составе NOCl . Также, именно поэтому при растворении металлов в царской водке преимущественно летит NO .

$\text{A} - \text{N}_2$

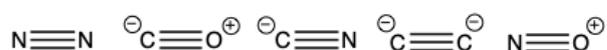
$\text{A}_1 - \text{CO}$

$\text{A}_2 - \text{CN}^-$

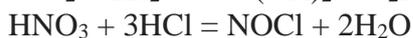
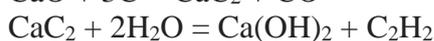
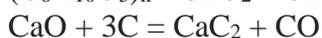
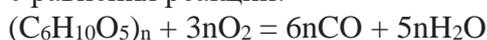
$\text{A}_3 - (\text{C}_2)^{2-}$

$\text{A}_4 - (\text{NO})^+$

Структуры:



Уравнения реакций:



Изоэлектронны CO_2 : $(\text{N}_3)^-$, $(\text{NO}_2)^+$, $(\text{OCN})^-$, $(\text{CN}_2)^{2-}$ и т.д. BeCl_2 и BeF_2 тоже принимались.

| Содержание критерия | Оценка | либо | Баллы |
|--|--------|------|-------|
| Установить все А (всего 5) и нарисовать их структурные формулы (всего 5) | По 0.5 | | 5 |
| Написать уравнение реакции (всего 4) | По 1 | | 4 |
| Предложить изоэлектронные CO_2 частицы и нарисовать их структуры (максимум – 3) | По 1 | | 3 |
| Суммарный максимальный балл | | | 12 |

6. Для определения содержания хрома в феррохроме (сплав, состоящий в основном из железа и хрома и микроколичеств некоторых других элементов) навеску сплава растворяют в серной кислоте (концентрации 30–40%), раствор разбавляют водой, добавляют к нему избыток персульфата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ и кипятят до появления окраски марганцевой кислоты (если сплав не содержит марганца, то предварительно добавляют несколько капель раствора MnSO_4). По окончании реакции в раствор вводят дополнительное количество серной кислоты и индикатор, после чего проводят титрование солью Мора, представляющей собой двойной сульфат железа(II) и аммония. Содержание хрома в феррохроме рассчитывают исходя из количества соли Мора, израсходованной на титрование.

- 1) Какой вид титрования применяется для определения хрома данным методом?
- 2) Напишите уравнения реакций, происходящих при
 - а) растворении железа и хрома в составе сплава в серной кислоте;

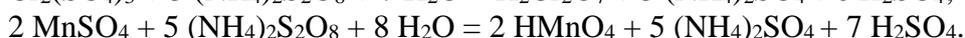
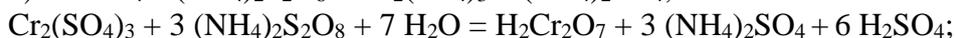
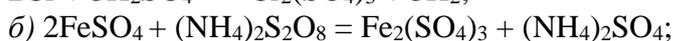
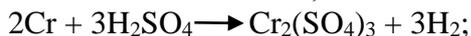
- б) кипячении раствора с персульфатом аммония (в том числе образование марганцевой кислоты);
 в) титровании раствора солью Мора.
- 3) Рассчитайте содержание хрома в сплаве (в процентах по массе), если для его определения взяли 0,2 г сплава, а на титрование израсходовано 30 мл раствора $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ с концентрацией 0,25 моль/л.

Решение и критерии оценки:

1) Окислительно-восстановительное титрование.

2)

а) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$ (если железо частично окисляется до Fe^{3+} , для определения это не имеет значения, так как на следующей стадии оно в любом случае окисляется);



в)



3) Согласно уравнению реакции (в), 6 моль соли Мора взаимодействуют с 1 моль двухромовой кислоты (что соответствует 2 моль хрома)

30 мл раствора с концентрацией 0,25 моль/л содержат 0,0075 моль соли Мора, таким образом в реакцию вступило 0,00125 моль $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, что соответствует 0,0025 моль хрома, или 0,13 г.

Так как исходная навеска сплава составляет 0,2 г, содержание в нем хрома равно 65%.

Критерии оценки:

1) вид титрования 1 балл

2) реакции:

а) металлы + серная кислота 1 балл

(степень окисления хрома +2 оценивается)

б) окисление FeSO_4 1 балл

окисление $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 2 балла

окисление MnSO_4 2 балла

в) формула соли Мора 1 балл

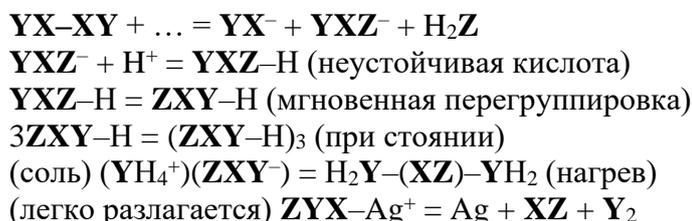
реакция с солью Мора 2 балла

3) расчет 2 балла

Всего – 12 баллов

| Содержание критерия | | Оценка |
|---|---|-------------|
| Приведено полное решение с необходимыми объяснениями | | 12 |
| Ошибки, не влияющие на правильность логики и хода решения, но дающие неверный ответ | реакции написаны не полностью (не расставлены коэффициенты) | 6–10 |
| Неверное в целом решение, но присутствуют оцениваемые элементы | написаны не все реакции | 2–6 |
| Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше | | 0 |
| Максимальный балл | | 12 |

7. Без элементов **X**, **Y** и **Z** невозможно представить появление жизни на нашей планете. Однако, это далеко не единственная их особенность. Удивительно, что данные элементы в одном и том же соотношении между собой образуют три разных аниона YXZ^- , ZXY^- и ZYX^- . В данном случае положение элемента в указанной последовательности критически влияет на химические свойства, как положение букв в словах-анаграммах меняет смысл слов:



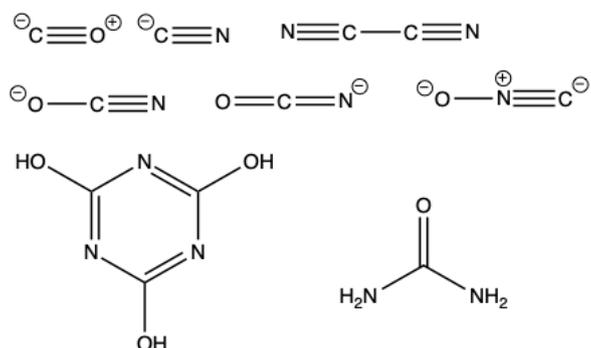
Известно, что соединения, содержащие ион YX^- , токсичны; XZ – газ, блокирующий передачу кислорода гемоглобином крови, $(\text{ZXY}-\text{H})_3$ – устойчивая циклическая молекула, $\text{H}_2\text{Y}-(\text{XZ})-\text{YH}_2$ широко применяется в бытовой химии и сельском хозяйстве.

Определите элементы **X**, **Y** и **Z**, а также упомянутые вещества и приведенные реакции. Изобразите структурные формулы упомянутых веществ, указав валентности элементов.

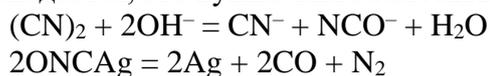
Решение и критерии оценки:

Достаточно знать, что основными биогенными элементами являются Н, С, N, О, Р, S. Однако по первым же подсказкам после уравнений становится понятно, что заданы именно С, N, О. CN^- – токсичен, СО – блокирует работу гемоглобина. Тогда **X** = С (минус в цианиде локализован на углероде), **Y** = N, **Z** = О.

Осталось только лишь аккуратно подставить всё в уравнения, обращая внимание на то, на каком атоме локализован минус. Структурные формулы легко воспроизводятся после аккуратной подстановки элементов вместо **X**, **Y**, **Z**:



Также, нужно было уравнивать реакцию 1 и реакцию 6 (здесь, очевидно, баланс не соблюдается, это нужно было заметить и исправить):



| Содержание критерия | Оценка | либо | Баллы |
|--|--------|------|-------|
| Приведено полное решение с необходимыми объяснениями | | | 12 |
| Верно подставить правильные элементы вместо X , Y , Z | 4 | | 4 |

| | | |
|--|------|----|
| Уравнять первое и последнее уравнения | По 1 | 2 |
| Нарисовать структуры (структуры CO и CN ⁻ сюда не входят – всего 6) | По 1 | 6 |
| Максимальный балл | | 12 |

8. Вы наверняка обратили внимание на необычность расстановки по силе замещенных бензойных кислот в задаче отборочного тура. Несколько измененная задача на ту же тему: в каком порядке по уменьшению кислотности можно было бы расположить бензойную, 2-метилбензойную, 2,6-диметилбензойную, 2-хлорбензойную, 4-фторбензойную, 4-хлорбензойную кислоты. Какие факторы влияют на такую расстановку соединений? Приведите рассуждения, необходимые и достаточные для понимания Вашего решения.

Решение и критерии оценки:

Давая задачу, так похожую на задачу отборочного тура, мы рассчитывали, что решающие ее посмотрят в таблицы (которых множество в интернете) констант диссоциации замещенных бензойных кислот и удивятся необычно высокой кислотности *любых орто*-замещенных производных бензойной кислоты, будь то метильная группа или хлор. Прочитают про *орто*-эффект при этом (откуда название, понятно). Но, к сожалению, 4-5 человек, давшие правильный (или почти правильный) ответ здесь, не привели внятного объяснения такой аномалии. В результате основной балл в данной задаче ставился за любые разумные мысли, высказанные для обоснования выстроенной последовательности (пусть и неверной) кислотности замещенных бензойных кислот.

Суть задачи в том, чтоб сообразить, какие факторы влияют на диссоциацию кислоты с разными заместителями в разных положениях.

Их, как написано в рекомендуемых книжках по органической химии, всего три: мезомерный эффект (сопряжение, +M или -M в зависимости от направления сдвига электронной плотности) компонентов структуры – карбоксильной группы, бензольного кольца и заместителя; индуктивный эффект (+I или -I, аналогично, подача или оттягивание электронной плотности); и стерические (геометрические) эффекты взаимодействия групп, непосредственно между собой не связанных.

Незамещенные или пара-замещенные бензойные кислоты вполне укладываются в рамки первых двух эффектов (цифры pK_a (константа кислотности, чем ниже – тем более сильная кислота) даны только для сведения, их на очном туре никто приводить не обязан): 4-хлор (3.98, только +M и -I), 4-фтор (4.14, только -I) и бензойная (4.18). Хлорбензойные сильнее, чем фтор- за счет +M стабилизации кольца и карбоксила, эта пара была в отборочном туре. С бензойной тоже все понятно, нет ни оттягивания электронов от карбоксила, ни +M заместителя.

Заместители (любые) в *орто*-положении выводят из плоскости бензольного кольца (а, значит, и из сопряжения с ним) карбоксильную группу кислоты. Такая самостоятельная карбоксильная группа легко отдает протон, и в результате получается, что самая сильная кислота из приведенных в условии – 2,6-диметилбензойная (3,56, два орто-заместителя выкручивают карбоксил из плоскости кольца в перпендикулярную плоскость лучше, чем один). За ней по силе – 2-метил (3,91, аналогично, один *орто*-заместитель); и примерно равная ей 2-хлор (атом хлора меньше метильной группы, сопряжение чуть выше, и все это чуть сглаживает стерические препятствия). А уже потом идут вышеперечисленные 4-хлор-, 4-фтор- и незамещенная бензойные кислоты.

| Содержание критерия | Баллы |
|---|-------|
| Приведено полное решение с необходимыми объяснениями | 8 |
| Рассуждения о влиянии индуктивного, мезомерного (сопряжения) эффектов и геометрии молекул с неверной последовательностью (балл существенно зависит от химической непротиворечивости логики и описания структур) | 2–6 |
| Рассуждения о влиянии индуктивного, мезомерного (сопряжения) эффектов без учета геометрии молекул с неверной последовательностью | 1–3 |
| Общие мысли на тему решения задачи | 0–2 |
| Максимальный балл | 8 |

9. При реакции кислоты HX (где X – кислотный остаток) с цинком выделяется бесцветный газ. При реакции этой кислоты с натрием тоже выделяется бесцветный газ. При нагревании ее натриевой или любой другой соли снова выделяется бесцветный газ. Если к кислоте добавить медный порошок, также выделяется бесцветный газ. Если исходная кислота реагирует с азотной кислотой, можно подобрать условия, в которых получится только бесцветный газ (индивидуальное соединение), плюс вода.

Никакой газ не выделяется, если кислоту аккуратно добавляют в избыток раствора HI . Что при этом получается, и какая кислота была взята для экспериментов? Предложите состав упомянутых бесцветных газов и предложите уравнения реакций.

Решение и критерии оценки:

Сразу видно некоторое противоречие в условии: если кислота – такой сильный окислитель, что окисляет металлическую медь, то откуда такое странное окисление азотной кислотой с выделением бесцветного газа? Получается, что при реакции с азотной кислотой выделяется азот (все остальное окрашено). Или аммиак, что совсем невозможно. Имеем единственно возможную реакцию:

кислота, содержащая только азот и водород (и, возможно, кислород – но тогда при ее окислении никак не может получиться чистый азот) + $HNO_3 = N_2$ (только азот, по условию) + H_2O (ключ к решению)

Переходим к первым реакциям, и, если везде выделяется азот, он и содержится в исходной кислоте. А то, что кислота – окислитель, и выделяет азот, говорит о его состоянии окисления в ней между -3 и 0 . Даже не зная, что существует такая кислота HN_3 , легко можно вывести ее формулу из описанных реакций:

$HN_3 + Zn = Zn_3N_2 + N_2 + NH_4N_3$ (если быть точным, может выделиться и водород в незначительном количестве);

$HN_3 + Cu = Cu(N_3)_2 + N_2 + NH_4N_3$;

С Na аналогично:

$2NaN_3 \xrightarrow{t^\circ C} 3N_2 + 2Na$;

$HN_3 + HI = NH_4N_3 + I_2$;

а ключевая реакция:

$10HN_3 + 2HNO_3 = 16N_2 + 6H_2O$

$2N_3^- - 2e = 3N_2^0$

$2NO_3^- + 12H^+ + 10e = N_2 + 6H_2O$

| Содержание критерия | Оценка |
|---|--------|
| Приведено полное решение с необходимыми объяснениями | 10 |
| Неверное (но логически непротиворечивое) решение (описан не азот, или, например, не HN_3) | 2-5 |
| Химически неверный ответ после логичных рассуждений | 1-3 |
| Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше | 0 |
| Максимальный балл | 10 |

10. При нагревании твёрдого хорошо растворимого в воде органического вещества X до полного разложения был получен газ I, при охлаждении которого до комнатной температуры сконденсировалось 2,16 г бесцветной жидкости Y и осталось 1792 мл газа II (н.у.). При сжигании газа II был получен газ III, имеющий тот же объём, что и II, а плотность на 2/9 большую, чем плотность II.

Установите качественный и количественный (в граммах или в процентах по массе) состав газов I, II и III. Определите вещества X и Y. Какая масса вещества X была взята для реакции? Приведите необходимые расчеты.

Решение и критерии оценки:

Предполагаем, что жидкость Y – вода. Ее получено 0,12 моль.

Так как вещество органическое, газ III, вероятно CO_2 , т.е. его молекулярная масса 44, а тогда молекулярная масса газа II составляет 36.

Можно предположить, что это смесь CO и CO_2 в молярном отношении 1 : 1. Газы II получено 0,08 моль.

(каждого из компонентов в смеси содержится по 0,04 моль).

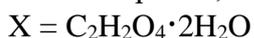
Образование при разложении воды и газов CO и CO_2 в отношении 1 : 1 указывает на щавелевую кислоту $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$, которая разлагается по уравнению:



Однако газов получено по 0,04 моль, значит воды также должно быть 0,04 моль, а ее 0,12 моль, т.е. при разложении получено $\text{CO} + \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$

Следовательно, вещество X — дигидрат щавелевой кислоты $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Таким образом,



Масса исходной навески 5,04 г (0,04 моль, молекулярная масса 126)

Таким образом, Y = вода, газ III = CO_2 , массой 3,52 г (0,08 моль), газ II = 1,76 г CO_2 + 1,12 г CO, газ I = 1,76 г CO_2 + 1,12 г CO + 2,16 г H_2O

Критерии оценки:

| | |
|-----------------------|---------|
| Y (вода) | 1 балл |
| газ III (+масса) | 1 балл |
| газ II, кач. состав | 2 балл |
| газ II, колич. состав | 1 балл |
| газ I, кач. состав | 1 балл |
| газ I, колич. состав | 1 балл |
| щавелевая кислота | 2 балла |
| X (дигидрат) | 2 балл |
| масса X | 1 балл |

Всего 12 баллов

| Содержание критерия | | Оценка |
|---|--|--------|
| Приведено полное решение с необходимыми объяснениями | | 12 |
| Ошибки, не влияющие на правильность логики и хода решения, но дающие неверный ответ | не определена щавелевая кислота, не определен дигидрат | 7–9 |
| Неверное в целом решение, но присутствуют оцениваемые элементы | не определены газы II | 2 |
| Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше | | 0 |
| Максимальный балл | | 12 |