

Очный этап. 10 класс. Решения.

Задание № 1.

Напишите три соединения кальция А, Б, С, в которых катион Ca^{2+} имеет такую же электронную оболочку, как и анионы, входящие в молекулу соответствующего соединения. Напишите уравнения возможных реакций этих соединений при растворении их в растворе соляной кислоты. Почему эти реакции пойдут?

Определите объём газа (л,н.у.), который выделится при растворении 3,60 г двухатомной соли Б в избытке 20% раствора соляной кислоты. Этот газ поглотили раствором 30 % пероксида водорода, после завершения реакции раствор нагрели для разложения избытка пероксида водорода. Полученный раствор довели до объёма 1 л. Каким будет значение pH этого раствора?

Рассчитайте концентрацию кислоты (моль/л), если газ, полученный при реакции 36,4 г пятиатомного соединения С с раствором соляной кислоты, сжечь в избытке кислорода, а продукт горения растворить в воде, объём полученного раствора 500 мл.

Решение.

- Электронная оболочка Ca^{2+} $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ (1 балл)
- Такую же электронную оболочку имеют Cl^- , S^{2-} , P^{3-} (1 балл)
- Соединения CaCl_2 , CaS , Ca_3P_2 (1 балл)
- При растворении в соляной кислоте хлорид кальция диссоциирует на ионы, химической реакции нет. (1 балл)
- Сульфид кальция реагирует с сильной соляной кислотой с образованием слабой летучей кислоты.
$$\text{CaS} + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$$
$$0,05 \quad \quad \quad 0,05 \quad \quad \quad n_{\text{CaS}} = 3,60/72 = 0,05 \text{ моль.}$$
$$V_{\text{H}_2\text{S}} = 1,12 \text{ л}$$
(1 балл)
- Сероводород окисляется пероксидом водорода до серной кислоты.
$$\text{H}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$$
$$0,05 \quad \quad \quad 0,05 \text{ моль}$$
(1 балл)
- Концентрация серной кислоты в растворе $C = 0,05 \text{ M}$. (1 балл)
- Можно принять при малой концентрации кислоты степень диссоциации по ступеням близкой к 100 %. Тогда $\text{C}_{\text{H}}^+ = 0,1 \text{ M}$. $\text{pH} = 1$. (1 балл)
- Фосфид кальция реагирует с соляной кислотой с выделением газа.
$$\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6 \text{HCl} = 3 \text{CaCl}_2 + 2 \text{PH}_3\uparrow$$
$$0,2 \quad \quad \quad 0,4 \quad \quad \quad n_{\text{Ca}_3\text{P}_2} = 36,4/182 = 0,2 \text{ м}$$
(1 балл)
- Фосфин сгорает в избытке кислорода с образованием кислотного оксида P_2O_5 .
$$2 \text{PH}_3 + 4 \text{O}_2 = \text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O}$$
(1 балл)
- $(\text{PH}_3 + 2\text{O}_2 = \text{H}_3\text{PO}_4)$ - принимаемая альтернатива. (1 балл)
- 0,4 0,4 моль.
- $\text{C}_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 0,4/0,5 = 0,8 \text{ моль/л}$ (1 балл)

Итого

10 баллов

Задание № 2.

Ученик изучал свойства растворов электролитов, пропуская электрический ток через раствор. В раствор опускались инертные электроды. Измерялось сопротивление растворов. Все растворы имели начальную концентрацию 0,1 моль/л. Экспериментальные результаты в таблице:

Электролит	Концентрация, С ,моль/л	Сопротивление, Ом
Хлороводородная кислота	0,1	100
Хлороводородная кислота	0,05	200
Гидроксид натрия	0,1	170
Гидроксид натрия	0,02	850
Хлорид натрия	0,1	340
Хлорид натрия	0,05	680

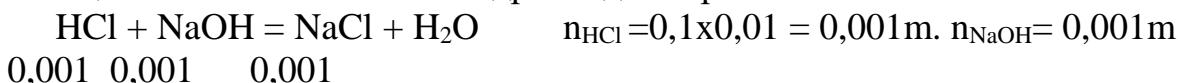
Рассчитайте сопротивление раствора, полученного при слиянии

- 1) 10 мл соляной кислоты С=0,1 моль/л и 20 мл NaOH С=0,05 моль/л.
- 2) 10 мл соляной кислоты С = 0,1 М и 10 мл NaOH С= 0,05 М.
- 3) 10 мл соляной кислоты С=0,05 М 10 мл NaOH С=0,1 М.

Решение.

- Хлороводородная кислота, гидроксид натрия, хлорид натрия – сильные электролиты, диссоциирующие нацело в разбавленных растворах. Такие растворы исследовал ученик. Сопротивление этих растворов зависит от концентрации ионов в растворе. Из опытов следует, что сопротивление раствора обратно пропорционально концентрации электролита. (1 балл)

Реакция соляной кислоты и гидроксида натрия:



Концентрация хлорида натрия $C_{\text{NaCl}} = 0,001 / 0,03 = 0,0333$ моль/л. (1 балл)

- Концентрация NaCl меньше в три раза по сравнению с табличной, сопротивление увеличится в три раза. $R = 1020 \text{ Ом}$ (1 балл)



- Концентрация HCl $0,0005 / 0,02 = 0,025$ М. $R = 400 \text{ Ом}$ (1 балл)
- Концентрация NaCl 0,025 М. $R = 1360 \text{ Ом}$ (1 балл)
- Сопротивление раствора рассчитывается по формуле параллельного соединения проводников в цепи:

$$\bullet \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}; R = \frac{400 \times 1360}{400 + 1360} = 309,1 \text{ Ом.} \quad (2 \text{ балла})$$

- 3) $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $n_{\text{HCl}} = 0,0005 \text{ м.}$ $n_{\text{NaOH}} = 0,001 \text{ м.}$ $0,0005$ Конечные количества

Концентрация NaOH $0,0005 / 0,02 = 0,025$ М $R = 680 \text{ Ом}$

Концентрация NaCl $0,025 \text{ М}$ $R = 1360 \text{ Ом}$

- $R_{\text{эф}} = 453,3 \text{ Ом.}$ (2 балла).

Итого

10 баллов

Задание № 3.

Определите объём (л,н.у.) смеси аммиака и азота, в которой содержится $18,06 \times 10^{23}$ атомов водорода и массовая доля водорода в смеси равна 6,666%. Какой объём займёт газ после пропускания его над нагретым порошком оксида меди CuO при 273 °C и давлении 1 атм, а также при нормальных условиях? Каков будет объём воды, если она при нормальных условиях закристаллизуется?

Решение.

Количество аммиака определяется через количество водорода.

- $n_H = 3$ моль. $m_H = 3$ г. $n_{NH_3} = 1$ моль. $m_{NH_3} = 17$ г. (1 балл)
- Масса смеси $m = 3/0,0666 = 45$ г (1 балл)
- $m_{N_2} = 28$ г. $n_{N_2} = 1$ моль. (1 балл)
- Объём газовой смеси $22,4 \times 2 = 44,8$ л. (1 балл)
- Реакция аммиака с оксидом меди:
$$\begin{array}{ccccccc} 3 \text{ CuO} & + & 2 \text{ NH}_3 & = & 3 \text{ Cu} & + & \text{N}_2 & + 3 \text{ H}_2\text{O} \\ 1,5 & & 1 \text{ моль} & & 1,5 & & 0,5 & 1,5 \end{array}$$
(2 балла)
- При температуре 273 °C общее количество газа будет равно 3 моль. Азота 1,5 моль, воды 1,5 моль. (1 балл)
- Объём газа определяется из уравнения Менделеева-Клапейrona:
 $PV = n RT$.
 $V = nRT/P$
 $V = 3 \times 8,314 \times 546 / 101300 = 0,1344 \text{ м}^3 = 134,4 \text{ л.}$ (1 балл)
- При нормальных условиях вода будет находиться в конденсированной фазе, её объём пренебрежимо мал по сравнению с объёмом газа, которого будет 1,5 моль.
 $V = 22,4 \times 1,5 = 33,6 \text{ л.}$ (1 балл)
Масса воды равна $18 \times 1,5 = 27$ г.
Плотность льда 0,9 г/см³. $V_{kp.} = 30 \text{ см}^3$. (1 балл)

Итого

10 баллов

Задание № 4.

Атом элемента X имеет массовое число 36. Ядро атома X содержит 20 нейтронов. Напишите формулы возможных фторидов этого элемента. Определите формулы фторидов с массовой долей природного содержания элемента X 62,75 %, 25,2 %, а также газа фторида с плотностью 6,52 г/л при нормальных условиях. Напишите формулы стабильных оксидов этого элемента. Какие гидроксиды соответствуют оксидам? Напишите формулу широко применяемого гидроксида этого элемента. Напишите уравнения реакций, характеризующих кислотно-основные свойства этого соединения, а также реакции с хлоридом натрия, медью, указав условия их проведения. Приведите примеры реакций в органической химии, в которых важную роль выполняет это соединение.

Решение.

- Массовое число есть сумма числа протонов и нейронов в ядре атома. Число протонов в ядре атома X равно 16. Элемент X= ^{36}S . Природное содержание этого стабильного изотопа 0,02 %. (1 балл)

Фториды серы многочисленны. Стабильны соединения серы с чётной валентностью. Степени окисления разнообразны.

Расчёт состава фторидов по массовой доле элементов в соединении.

Расчёт на 100 г соединения.

- $\omega_s = 62,75\% \quad m = 62,75 \text{ г} \quad n_s = 62,75/32 = 1,96 \quad m_F = 37,25 \text{ г} \quad n_F = 1,96$
Отношение S : F = 1: 1. Соединение S_2F_2 (1 балл)
- $\omega_s = 25,2\% \quad m = 25,2 \text{ г} \quad n_s = 25,2/32 = 0,788 \quad m_F = 74,8 \text{ г} \quad n_F = 3,94$
Отношение S : F = 1: 5. Соединение S_2F_{10} (1 балл)
- Фторид газ с плотностью 6,52 г/л при н.у. имеет M = 146 г/моль. Это гексафторид серы SF_6 . Химически и термически очень устойчив. (1 балл)
Стабильны также SF_2 , SF_4 .

Стабильные оксиды серы SO_2 , SO_3 . Соответствующие им гидроксиды – сернистая и серная кислоты. Широкое применение у серной кислоты.

Кислотные свойства серной кислоты.

- $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ (0.5 балл)
- $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (0.5 балл)
- $\text{Zn(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (0.5 балл)
- $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ (0.5 балл)
- $\text{NaCl}_{(\text{кр})} + \text{H}_2\text{SO}_4_{(\text{конц})} = \text{HCl}\uparrow + \text{NaHSO}_4$ (1 балл)
- $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4_{(\text{конц})} = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (1 балл)

Реакции органической химии с участием конц. серной кислоты.

- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (0.5 балл)
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ (0.5 балл)
- $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HONO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (0.5 балл)
- $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HOSO}_2\text{OH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ (0.5 балл)

Итого

10 баллов

Задание № 5.

Газовая смесь этана и этина объемом 22,4 л (н.у.) была смешана с равным объемом водорода и пропущена над катализатором при нагревании. Объем газов после гидрирования равен 22,4 л (н.у.) и после пропускания через бромную воду не изменился. Предложите способ разделения исходной смеси на этан и этин. Какой объем воздуха необходим для полного сжигания 112 г такой газовой смеси? Рассчитайте массу уксусной кислоты, которую можно получить, используя реакцию Кучерова, из 89,6 л (н.у.) такой смеси. Практический выход продукта по каждой стадии равен 90 %.

Решение.

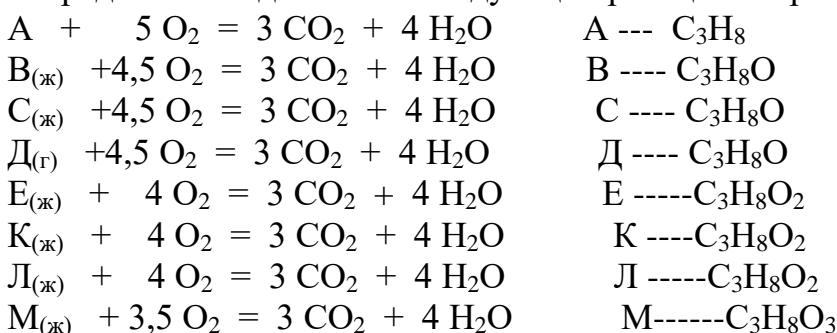
- Водород полностью присоединился к этину и полностью его прогидрировал.
 $C_2H_2 + 2 H_2 = C_2H_6$ $n_{H_2} = 1$ моль $n_{C_2H_2} = 0,5$ моль (1 балл)
- Исходная смесь содержала 0,5 моль этана и 0,5 моль этина. (1 балл)
После гидрирования газ 1 моль этана.
- Способ разделения смеси:
 $2[Ag(NH_3)_2]OH + C_2H_2 = C_2Ag_2 \downarrow + 2 NH_3 + H_2O$ (1 балл)
- Этин поглотится раствором гидроксида серебра, этан нет.
Осадок ацетиленида серебра легко разрушается кислотами:
 $C_2Ag_2 + 2H^+ = C_2H_2 + 2 Ag^+$ (1 балл)
- Сжигание эквимолярной смеси этана и этина массой 112 г.
1 моль этана + 1 моль этина имеют массу $30 + 26 = 56$ г.
Смесь содержит 2 моль этана и 2 моль этина. (1 балл)
 $C_2H_6 + 3,5 O_2 = 2 CO_2 + 3 H_2O$ $n_{C_2H_6} = 2$ моль, $n_{O_2} = 7$ моль.
 $C_2H_2 + 2,5O_2 = 2 CO_2 + H_2O$ $n_{C_2H_2} = 2$ моль, $n_{O_2} = 5$ моль.
- Общее количество кислорода 12 моль. Объем кислорода 268,8 л. (1 балл)
- В воздухе 20 % (объем) кислорода. Объем воздуха 1344 л. (1 балл)
- Получение уксусной кислоты:
 Hg^{2+}
 $C_2H_2 + H_2O \longrightarrow CH_3CHO$ $n = 2$ моль. (1 балл)
- $CH_3CHO + 2 [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3COOH + 2 Ag + 2 NH_3 + H_2O$ (1 балл)
2 моль 2 моль.
Теоретический выход уксусной кислоты $m = 60 \times 2 = 120$ г
- Практический выход кислоты $120 \times 0,9 \times 0,9 = 97,2$ г. (1 балл)

Итого

10 баллов

Задание № 6.

Определите соединения в следующих реакциях горения:



Все вещества стабильны, не содержат перекисных групп.

Напишите возможные реакции соединений с металлическим натрием, с свежеосаждённым гидроксидом меди, уксусной кислотой, дихроматом калия в кислой среде. Укажите соединения, которые не будут реагировать с этими реагентами. Однотипные реакции оцениваются как одна реакция.

Вязкая жидкость М используется в косметике, медицине, пищевой промышленности. Реакцией с сильной одноосновной кислотой получают соединение НГ, которое всегда лежит в кармане пенсионера. Это же соединение используют при проведении горных разработок.

Напишите реакцию разложения этого соединения. Рассчитайте объём газов при температуре 546 °С и давлении 1 атм., если взорвётся заряд массой 908 г. Продуктами реакции при этой температуре являются стабильные газы.

Решение.

- Вещество А – пропан не реагирует с приведёнными реагентами.
Б, С, Д –изомеры. В и С – пропанол-1 и пропанол-2. С- метилэтиловый эфир, простые эфиры - летучие соединения, химически мало активны. (2 балла)
- 2C₃H₇OH + 2 Na = 2 C₃H₇ONa + H₂↑ (1 балл)
- C₃H₇OH + CH₃COOH → CH₃COOC₃H₇ + H₂O (1 балл)
- 3 CH₃CH₂CH₂OH + K₂Cr₂O₇ + 4 H₂SO₄ →
→ 3 CH₃CH₂CHO +K₂SO₄ + Cr₂(SO₄)₃ + 7H₂O (1 балл)
- Изомеров C₃H₈O₂ шесть. Достаточно дать три. Для диола написать реакцию с гидроксидом меди. (1 балл)
- 2 CH₃CH(OH)CH₂OH + Cu(OH)₂ → Cu(CH₃CH(OH)CH₂O)₂ + 2 H₂O
голубой осадок ярко-синий раствор (1 балл)
- Изомеров C₃H₈O₃ – много, но из условий задания следует пропантриол, или глицерин. Для него характерны все реакции, рассмотренные ранее.
- Реакция с азотной кислотой в присутствии серной даёт тринитрат глицерина, известного как нитроглицерин НГ.
- C₃H₅(OH)₃ + 3 HNO₃ → C₃H₅(ONO₂)₃ + H₂O (1 балл)
- Взрыв нитроглицерина:
C₃H₅(NO₃)₃ → 1,5 N₂ + 2,5 H₂O + 3 CO₂ + 0,5 O₂ n_{НГ}= 4 моль (1 балл)
4 6 10 12 2 Σn =30 моль
- V=30x8,314x819/101300 =2,016 m³ (1 балл)

Итого

10 баллов