

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

2024-2025 учебный год

10 класс

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

ЗАДАЧА 1.

При хлорировании углеводорода получили вещество А, содержащее 37,21% углерода, 7,75% водорода и 55,04% хлора. Плотность паров данного вещества по воздуху равна 2,224. При взаимодействии вещества А с разбавленным раствором гидроксида натрия образовалось кислородсодержащее соединение Б. Половину вещества Б обработали при нагревании раствором перманганата калия и получили соединение В. При последующем нагревании смеси В и Б с несколькими каплями концентрированной серной кислоты образовалось 26,4 г сложного эфира. Определить какой углеводород и в каком количестве был взят, если вещество А образовалось с выходом 50%, последняя реакция прошла на 60%, а все остальные реакции – количественно.

Максимальный балл – 10.

Решение задачи 1

| | Действие | Баллы |
|---|--|-----------|
| 1 | Находим простейшую формулу вещества $n(\text{C})=37,21/12=3,1$ моль $n(\text{H})=7,75/1=7,75$ моль $n(\text{Cl})=55,04/35,5=1,55$ моль $n(\text{C}): n(\text{H}): n(\text{Cl}) = 3,1:7,75:1,55 = 2:5:1$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ – простейшая формула . | 2 б. |
| 2 | Находим истинную формулу: $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = 64,5\text{г/моль}$ $M(\text{вещества}) = D \cdot M_{\text{воз}} = 2,224 \cdot 29$ $= 64,5\text{г/моль}$ $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = M(\text{вещества})$, значит формула истинная | 1 б. |
| 3 | Уравнения реакций: $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{NaCl}$ $3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{MnO}_2$ $+2\text{KOH}$ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ | 4 по 1 б. |
| 3 | Теоретическое количество эфира $n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 26,4 / (0,6 \cdot 88) = 0,5$ моль | 3 б. |

| | |
|---|-------------------------|
| <p>Общее количество образовавшегося спирта и, соответственно, хлорэтана: $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,5 * 2 = 1,0$ моль Поскольку реакция хлорирования прошла с выходом 50 %, то количество вступившего в реакцию этана: $n(\text{C}_2\text{H}_6) = 2 * 1,0 = 2$ моль.</p> | |
| | Итого: 10 б. |

ЗАДАЧА 2.

Электролизу подвергли 6,4 %-ный раствор сульфата меди массой 500 г. При этом на катоде выделилось 9,6 г вещества. Затем в электролизер добавили 500 г 12,48%-ного раствора хлорида бария и раствор снова подвергли электролизу до выделения на аноде 6,72 л (н.у.) газа. Каковы массовые доли веществ в конечном растворе?

Максимальный балл – 10.

Решение задачи 2

| | Действие | Баллы |
|---|---|---------------|
| 1 | Находим количество вещества в первом растворе: $n(\text{CuSO}_4) = \frac{500 * 0,064}{160} = 0,2$ моль | 0,5 б. |
| 2 | Уравнение реакции электролиза: $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2$ | 1 б. |
| 3 | Находим количества и массы веществ, выделившихся на электродах: $n(\text{Cu}) = 9,6 / 64 = 0,15$ моль $n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n(\text{Cu}) = 0,075$ моль $m(\text{O}_2) = 2,4$ г | |
| 4 | Находим количества оставшихся в растворе веществ: $n(\text{CuSO}_4) = 0,2 - 0,15 = 0,05$ моль $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{Cu}) = 0,15$ моль | |
| 5 | Записываем уравнения реакции после добавления хлорида бария: $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$ или $\text{BaCl}_2 + \text{CuSO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{CuCl}_2$ или $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4$ | 1 б. |
| 6 | Находим количество хлорида бария: $m(\text{BaCl}_2) = 500 * 0,1248 = 62,4$ г $n(\text{BaCl}_2) = 62,4 / 208 = 0,3$ моль | 0,5 б. |
| 7 | Находим количество вещества всех веществ, оставшихся после реакции с сульфатом меди (II): | |

| | | |
|----|--|-------------------------|
| | $n(\text{BaCl}_2) = 0,1 \text{ моль}$ $n(\text{CuCl}_2) = 0,05 \text{ моль}$ $n(\text{HCl}) = 0,15 \text{ моль}$ | |
| 8 | Записываем реакцию электролиза: $\text{CuCl}_2 = \text{Cu} + \text{Cl}_2$ $2\text{HCl} = \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ $\text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ | 3 по 1 б. |
| 9 | Находим количество выделяющегося на аноде хлора: $n(\text{Cl}_2) = 6,72/22,4 = 0,3 \text{ моль}$ Таким образом реакция закончилась в тот момент, когда электролизу подверглись все хлорид-ионы. Таким образом в растворе остался только гидроксид бария. | 0,5 б. |
| 10 | Находим количество и массу гидроксида бария: $n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = n(\text{BaCl}_2) = 0,1 \text{ моль}$ $m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,1 * 171 = 17,1 \text{ г}$ | 1 б. |
| 11 | Находим массы выделившихся на электродах веществ: $n(\text{Cu}) = n(\text{CuCl}_2) = 0,05 \text{ моль}$ или $n(\text{Cu})_{\text{общ.}} = n(\text{CuSO}_4) = 0,2 \text{ моль}$ $m(\text{Cu})_{\text{общ.}} = 0,2 * 64 = 12,8 \text{ г}$ $n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} n(\text{HCl}) + n(\text{BaCl}_2) = 0,075 + 0,1 = 0,175 \text{ моль}$ $m(\text{H}_2) = 0,175 * 2 = 0,35 \text{ г}$ $m(\text{Cl}_2) = 0,3 * 71 = 21,3 \text{ г}$ | 4 по 0,25 б. |
| 12 | Находим массу раствора: $m(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра CuSO}_4) + m(\text{р-ра BaCl}_2) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) - m(\text{H}_2) - m(\text{Cl}_2) = 500 + 500 - 12,8 - 2,4 - 0,35 - 21,3 = 963,15 \text{ г}$ | 1 б. |
| 13 | Массовая доля гидроксида бария: $\omega(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 17,1 / 963,15 = 1,78\%$ | 0,5 б. |
| | | Итого: 10 б. |

ЗАДАЧА 3.

Однажды химик Юра Б., разбирая в своей лаборатории старый заброшенный сейф, обнаружил в нём неподписанную склянку с белым кристаллическим веществом (соль **X**), окрашивающим пламя в фиолетовый цвет. «Что же там?» – подумал Юра.

И, взяв с соседней полки концентрированную соляную кислоту, прилил её к навеске соли **X** (реакция 1). Каково было удивление химика, когда он обнаружил выделение жёлто-зелёного газа с резким запахом (газ **A**).

«Налью-ка я туда чего-нибудь другого», – решил Юра и добавил к навеске соли этой же массы (реакция 2) концентрированную серную кислоту. При этом он наблюдал выделение бурого газа с удушающим запахом (газ **Б**) с плотностью по водороду 33,75.

«Как опасно!», – воскликнул Юра. После чего он добавил к навеске соли **Х** небольшое количество оксида марганца (IV) и осторожно нагрел полученную смесь до 400⁰С . При прокаливании кристаллического вещества **Х** выделяется газ **В** и остаётся твёрдый остаток (реакция 3), при действии на который концентрированной серной кислоты при нагревании выделяется газ **Г** (реакция 4). При стоянии водного раствор газа **А** выделяется газ **В** и получается раствор газа **Г** (реакция 5).

«Теперь мне всё ясно, надо её подальше убрать, а то мало ли что может случиться», – твёрдо сказал химик и спрятал склянку с солью подальше в сейф.

Вопросы:

1. Расшифруйте формулы газов **А**, **Б**, **В**, **Г** и вещества **Х**.
2. Напишите уравнения реакций 1-5.
3. Напишите уравнения возможных реакций поглощения газа **А** раствором КОН.
4. Объясните, чего опасался Юра? Где применяется соль **Х**? Дайте её тривиальное название.

Максимальный балл – 10.

Решение задачи 3

| | Действие | Баллы |
|----|---|------------|
| 1 | Окрашенные газы - это F ₂ , Cl ₂ , O ₃ , NO ₂ . Газ А получен при взаимодействии соли Х с соляной кислотой, им может быть хлор. А – Cl ₂ . | 0,5 б |
| 2 | Рассчитаем молярную массу газа Б . $M(\text{Б}) = 2 \cdot 33,75 = 67,5$ (г/моль) | 0,5 б |
| 3. | Исходя из дробной молярной массы А , его бурой окраски и удушающего запаха, можно предположить, что данный газ содержит хлор, тогда на оставшиеся элементы приходится $67,5 - 35,5 = 32$ г/моль. Это соответствует 2 атомам кислорода, тогда возможная формула Б – ClO ₂ | 0,5 б |
| 4 | При взаимодействии Cl ₂ с водой, при стоянии, выделяется кислород и образуется HCl, значит газ В – O ₂ , а газ Г - HCl. | 2 по 0,5 б |
| 5. | По окраске пламени и выделению двуокиси хлора при взаимодействии соли Х с концентрированной H ₂ SO ₄ можно судить о наличии в её составе калия и хлора. При прокаливании кристаллического вещества Х выделяется кислород, следовательно, соль Х содержит кислород. Теоретически можно предположить, что Х - это KClO, KClO ₂ , KClO ₃ или KClO ₄ , однако в качестве индивидуальных соединений существуют лишь KClO ₃ и KClO ₄ . Но KClO ₄ для получения кислорода не используется, так как температура его разложения значительно выше | 0,5 б |

| | | |
|---|---|--------------------|
| | (630 ⁰ С). Следовательно, вещество X – это $KClO_3$ | |
| 6 | 1) $KClO_3 + 6 HCl (к) \rightarrow KCl + 3 Cl_2 + 3 H_2O$ 2) $3KClO_3 + 3 H_2SO_4(к) \rightarrow 3KHSO_4 + HClO_4 + 2 ClO_2 + H_2O$ (возможно образование K_2SO_4) 3) $2 KClO_3 \rightarrow 2 KCl + 3O_2$ 4) $KCl + H_2SO_4(к) \rightarrow HCl\uparrow + KHSO_4$ (возможно образование K_2SO_4) 5) $2Cl_2 + 2H_2O \rightarrow 4HCl + O_2$ 6) $Cl_2 + 6 KOH \rightarrow KClO_3 + 5 KCl + 3 H_2O$ или $Cl_2 + 2 KOH \rightarrow KCl + KOCl + H_2O$ | 6 по 1 б |
| 7 | Тривиальное название соли X – бертолетова соль. Она применяется в спичечном производстве, при изготовлении взрывчатых веществ и сигнальных ракет. | 0,5 б |
| 8 | Смеси этой соли с восстановителями (серой, фосфором и др.) легко взрываются от удара (видимо, это вызвало опасения Юры, и он аккуратно убрал склянку с бертолетовой солью глубоко в сейф | 0,5 б |
| | | Итого: 10 б |

ЗАДАЧА 4

При нагревании 5 граммов некоторой соли образуется три оксида: твердый (3,6 г), жидкий (0,405 г) и газообразный (0,99 г) (агрегатное состояние приведено для 25 °С и 1 атм). С помощью расчетов определите формулу соли и напишите реакцию ее разложения.

Максимальный балл – 10.

Решение задачи 4

| | Действие | Баллы |
|---|--|---------------|
| 1 | Наиболее вероятным жидким оксидом является вода | 0,5 б. |
| 2 | Находим количество воды: $n(H_2O) = 0,405 / 18 = 0,0225$ моль | 0,5 б. |
| 3 | Количество газообразного оксида вероятнее всего находится в соотношении с водой 1:2, 1:1 или 2:1. Другие соотношения менее вероятны, поэтому начать нужно с таких. Находим молярную массу газообразного оксида: Соотношение 1:2 – 88 г/моль Соотношение 1:1 – 44 г/моль Соотношение 2:1 – 22 г/моль Вероятнее всего газообразный оксид – это CO_2 | 2 б. |
| 4 | Соотношение углекислого газа и воды позволяет предположить, что солью является основной карбонат: $(MeOH)_2CO_3$ | 3 б. |

| | | |
|---|---|------------------------|
| | $(\text{MeOH})_2\text{CO}_3 = 2\text{MeO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | |
| 5 | Находим молекулярную массу оксида: $n(\text{MeO}) = 0,045$ моль $M(\text{MeO}) = 3,6/0,045 = 80$ г/моль | 2 б. |
| 6 | Отсюда металл – Cu Соль – $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ | 2 б. |
| | | Итого: 10 б. |

ЗАДАЧА 5.

Напишите структурные формулы трёх возможных изомеров $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ и назовите вещества. Напишите схему получения одного из выбранных веществ, используя в качестве исходного органического вещества только метан.

Решение задачи 5

| | Действие | Баллы |
|---|---|------------------------|
| 1 | Возможные изомеры: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NO}_2$ – нитроэтан CH_3CONH_2 – ацетиламид, амид уксусной кислоты $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ – аминокислота, глицин | 3 по 2 б. |
| 2 | Возможная цепочка превращений: $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ $2\text{CH}_3\text{Cl} + 2\text{Na} = \text{CH}_3\text{CH}_3 + 2\text{NaCl}$ $\text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{CH}_3\text{CH}_2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | 4 б. |
| | | Итого: 10 б. |