

**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2019/20. Химия
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР (90 минут)**

1 вариант

10 класс

Задача 10-1

Однажды ученик помог учительнице разобрать шкаф с реактивами. На одной старой банке этикетка повредилась настолько, что ее невозможно было прочесть. Чтобы выяснить, какое соединение **А** содержится в банке, ученик провел серию опытов. Сначала он растворил соединение в воде и обработал раствором КОН, при этом выпал серо-зеленый осадок **Б**, при добавлении к которому избытка щелочи образовался раствор соединения **В** зеленого цвета. При обработке этого щелочного раствора раствором H_2O_2 образовался окрашенный в желтый цвет раствор вещества **Г**. В кислой среде раствор **Г** менял окраску на оранжевую вследствие образования соли **Д**, а в щелочной снова становился желтым. Другую порцию раствора **А** ученик обработал раствором $BaCl_2$, но никаких изменений не произошло. При добавлении раствора $AgNO_3$ к еще одной порции раствора **А** образовался белый осадок **Е**, который растворился при добавлении к нему водного раствора NH_3 .

1. Установите формулы соединений **А – Е**, если дополнительно известно, что соединение **Б** при нагревании разлагается с образованием темно-зеленого оксида, массовая доля кислорода в котором составляет 31.6%.

2. Напишите уравнения всех протекающих химических реакций.

3. Какую среду имеет водный раствор соли **Д**? Объясните.

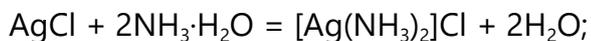
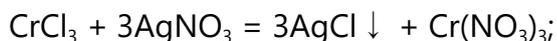
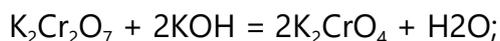
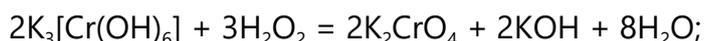
Решение

1.

Темно-зеленый оксид – это Cr_2O_3 . $\omega(O) = 16 \cdot 3 / (16 \cdot 3 + 52 \cdot 2) = 0.316$ или 31.6%.

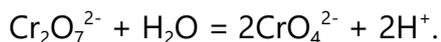
А – $CrCl_3$, **Б** – $Cr(OH)_3$, **В** – $K_3[Cr(OH)_6]$, **Г** – K_2CrO_4 , **Д** – $K_2Cr_2O_7$, **Е** – $AgCl$.

2.



3.

Раствор **Д** – $K_2Cr_2O_7$ имеет слабо кислую среду:



Разбалловка:

За установление химических формул веществ **А – Е** и оксида

1·7 = 7 б

За написание химических реакций п. 2

2·8 = 16 б

За указание и объяснение кислотности среды водного раствора

2 б

Итого 25 баллов

Задача 10-2

Аэростат – это летательный аппарат, который для создания подъёмной силы использует заключённый в оболочке газ с плотностью меньшей, чем плотность окружающего

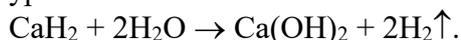
воздуха. Для подъема в воздух аэростат объемом $2.28 \cdot 10^6$ л заполнили газом, выделившимся при обработке 2750 кг гидрида кальция избытком воды.

1. Каким газом заполнили аэростат? Напишите уравнение протекающей реакции.
2. Какое давление создаст этот газ внутри аэростата, находящегося на высоте 10 км при температуре 226 К.

Решение

1.

Аэростат заполнен водородом. Гидролиз гидрида кальция протекает в соответствии с уравнением:



2.

Найдем количество вещества гидрида кальция, вступившего в реакцию:

$$n(\text{CaH}_2) = 2.750 \cdot 10^6 \text{ г} / 42 \text{ г/моль} = 6.55 \cdot 10^4 \text{ моль}.$$

Из уравнения реакции видно, что при взаимодействии такого количества гидрида кальция образуется в два раза больше водорода $6.55 \cdot 10^4 \text{ моль} \cdot 2 = 1.31 \cdot 10^5 \text{ моль}$.

Давление водорода в аэростате рассчитаем по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$P = n \cdot R \cdot T / V = 1.31 \cdot 10^5 \text{ моль} \cdot 8.314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 226 \text{ К} / 2280 \text{ м}^3 = 108 \text{ кПа} =$$

$$= 108 \text{ кПа} \cdot 760 \text{ мм рт.ст.} / 101.3 \text{ кПа} = 810 \text{ мм рт.ст.} = 108 \text{ кПа} \cdot 1 \text{ атм} / 101.3 \text{ кПа} = 1.066 \text{ атм}.$$

Разбалловка:

За написание уравнения реакции и указания газа

5 б

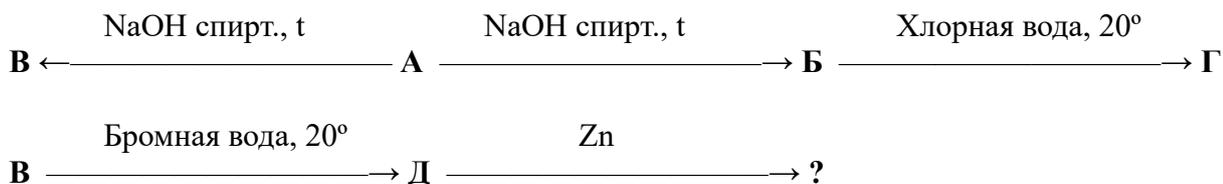
За расчет давления (вычисления + правильный ответ)

20 б

Итого 25 баллов

Задача 10-3

Осуществите цепочку превращений, запишите уравнения, определите структурные формулы зашифрованных веществ. Вещество **А** — хлорированный углеводород, содержащий 38.38% хлора и 9.73% водорода по массе. Вещества **Б** и **В** являются структурными изомерами, причем молекула **Б** является симметричной, а **В** — нет. Напишите структурные формулы **А** и его возможных изомеров.



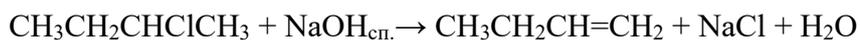
Решение

Хлорированный углеводород содержит 38.38% Cl, 9.73% H, значит 51.89% C. Определим его формулу: $\nu\text{C} : \nu\text{H} : \nu\text{Cl} = 51.89/12 : 9.73/1 : 38.38/35.5 = 4.324 : 9.73 : 1.081 = 4 : 9 : 1$.

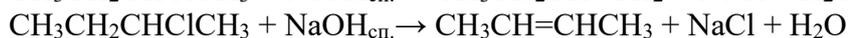
Простейшая формула $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$, и она единственно верная, так как $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{Cl}_2$ не может быть.

Возможные формулы изомеров **А** ($\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$):

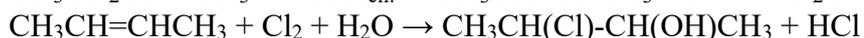
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHClCH}_3$, $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{Cl}$, $(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$. Из них только 2-хлорбутан является верным, поскольку при действии спиртового раствора щелочи может давать два структурных изомера алкенов, а не один, как все остальные изомеры $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$. По правилу Зайцева образуется бутен-2, имеющий плоскость симметрии (цис-бутен-2) либо ось симметрии 2 порядка (транс-бутен-2). Вещество **Б** — бутен-2, вещество **В** — бутен-1.



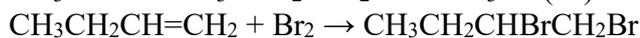
(т) Бутен-1 (В)



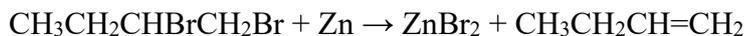
(т) Бутен-2 (Б)



3-хлорбутанол-2 (Г)



1,2-дибромбутан (Д)



Бутен-1 (? = В)

Разбалловка:

За вывод формулы **А** ($\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$)

3 б

За структурные формулы 6 веществ **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д**, ? по 2 б.

12 б

За 5 уравнений реакций по 2 б.

10 б

Итого 25 баллов

Задача 10-4

В герметичный сосуд объемом ровно 2 л поместили 132.12 г бесцветной соли **А** и откачали воздух. Добавили 78.38 г воды, при этом вся соль растворилась и получился насыщенный раствор. Его нагрели до 100°C, получив раствор с плотностью 2.105 г/мл. Манометр показал давление паров воды в сосуде 94 кПа. Затем в сосуд добавили CO₂ до давления 2708 кПа (100°C), сосуд медленно охладили до 0°C и выдержали до прекращения падения давления (оно стало 956.51 кПа). Сосуд открыли, в нем оказалась только соль **Б**, частично в виде кристаллов, частично в виде водного раствора. После высушивания остатка и прокаливания всей соли **Б** при 200°C выделился газ и получилась соль **В** (110.5 г).

Определите формулы и назовите соли **А**, **Б**, **В**, если **А** — кристаллогидрат, а **Б** и **В** — безводные соли одного и того же металла.

Составьте уравнения реакций получения **Б** и **В** в соответствии с вышеописанным. Вычислите растворимость соли **В** при 20°C (в г на 100 г воды).

Почему давление паров воды над раствором соли **А** при 100°C ниже, чем 101.3 кПа?

Почему водный раствор соли **Б** не замерзает при 0°C?

Решение

Найдем объем раствора соли **А**. $V_{\text{раствора}} = (132.12 + 78.38) / 2.105 = 100$ мл.

Найдем объем газовой части в сосуде. $V_{\text{газов}} = 2 - 0.1 = 1.9$ л.

Найдем начальное давление CO₂ в сосуде. $P_1(\text{CO}_2) = 2708 - 94 = 2614$ кПа.

Найдем количество CO₂ в сосуде при 100°C. $n_1(\text{CO}_2) = P_1 V / RT = (2614 \cdot 1.9) / (8.314 \cdot 373) = 1.6015$ моль.

Найдем количество CO₂ в сосуде при 0°C, когда паров воды нет. $n_2(\text{CO}_2) = P_2 V / RT = (956.51 \cdot 1.9) / (8.314 \cdot 273) = 0.8007$ моль.

Найдем количество CO₂, вступившего в реакцию. $n_1(\text{CO}_2) - n_2(\text{CO}_2) = 1.6015 - 0.8007 = 0.8008$ моль.

Только карбонаты и гидрокарбонаты щелочных металлов растворимы в воде. Они взаимопревращаются:



Найдем количество Met₂CO₃. $n(\text{Met}_2\text{CO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0.8008$ моль.

Найдем молярную массу соли **В** Met₂CO₃. $M(\text{Met}_2\text{CO}_3) = 110.5 / 0.8007 = 138$ г/моль.

Соль **В** - это карбонат калия K₂CO₃. Соль **Б** - это гидрокарбонат калия KHCO₃.

Найдем количество кристаллизационной воды в кристаллогидрате **А**.

$m(\text{H}_2\text{O крист.}) = 132.12 - 110.5 = 21.62$ г. $n(\text{H}_2\text{O крист.}) = 21.62 / 18 = 1.2011$ моль, это в 1.5 раза больше чем $n(\text{K}_2\text{CO}_3)$. Значит соль **А** — K₂CO₃ · 1.5H₂O.

Вычислим растворимость соли **В** в воде при 20°C: $S(\text{соли В}) = 110.5$ г / 100 г воды.

Растворенные вещества повышают температуру кипения растворителя. Поэтому при 100°C раствор карбоната калия не закипает и давление паров воды меньше 1 атм.

Растворенные вещества понижают т. пл. растворителя, поэтому при 0°C раствор гидрокарбоната калия не замерзает.

Разбалловка:

За формулу и название соли А	4 б
За формулы и названия Б и В по 3 б.	6 б
За 2 уравнения реакций получения Б , В по 3 б.	6 б
За расчет растворимости В	3 б
За ответы на вопросы про давление паров и замерзание по 3 б.	6 б

Итого 25 баллов