Анализ заданий муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии 10 класс
2022-2023 учебный год

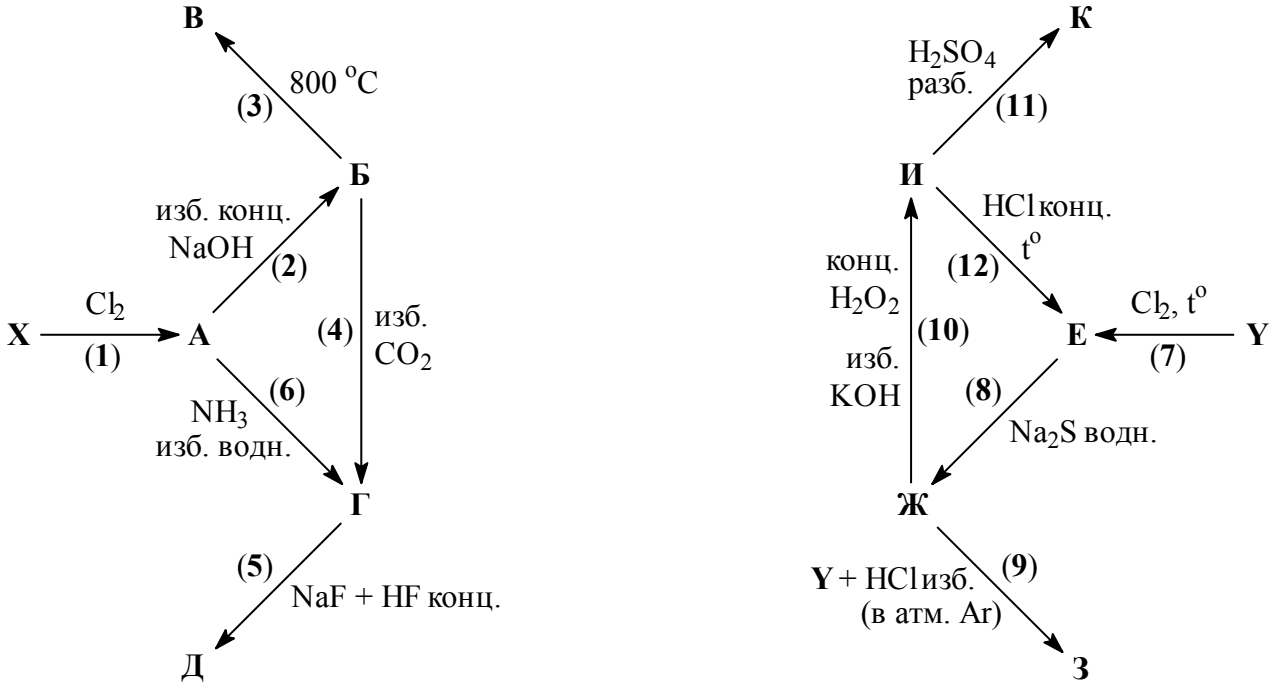
Макарова Ольга Михайловна,
учитель химии МБОУ «СШ №33»

Максимальное количество баллов-70
Длительность выполнения заданий составляет 4часа

Задача 10-1 (*20 баллов*)**.**

При хлорировании металлов **X** и **Y** образуются соответствующие хлориды **А** и **Е**, имеющие одинаковый стехиометрический состав. Известно, что элемент **X** является р-элементом, и это самый распространенный металл в природе. **Y** – d-элемент, важный компонент легированных сталей; металл используется в качестве износоустойчивых и красивых гальванических покрытий.

Ниже приведены схемы превращений соединений **А**–**Д**, содержащих **X**, и соединений **Е**–**К**, содержащих **Y**.



а) Определите металлы **X** и **Y**.

б) Приведите формулы соединений **А**–**К** и напишите уравнения реакций (**1**–**12**).

в) Для получения металла **X** в промышленности применяют электролиз расплава смеси, содержащей оксид этого металла и соединение **Д** (которое

редко встречается в природе в виде соответствующего минерала). Напишите тривиальное (минералогическое) название соединения **Д** и поясните, для чего добавляют **Д** при электрохимическом получении **Х**.

Решение.

а) В соответствии с описанием, исходные металлы - алюминий и хром.

б) формулы соединений **А–К**:

А – $AlCl_3$;

Б – $Na_3[Al(OH)_6]$ ($Na[Al(OH)_4]$, $Na[Al(H_2O)_2(OH)_4]$);

В – $NaAlO_2$;

Г – $Al(OH)_3$;

Д – $Na_3[AlF_6]$;

Е – $CrCl_3$;

Ж – $Cr(OH)_3$;

З – $CrCl_2$;

И – K_2CrO_4;

К – $K_2Cr_2O_7$.

(**1**) $2Al + 3Cl_2 \rightarrow 2AlCl_3$;

(**2**) $AlCl_3 + 6NaOH_{\text{изб. конц.}} \rightarrow Na_3[Al(OH)_6] + 3NaCl$,

($AlCl_3 + 4NaOH_{\text{изб. конц.}} \rightarrow Na[Al(OH)_4] + 3NaCl$),

($AlCl_3 + 4NaOH_{\text{изб. конц.}} + 2H_2O \rightarrow Na[Al(H_2O)_2(OH)_4] + 3NaCl$);

(**3**) $Na_3[Al(OH)_6] \xrightarrow{t^\circ} NaAlO_2 + 2NaOH + 2H_2O$,

($Na[Al(OH)_4] \xrightarrow{t^\circ} NaAlO_2 + 2H_2O$),

($Na[Al(H_2O)_2(OH)_4] \xrightarrow{t^\circ} NaAlO_2 + 4H_2O$);

(**4**) $Na_3[Al(OH)_6] + 3CO_{2\ \text{изб.}} \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3NaHCO_3$,

($Na[Al(OH)_4] + CO_{2\ \text{изб.}} \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + NaHCO_3$),

($Na[Al(H_2O)_2(OH)_4] + CO_{2\ \text{изб.}} \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + NaHCO_3 + 2H_2O$);

(**5**) $Al(OH)_3 + 3HF_{\text{конц.}} + 3NaF \rightarrow Na_3[AlF_6]\downarrow + 3H_2O$;

(**6**) $AlCl_3 + 3NH_{3\ \text{изб.}} + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$;

(**7**) $2Cr + 3Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CrCl_3$;

(**8**) $2CrCl_3 + 3Na_2S + 6H_2O \rightarrow 2Cr(OH)_3\downarrow + 6NaCl + 3H_2S\uparrow$;

(**9**) $2CrCl_3 + 2HCl + 2Cr \xrightarrow{\text{атм. } Ar} 4CrCl_2 + H_2\uparrow$,

($2CrCl_3 + Cr \xrightarrow{\text{атм. } Ar} 3CrCl_2$);

(**10**) $2Cr(OH)_3 + 3H_2O_{2\ \text{конц.}} + 4KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 8H_2O$;

(**11**) $2K_2CrO_4 + H_2SO_{4\ \text{разб.}} \rightarrow K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$;

(**12**) $2K_2CrO_{4\ \text{тв.}} + 16HCl_{\text{конц.}} \xrightarrow{t^\circ} 2CrCl_3 + 3Cl_2\uparrow + 4KCl + 8H_2O$.

в) Тривиальное (оно же минералогическое) название соединения **Д – криолит**. Для получения алюминия используется смесь Al_2O_3 (~10–15 %) и $Na_3[AlF_6]$ (~85–90 %). Криолит позволяет **существенно понизить температуру проведения электролиза** ($t_{пл.}(Al_2O_3)$ ~ 2053 °C), а также **значительно увеличить электропроводность расплава**.

Рекомендации к оцениванию:
за открытие каждого металла по 1 баллу, итого - 2 балла,
за формулы А-К по 0,5 балла, итого – 5 баллов,
за уравнения реакций по 1 баллу, итого – 12 баллов,
за тривиальное название и указание роли по 1,5 балла, итого – 3 балла.
Итого – 20 баллов

Задача 10-2 (*10 баллов*).

Рассчитайте массу оксида серы (VI), которую необходимо добавить к 82% раствору серной кислоты, чтобы получить 100 г 10% раствора серного ангидрида в серной кислоте (олеум).

Решение.
Первые порции серного ангидрида будут реагировать с водой, имеющейся в растворе 82% серной кислоты:
$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$.
Только после этого серный ангидрид будет насыщать серную кислоту.
В 100 г 10% раствора содержится 10 г SO_3.
$M(SO_3)$= 80 г/моль.
Пусть необходимо взять x г 82% раствора серной кислоты.
Этот раствор содержит 0,18x (г) воды и 0,82x (г) H_2SO_4.
По уравнению: $n(SO_3) = n(H_2O) = 0,18x/18$
Тогда $m(SO_3) = (0,18x/18)\cdot 80$
Масса конечного раствора:
$(0,18x/18)\cdot 80 + x + 10 = 100$, откуда x = 50.
Искомая масса $m(SO_3)$ = 100 – m (р-ра серной кислоты) = 100 -50 = **50 (г)**

Рекомендации к оцениванию:
уравнение реакции - 2 балла,
математический расчет (любым способом) – 8 баллов.
Итого – 10 баллов

Задача 10-3 (*6 баллов*).

В автомобильную шину объемом 0,75 $м^3$накачали воздух под давлением 200 кПа. Рассчитайте: а) Какой объем воздуха выйдет из шины при открытии клапана, если внешнее давление 101,3 кПа?
б) Какая масса красного фосфора потребуется на сгорание в этом объеме воздуха, считая, что кислорода в нем 1/5 часть по объему?
в) Какое количество теплоты выделится при этом, если термохимическое уравнение сгорания фосфора имеет вид: $4P + 5O_2 = 2P_2O_5 + 3010$ кДж?

Решение.

а) По закону Бойля-Мариотта при T-const $p_1V_1=p_2V_2$, откуда:
$V_2= (p_1V_1)/ p_2 = (200 кПа \cdot 0,75 м^3)/ 101,3 кПа = 1,48 м^3$
$V_2 - V_1 = 1,48 - 0,75 = 0,73 м^3$, или **730 л.**
б) $V (O_2) = 730:5 = 146$ л;
$n (O_2)= 146/22,4= 6,52$ моль.
По уравнению: $4P + 5O_2 = 2P_2O_5 + 3010$ кДж
$n(P)= 4/5\ n (O_2) = 5,21$ моль.
$m(P) = 5,21 \cdot 31=$ **161,6 г**.
в) Согласно уравнению, при сгорании
4 моль фосфора выделяется 3010 кДж теплоты.
5,21 моль выделяется x кДж теплоты.
$Q = 3010 \cdot 5,21:4 \approx$ **3921 кДж**.

Рекомендации к оцениванию:
За расчеты по каждой позиции (а-в) по 2 балла,
Итого - 6 баллов.

Задача 10-4 (*12 баллов*).

Относительная плотность смеси озона и кислорода по водороду равна 18. Эта смесь была использована для полного окисления смеси ацетилена, бутана и 2-метилпропана массой 159 г и относительной плотностью по гелию 8,9. Рассчитайте минимальный объем (н.у.) израсходованной смеси озона и кислорода.

Решение.

Средняя молекулярная масса смеси O_2 и O_3 равна удвоенной плотности по водороду:
$M_{ср} = 18 \cdot 2= 36$ г/моль.
Пусть в смеси x моль O_2 , тогда (1-x) моль O_3
$32x + (1-x) \cdot 48 = 36$, откуда x=0,75 моль ($O_2$).
Следовательно, $n(O_3) = 0,25$ моль. Для газов мольные доли равны объемным долям.
Процессы окисления можно выразить обобщенными уравнениями:

$C_2H_2 + 5O = 2CO_2 + H_2O$ (1)
$C_4H_{10} + 13O = 4CO_2 + 5H_2O$ (окисление бутана и метилпропана) (2)
$M_{ср}$ (орг.в-в) = 8,9·4= 35,6 г/моль.
n(смеси орг.в-в) = 159/35,6 = 4,47 моль
Пусть в смеси x моль C_2H_2 и y моль C_4H_{10}.
Система уравнений по массе и количеству веществ:
26x + 58y = 159
x + y = 4,47.
Откуда x = 3,125 моль, y = 1,345 моль.
На реакции (1) и (2) расходуется 3,125·5 + 1,345·13 = 33,11 моль атомов «О».
1 моль смеси O_2 и O_3 с учетом их мольных (объемных) долей содержит:
0,75·2 + 0,25·3 = 2,25 моль атомов «О». Следовательно, на окисление смеси органических веществ необходимо 33,11/2,25 = 14,72 моль смеси O_2 и O_3.
Объем смеси окислителей 14,72·22,4 = **329,6** (л).

Рекомендации к оцениванию:
расчет объемных долей O_2 и O_3 – 3 балла,
уравнения (схемы) реакций 1 и 2 по 1 баллу, итого – 2 балла,
расчет молей органических веществ в смеси – 5 баллов,
расчет объема смеси окислителей – 2 балла.
Итого – 12 баллов

Задача 10-5 (*7 баллов*).

Выполните тестовые задания.

А) в реакцию полимеризации **не вступает(ют)**

1) пропен 2) стирол 3) толуол 4) этен 5) циклогексан

Б) правило Марковникова не применимо для реакции, схема которой
1) $CH_2 = CH - CH_3 + HBr \rightarrow$ 2) $CH_2=CH - CH_3 + H_2O \rightarrow$
3) $CHCl=CH - CH_3 + HCl \rightarrow$ 4) $CH_2=CH - CHF_2 + HCl \rightarrow$

В) Максимальное число изомеров для вещества состава $C_3H_4Cl_2$ равно
1) 4 2) 5 3) 7 4) 9 5) 11

Г) Выберите все вещества, которые вступают в реакцию с гидроксидом меди (II)

1) изопропанол 2) этиленгликоль 3) муравьиная кислота 4) метаналь

5) циклопропан 6) изобутан 7) ацетилен

Д) Выберите все вещества, которые реагируют с аммиачным раствором оксида серебра

1) уксусная кислота 2) метанол 3) бутин-2 4) пропин

5) этаналь 6) циклобутан 7) толуол 8) бензол 9) фенилацетилен

Е) В схеме превращений

$$CO \xrightarrow{+H_2} X_1 \xrightarrow{+X_2} CH_3I$$

веществами X_1 и X_2 соответственно являются

1) CH_4 и HI 2) CH_4 и I_2 3) CH_3OH и I_2 4) CH_3OH и HI

Ж) Укажите вещества, в молекулах которых только один атом углерода находится в состоянии sp^2-гибридизации

1) CH_3-CH(OH)-CH_3 2) CH_3-CH_2-CHO 3) CH_2=CH-CH_3

4) HCOOH 5) CH_2=CH-COOH 6) C_6H_5-CHO

Решение.

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
35	4	3	234	1459	4	24

Рекомендации к оцениванию:
За полный правильный ответ на каждое задание по 1 баллу.
Итого – 7 баллов

Задача 10-6 (*15 баллов*).

Химику-аналитику выдали для анализа 100 мл раствора, содержащего смесь карбоната и гидрокарбоната натрия и поставили задачу – определить массы компонентов в смеси.

Для решения задачи аналитик отбирал 10 мл раствора, добавлял фенолфталеин и титровал раствором соляной кислоты концентрацией 0,1 моль/л до исчезновения малиновой окраски. Затем к обесцвеченному раствору он добавлял метиолранж и продолжал титровать до появления розовой окраски.

На титрование 10 мл пробы с фенолфталеином пошло 8,75 мл раствора соляной кислоты (среднее значение), на титрование с метилоранжем – еще 11,1 мл (среднее значение).

Задания: напишите уравнения протекающих реакций, рассчитайте массы солей в исходном образце.

Решение.

Раствор карбоната натрия за счет гидролиза имеет щелочную среду, вследствие чего фенолфталеин приобретает малиновую окраску. При реакции с соляной кислотой протекает реакция:

$$Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl.$$

Средняя соль превращается в кислую, окраска индикатора исчезает (раствор $NaHCO_3$ показывает слабощелочную среду (pH≈ 8,4), фенолфталеин нечувствителен).

При дальнейшем титровании соляной кислотой протекает реакция:

$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2$$

Первая «избыточная» капля соляной кислоты дает розовую окраску м/о.

По результатам первого титрования можно рассчитать массу Na_2CO_3:

m = 0,1 моль/л · $8{,}75 \cdot 10^{-3}$ л · 106 г/моль · 10 (с учетом 100 мл исходного раствора) ≈ **0,9** (г)

При расчетах со вторым титрованием необходимо помнить, что реагирует и исходная часть $NaHCO_3$, и образовавшаяся из Na_2CO_3 при первом титровании. Расход соляной кислоты на титрование «исходного» $NaHCO_3$ будет составлять разница в титрованиях.

Следовательно:

m= 0,1 моль/л · (11,1 – 8,75)$\cdot 10^{-3}$ л · 84 г/моль · 10 (с учетом 100 мл исходного образца) ≈ **0,2** (г)

Рекомендации к оцениванию:
за каждое верно записанное уравнение реакции 1 балл, итого – 2 балла,
за верный расчет массы карбоната натрия – 5 баллов,
за расчет массы гидрокарбоната - 8 баллов.
*Итого – 15 баллов***.**