

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады
школьников по химии в 2020/2021 учебном году
Теоретический тур (решения)**

10 КЛАСС

Задача 1.

Даны три углеводорода **A**, **B** и **C**. Известно, что соединение **B** можно получить из **C**, а соединение **A** – из **B**. Вещество **A** на свету реагирует с хлором, не вызывает обесцвечивания раствора перманганата калия. Соединения **B** и **C** обесцвечивают бромную воду. При высокотемпературном крекинге соединение **A** разлагается, при этом объем газа увеличивается втрое. Соединение **B** используется в промышленности для производства этанола. На базе вещества **C** получают уксусную кислоту и синтетический каучук. Назовите соединения **A**, **B** и **C**. Напишите уравнения указанных реакций, используя структурные формулы.

20 баллов

Решение.

| | |
|--|--------------------------|
| 1) Неизвестные соединения: A – этан (CH ₃ -CH ₃); B – этилен (CH ₂ =CH ₂); C – ацетилен (CH≡CH). | 3б. |
| 2) Получение соединений $\text{CH}\equiv\text{CH (соед. C)} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ, \text{Pt}} \text{CH}_2=\text{CH}_2 \text{ (B)}$ $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ, \text{Pt}} \text{CH}_3-\text{CH}_3 \text{ (A)}$ | 2б. |
| 3) Взаимодействие с хлором соединения A $\text{CH}_3-\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CH}_3-\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ $\text{CH}_3-\text{CH}_3 + \text{KMnO}_4 \neq$ | 1б. |
| 4) Взаимодействие B и C с бромной водой $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_{2(\text{aq})} \rightarrow \text{CH}_2(\text{Br})-\text{CH}_2(\text{Br})$ $\text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{Br}_{2(\text{aq})} \rightarrow \text{CH}_2(\text{Br})_2-\text{CH}_2(\text{Br})_2$ | 1б. 2б. |
| 5) При высокотемпературном крекинге этана образуется 3 моль водорода | 2б. |

| | |
|--|--------------------------|
| $\text{CH}_3-\overset{\text{t}^\circ}{\text{C}}-\text{CH}_3 \rightarrow 2\text{C} + 3\text{H}_2$ | |
| <p>б) Промышленный способ получения этанола из этилена</p> $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{H}_3\text{PO}_4/\text{Al}_2\text{O}_3]{200-300^\circ\text{C}, 7-8\text{МПа}} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ | 16. |
| <p>7) Из ацетилена получают уксусную кислоту по схеме:</p> <p>а) $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{HgSO}_4, \text{H}^+} \text{CH}_3-\text{COH}$</p> <p>б) $2\text{CH}_3-\text{COH} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2} 2\text{CH}_3-\text{COOH}$</p> | 16. 16. |

| | |
|---|------|
| 8) Схема синтеза каучука на базе ацетилен | |
| а) $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{CH}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{CuCl} + \text{NH}_4\text{Cl}} \text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ | 6 б. |
| б) $\text{CH}\equiv\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_2=\text{C}(\text{Cl})-\text{CH}=\text{CH}_2$ | |
| в) $n \text{CH}_2=\text{C}(\text{Cl})-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow [-\text{CH}_2-\text{C}(\text{Cl})=\text{CH}-\text{CH}_2-]_n$ | |

Задача 2.

Раствор соли **X** зеленоватого цвета взаимодействует с водным раствором нитрата бария, образуя белый осадок, не растворимый в кислотах. Раствор, приготовленный из 2,78 г указанной соли, разделили на две равные порции. При обработке одной порции избытком гидроксида натрия выпадает зеленоватый осадок, который на воздухе темнеет. После отделения осадка и прокаливания его на воздухе было получено вещество массой 0,4 г, содержащее 30,0% кислорода по массе. Вторая порция раствора после подкисления серной кислотой вступает в реакцию с 50 см³ раствора перманганата калия с концентрацией 0,02 моль/л. Определите формулу **соли X**. Ответ подтвердите расчетами. Составьте уравнения протекающих реакций.

20 баллов

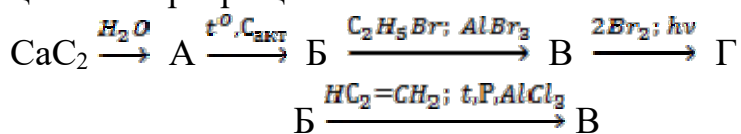
Решение.

| | |
|--|-----|
| 1) Соль представляет собой сульфат, так как с нитратом бария образует осадок, нерастворимый в кислотах. | 2б. |
| 2) При действии щелочи получен гидроксид, который затем окисляется, а при прокаливании образуется оксид. Если оксид Me_2O_n содержит 30 % кислорода, то молекулярная масса металла: при $n = 1$ составляет 18,67 (такого нет), при $n = 2$ составляет 37,3 (такого тоже нет); при $n = 3$ составляет 56. Таким образом, в состав соли входит железо. | 3б. |
| 3) 0,4 г Fe_2O_3 соответствуют 0,0025 моль. Тогда исходного сульфата железа (II) было взято 0,005 моль, т.е. 0,76 г. Однако по условию задачи его взято $2,78 : 2 = 1,39$ г. Остается предположить, что был взят кристаллогидрат. | 3б. |
| 4) Определим состав кристаллогидрата $1,39 - 0,76 = 0,63$. Так как вещества 0,005 моль, то 1 моль содержит 126 г воды, что соответствует | 3б. |

| | |
|---|------------|
| 7 молям воды. Формула кристаллогидрата $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. | |
| 5) 50 см^3 указанного раствора KMnO_4 содержат $0,02 \cdot 0,05 = 0,001$ моль перманганата. По уравнению реакции он взаимодействует с $0,005$ моль FeSO_4 , что соответствует расчету для первой порции соли. | 3б. |
| 6) Уравнения протекающих реакций: $\text{FeSO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaSO}_4 + \text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ $\text{FeSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ $2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ $10\text{FeSO}_4 + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ | 6б. |

Задача 3.

- 2) Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей цепочке превращений:



- 2) Составьте структурные формулы и назовите вещества А, Б, В, Г.

20 баллов

Решение.

| | |
|---|------------|
| 1) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$ | 2б. |
| 2) $3\text{C}_2\text{H}_2 \xrightarrow{t^\circ, \text{C}_{\text{акт}}} \text{C}_6\text{H}_6$ | 2б. |
| 3) $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} \xrightarrow{\text{AlBr}_3} \text{C}_6\text{H}_5\text{-C}_2\text{H}_5 + \text{HBr}$ | 2б. |
| 4) $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_2=\text{CH}_2 \xrightarrow{t^\circ=130^\circ\text{C}, 0,2\text{МПа}, \text{AlCl}_3} \text{C}_6\text{H}_5\text{-C}_2\text{H}_5$ | 2б. |
| 5) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}_2\text{H}_5 + 2\text{Br}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{C}_6\text{H}_5\text{-C}(\text{Br}_2)\text{-CH}_3 + 2\text{HBr}$ | 4б. |
| 6) Правильно написанные структурные формулы и названия неизвестных веществ | 8б. |

Задача 4.

Явление осмоса имеет большое значение для живой природы и для технологических процессов. Осмотическое давление относится к коллигативным свойствам раствора (зависящих от числа растворенных частиц, но не их природы). Для достаточно разбавленных растворов осмотическое давление может быть найдено по уравнению Менделеева – Клапейрона ($R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К}) = 0,0821(\text{л}\cdot\text{атм})/(\text{моль}\cdot\text{К})$; $1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт.ст.} = 101325 \text{ Па}$).

а) Из печени человека был выделен фермент. Водный раствор объемом 100 мл, содержащий 1,00 г данного вещества, развивает при 24°C осмотическое давление 0,75 мм.рт.ст. Установите молярную массу фермента.

б) В физиологии и медицине широко используют изотонические растворы (имеют осмотическое давление равное давлению плазмы крови). Одним из изотонических является раствор Рингера-Локка следующего состава:

| Компонент раствора | NaCl | KCl | CaCl ₂ | NaHCO ₃ | глюкоза |
|-------------------------------|------|------|-------------------|--------------------|---------|
| Содержание, г/дм ³ | 9,0 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 1,0 |

Рассчитайте осмотическое давление (атм) данного раствора при температуре человеческого тела 37°C с учетом общего количества частиц, входящих в состав 1 дм³ раствора Рингера-Локка.

20 баллов

Решение.

| | |
|---|------------|
| а) Уравнение Менделеева-Клайперона: $pV = nRT$ или $p = cRT$ | 46. |
| 1) $n(\text{белка}) = \frac{pV}{RT} = \frac{\frac{0,75}{760} \times 0,1}{0,0821 \times (273+24)} = 4 \cdot 10^{-6}$ моль | 46. |
| 2) $M(\text{белка}) = m/n = 1/(4 \cdot 10^{-6}) = 2,5 \cdot 10^5$ г/моль | 46. |
| б) 1 дм ³ раствор Рингера-Локка содержит: | |
| 1) $n(\text{NaCl}) = 9,0/58,5 = 0,154$ моль | 26. |
| 2) $n(\text{KCl}) = 0,2/74,5 = 0,0027$ моль | |
| 3) $n(\text{CaCl}_2) = 0,2/111 = 0,0018$ моль | |
| 4) $n(\text{NaHCO}_3) = 0,2/84 = 0,0024$ моль | |
| 5) $n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 1,0/180 = 0,0056$ моль | |
| б) Исходя из состава и диссоциации электролитов, в 1 дм ³ раствора Рингера-Локка будет находиться: $n = (2 \cdot 0,154 + 2 \cdot 0,0027 + 3 \cdot 0,0018 + 2 \cdot 0,0024 + 1 \cdot 0,0056) = 0,329$ моль частиц. | 46. |
| 7) $P_{\text{осм.}} = 0,329 \cdot 0,0821 \cdot (273 + 37) = 8,4$ атм. | 26. |

Задача 5.

Элементы, входящие в состав простых веществ **А** и **Б**, находятся в главных подгруппах в одном периоде. Эти простые вещества **А** и **Б**, взятые в массовом соотношении 1:1,78, взаимодействуют между собой при нагревании с образованием соли **В**. При обработке вещества **В** водой выделяется газ **Г** и образуется нерастворимое в воде вещество **Д**. Этот же газ **Г** выделяется, если обработать вещество **В** соляной кислотой, однако, осадок при этом не выпадает. Если обработать вещество **В** избытком раствора щёлочи, образуется только бесцветный раствор веществ **Е** и **Ж** (бинарное соединение). При прокаливании вещества **Д** образуется то же вещество (**З**), что и при обжиге вещества **В** в кислороде. Вещество **Б** можно получить из вещества **Г**, используя один из продуктов обжига вещества **В** в кислороде. Установите все вещества, назовите их, составьте уравнения протекающих реакции.

20 баллов

Решение.

| | |
|---|------------|
| 1) Из условия следует, что соль В содержит катионы металла, гидроксид которого проявляет амфотерные свойства, т.к. реагирует с кислотой и щёлочью. Это может быть Al или Be, цинк находится в побочной подгруппе. Используя данные о массовых отношениях установим элементы: металл – Al (вещество А), неметалл – это S (вещество Б). Уравнения реакций: | 36. |
| 2) $2Al + 3S = Al_2S_3$ (вещество В) | 16. |
| 3) $Al_2S_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3$ (вещество Д) + $3H_2S\uparrow$ (вещество Г) | 16. |
| 4) $Al_2S_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2S\uparrow$ | 16. |
| 5) $Al_2S_3 + 12NaOH = 2Na_3[Al(OH)_6]$ (вещество Е) + $3Na_2S$ (вещество Ж) | 36. |
| 6) $2Al(OH)_3$ (вещество Д) = Al_2O_3 (вещество З) + $3H_2O$ | 16. |
| 7) $2Al_2S_3 + 9O_2 = 2Al_2O_3$ (вещество З) + $6SO_2$ | 16. |
| 8) $2H_2S$ (вещество Г) + $SO_2 = 3S$ (вещество Б) + $2H_2O$ | 16. |
| 9) Названия веществ: Al – алюминий; S – сера; Al_2S_3 – сульфид алюминия; $2Al(OH)_3$ – гидроксид алюминия; H_2S – сероводород; $Na_3[Al(OH)_6]$ – гексагидроксоалюминат натрия; Na_2S – сульфид натрия; Al_2O_3 – оксид алюминия | 86. |