

Комитет образования и науки Курской области
Задания для муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии в
2016/2017 учебном году
11 класс

Задание 11-1. (8 баллов)

Определите формулу кристаллогидрата сульфата металла, если известно, что массовая доля соли в нем равна 51,351% и масса воды в 1 моль кристаллогидрата на 18 г меньше массы безводной соли.

Решение

Обозначим формулу кристаллогидрата как $Me_x(SO_4)_y \cdot zH_2O$, тогда можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} 0,51351 = (xA(Me) + 96y) / (xA(Me) + 96y + 18z) \\ xA(Me) + 96y = 18z + 18 \end{cases}$$

упрощаем и получаем

$$\begin{cases} z = 18 \\ xA(Me) + 96y = 342 \end{cases}$$

Подбирая значения x и y находим $Me = Al$

Формула кристаллогидрата $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$

Составление системы уравнений – 4 балла

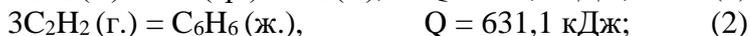
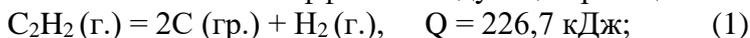
Решение системы – 2 балла

Определение атомной массы металла – 2

Итого 8 баллов

Задание 11-2. (6 баллов)

Известны тепловые эффекты следующих реакций:



Рассчитайте теплоту образования (энтальпию) газообразного бензола из графита и водорода.

Решение

Теплота образования вещества равна тепловому эффекту реакции образования 1 моль данного вещества из простых веществ в стандартных состояниях. Следовательно, необходимо найти тепловой эффект реакции: $6C(гр.) + 3H_2(г.) = C_6H_6(г.) + Q$ (4)

Уравнение (4) можно получить путем алгебраического сложения уравнений, представленных в условии, почленно умножив их на определенные числа.

Для этого уравнение (1) почленно умножим на коэффициент -3 . Множители для уравнений (2) и (3) равны 1, т.к. в каждом из них, как и в уравнении (4), фигурирует 1 моль бензола (и газообразного, и жидкого). Коэффициенты перед $C_6H_6(ж.)$ в уравнениях (2) и (3) равны, что позволит сократить это слагаемое в суммарном уравнении.

Таким образом, получаем:

$C_2H_2(г.) = 2C(гр.) + H_2(г.) + 226,7 \text{ кДж},$	-3
$3C_2H_2(г.) = C_6H_6(ж.) + 631,1 \text{ кДж},$	1
$C_6H_6(ж.) = C_6H_6(г.) - 33,9 \text{ кДж},$	1
$6C(гр.) + 3H_2(г.) = C_6H_6(г.) + Q;$	

$Q = 226,7 \cdot (-3) + 631,1 - 33,9 = -82,9 \text{ кДж/моль}$. Следовательно $\Delta H_{обр}(C_6H_6) = 82,9 \text{ кДж/моль}$.

Преобразование уравнений (1)-(3) в уравнение (4) 4 балла

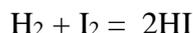
Расчет теплоты образования 1 балл

Энтальпия образования 1 балл

Итого 6 баллов.

Задание 11-3. (7 баллов)

В равновесной смеси при некоторой температуре содержится 6.0 моль HI, 3.0 моль H₂ и 0.8 моль I₂. При охлаждении константа равновесия H₂ + I₂ = 2HI увеличилась в 2 раза. Рассчитайте количества веществ в новой равновесной смеси.

Решение

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{6^2}{3 \cdot 0,8} = 15$$

Пусть при охлаждении израсходовано по x моль H₂ и I₂ и образовалось $2x$ моль HI.

Тогда:

$$\frac{(6 + 2x)^2}{(3 - x) \cdot (0,8 - x)} = 30$$

$$x = 0.275,$$

$$[\text{HI}] = 6 + 2x = 6.55 \text{ моль},$$

$$[\text{H}_2] = 3.0 - x = 2.725 \text{ моль},$$

$$[\text{I}_2] = 0.8 - x = 0.525 \text{ моль}.$$

Расчет константы равновесия 1 балл

Ввод неизвестных 1 балл

Расчет x 2 балла

Расчет количеств веществ 3 балла

Итого 7 баллов.

Задание 11-4. (10 баллов)

При пропускании через 160 мл раствора, содержащего смесь Bi(NO₃)₃ и Hg(NO₃)₂, тока силой 0.90 А в течение 161 минуты на катоде выделилась смесь металлов общей массой 7.195 г. Напишите уравнения электролиза каждой соли и определите молярные концентрации солей в исходном растворе, если известно, что на катоде не выделялись газы, а после окончания электролиза раствор не содержит ионов металлов.

Решение (возможно другое решение задачи)

Уравнения электролиза:

Bi ³⁺ + 3e = Bi	4
2H ₂ O - 4e = O ₂ + 4H ⁺	3
4Bi(NO ₃) ₃ + 6H ₂ O = 4Bi + 3O ₂ + 12HNO ₃	
Hg ²⁺ + 2e = Hg	2
2H ₂ O - 4e = O ₂ + 4H ⁺	1
2Hg(NO ₃) ₂ + 2H ₂ O = 2Hg + O ₂ + 4HNO ₃	

Пусть (Bi(NO₃)₃) = x моль, а (Hg(NO₃)₂) = y моль. Тогда $n(\text{Bi}) = x$ моль, а $n(\text{Hg}) = y$ моль. Из условия задачи следует:

$$209x + 201y = 7.195.$$

Количество электронов, прошедших через раствор:

$$n(e) = It/F = 0.90 \times 161 \times 60 / 96500 = 0.09 \text{ моль}.$$

Из уравнений восстановления ионов металла следует:

$$3x + 2y = 0.09.$$

Решая систему двух уравнений, находим: $x = 0.02$, $y = 0.015$.

Молярные концентрации солей:

$$C(\text{Bi}(\text{NO}_3)_3) = 0.02 / 0.16 = 0.125 \text{ моль/л}, \quad C(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0.015 / 0.16 = 0.094 \text{ моль/л}$$

Уравнения электролиза солей 2 балла

Ввод неизвестных 1 балл

Расчет количества электронов 2 балла

Составление и решение системы уравнений 3 балла

Расчет молярной концентрации солей 2 балла

Итого 10 баллов.

Задание 11-5. (5 баллов)

При сжигании 2,48 г смеси пропана, пропена и пропиена образовалось 4,03 л углекислого газа (н.у.). Определите массу выделившейся воды.

Решение.

Найдем количество углекислого газа: $n(\text{CO}_2) = 4,03/22,4 = 0,18$ моль

Следовательно $n(\text{C}) = 0,18$ моль и масса $m(\text{C}) = 0,18 \times 12 = 2,16$ г

Значит масса водорода в смеси газов равна $m(\text{H}) = 2,48 - 2,16 = 0,32$ г

Количество водорода $n(\text{H}) = 0,32/1 = 0,32$ моль, следовательно образуется

$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,16$ моль воды, масса которой $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,16 \times 18 = 2,88$ г

Расчет массы углерода 2 балла

Расчет массы водорода 1 балл

Расчет массы воды 2 балла

Итого 5 баллов.

Задание 11-6. (10 баллов)

Соединение **А** (формула $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$) плохо растворяется в воде, но хорошо растворяется в водном растворе гидроксида натрия с образованием соли **Б** (формула $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{Na}$). В результате взаимодействия соли **Б** с бромной водой было выделено соединение **В**, в котором массовая доля брома составляет 64,0%. Восстановлением 6,1 г соединения **А** водородом на платиновом катализаторе при 20°C получено 5,4 г соединения **Г**.

1. Установите формулу соединения **А**. Решение обоснуйте.
2. Напишите уравнение реакции **А** со щелочью и укажите вещество **Б**.
3. Напишите реакцию вещества **Б** с бромной водой в общем виде и установите формулу вещества **В**.
4. Определите выход в реакции получения вещества **Г**.
5. Изобразите структурные формулы веществ **А**, **Б**, **В** и **Г**.

Решение

1. Установим формулу вещества **А**:

Практически равное число атомов углерода и водорода в молекуле и плохая растворимость вещества **А** в воде говорит о том, что **А** — ароматическое соединение. Любые неароматические структуры (циклические и нециклические) исходного соединения следует исключить, т.к. содержание брома в продуктах реакции таких соединений с бромной водой будет значительно больше.

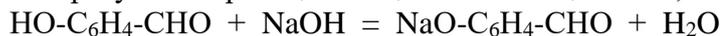
По условию задачи, вещество **А** реагирует с водным раствором гидроксида натрия, значит в веществе имеется карбоксильная и (или) гидроксильная группы или фенольный гидроксил.

В результате этого взаимодействия образуется соль **Б**, при этом только один водород, замещается на атом натрия ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2 \rightarrow \text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{Na}$).

С бромной водой при обычных условиях из ароматических соединений реагируют только фенол, анилин или их соли. Значит, вещество **Б** - натриевая соль замещенного фенола. Причем, исходя из брутто формулы **А**, заместителем является альдегидная группа.

Итак, формула вещества А - $\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-CHO}$.

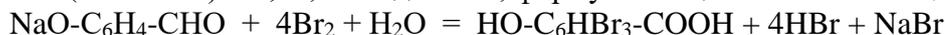
2. В результате реакции вещества А со щелочью, получается вещество Б и вода:



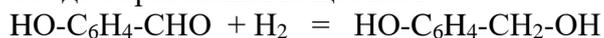
3. Реакция Б с бромной водой:



$80n/(138 + 79n) = 0,64$, отсюда $n = 3$, формула вещества В - $\text{HO-C}_6\text{HBr}_3\text{-COOH}$

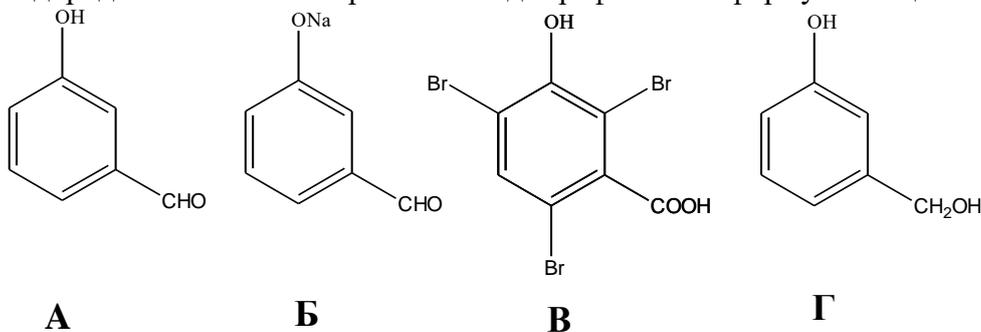


4. Реакция А с водородом при данных в задаче условиях - это восстановление альдегида до спирта, т.е. до образования вещества Г:



При 100% выходе из 6,1 г вещества А получилось бы $6,1 \cdot 124/122 = 6,2$ г вещества Г. Отсюда выход вещества Г равен $5,4/6,2 = 0,871 = 87,1\%$

5. В веществе А группы располагаются в мета-положении, относительно друг друга, т.е. А - метагидроксibenзальдегид. Только в этом случае в бензольном кольце могут заместиться ТРИ атома водорода на ТРИ атома брома. Отсюда графические формулы веществ:



Уравнение реакции А со щелочью 1 балл

Уравнение реакции Б с бромной водой 1 балл

Расчет выхода вещества Г 1 балл

Структурные формулы А - Г 4 балла

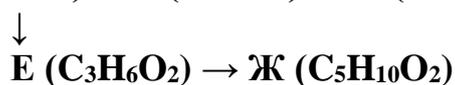
Установление и обоснование А 1 балл

Установление Б 2 балла

Итого 10 баллов.

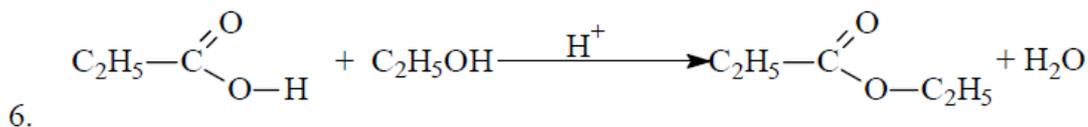
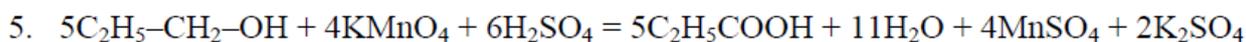
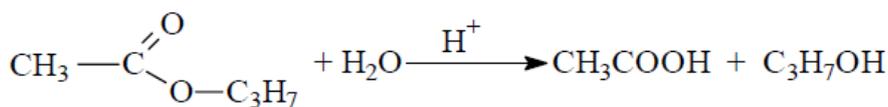
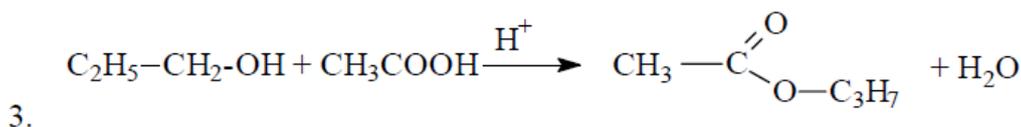
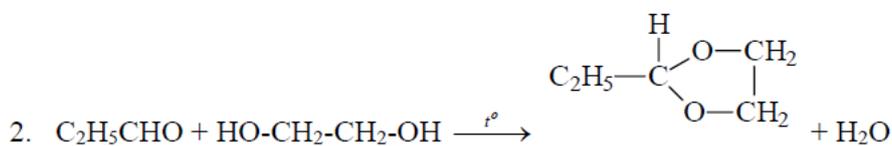
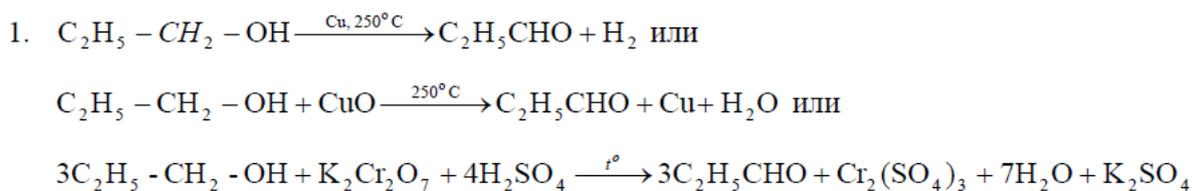
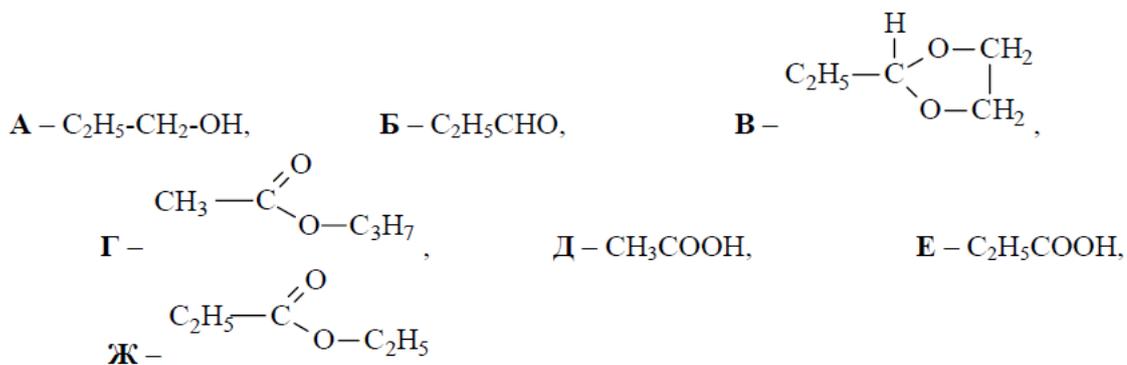
Задание 11-7. (12 баллов)

Напишите уравнения реакций, соответствующих данной схеме превращений:



Определите неизвестные вещества А – Ж. Разными буквами на схеме обозначены разные вещества.

Решение



За каждое уравнение реакции 2 балла
 Итого 12 баллов