

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

ПО ХИМИИ. 2024-2025 уч. г.

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 класс

Задание 1

Шведский химик Карл Шееле в 1870 году из продуктов питания выделил вещество А. Относительная молекулярная масса этого вещества равна 90, а массовое отношение углерода, водорода и кислорода в нём составляет 6:1:8. При нагревании вещества А в различных условиях протекают реакции дегидратации и образуются: вещество X состава $C_6H_8O_4$, вещество Y состава $C_3H_4O_2$ и вещество Z состава $(C_3H_4O_2)_n$.

- 1) Выведите молекулярную формулу и составьте структурную формулу вещества А. Запишите его историческое и систематическое названия.
- 2) В результате какой химической реакции вещество А образуется в продуктах питания? Составьте уравнение этой реакции.
- 3) Составьте уравнения реакций получения веществ X, Y, Z, используя структурные формулы. К каким классам веществ принадлежит каждое из них?
- 4) Предложите формулы трёх изомеров вещества А, относящихся к классу углеводов. Назовите эти вещества.

Решение, критерии оценивания:

1)

$C_3H_6O_3$. (1 балл)

$CH_3-CH(OH)-COOH$. (2 балла)

молочная кислота. (2 балла)

2-гидроксипропановая (2-оксипропионовая, α -гидроксипропановая).

(1 балл)

2)

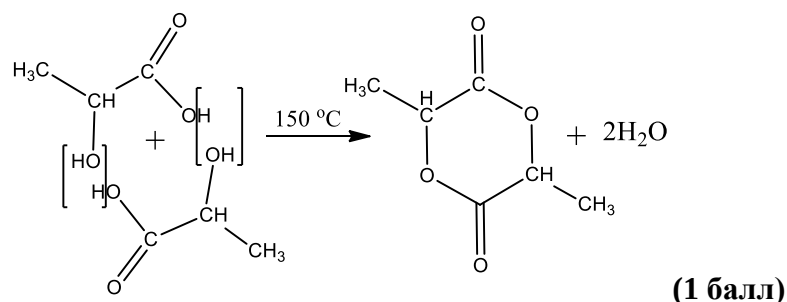
Молочнокислое брожение глюкозы. (2 балла)

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3-CH(OH)-COOH$. (2 балла)

3)

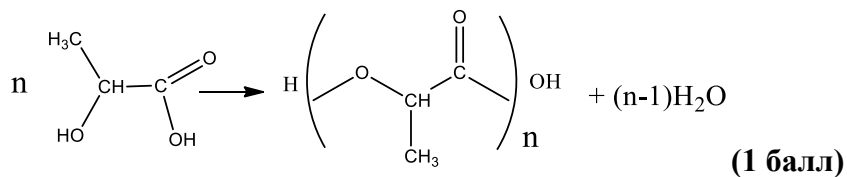
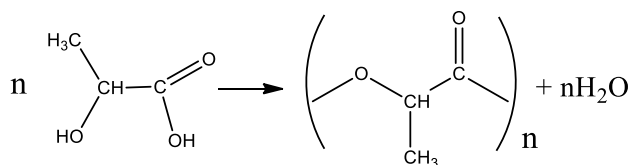
$CH_3-CH(OH)-COOH \rightarrow CH_2=CH-COOH + H_2O$ (1 балл)

непредельная карбоновая кислота (1 балл) (акриловая)

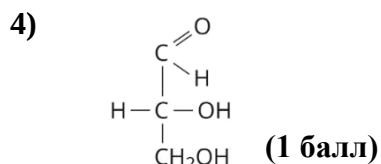


Сложный циклический эфир гидроксикислоты (1 балл) (лактид молочной кислоты)

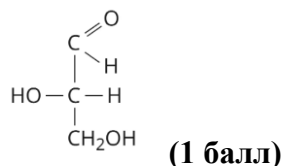
Уравнение реакции полимеризации молочной кислоты можно записать как с указанием концевых групп Н и ОН, так и без них:



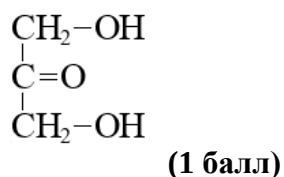
Полимер **(1 балл)** (полилактид молочной кислоты)



D – глицериновый альдегид **(2 балла)** (*D-глицераль, D-2,3-дигидроксипропаналь*)



L – глицериновый альдегид **(2 балла)** (*L-глицераль, L-2,3-дигидроксипропаналь*)



1,3-дигидроксипропанон **(1 балл)**

Всего за задачу 24 балла

Задание 2

Смесь двух газов общим 17,92 л (н.у.) с плотностью одного газа по другому 2,588 полностью растворили в воде. Полученный раствор разделили на две равные части. Первую часть добавили к избытку 20 %-ного раствора соляной кислоты. При этом выделилось 2,24 л (н.у.) газа. Вторую часть добавили к избытку 20 %-ного раствора гидроксида натрия и нагрели. При этом выделилось 6,72 л (н.у.) газа (потерю воды не учитывали).

- 1) Назовите вещества, образующие смесь.
- 2) Определите объёмные доли газов в смеси.

Решение, критерии оценивания:

Анализ свойств приготовленного раствора позволяет предположить, что один из газов аммиак **(3 балла)**, а второй – углекислый газ **(3 балла)**. Это подтверждается соотношением их молярных масс $44/17 = 2,588$.

$$n(\text{газов}) = 17,92/22,4 = 0,8 \text{ моль } (1 \text{ балл}) \quad n(\text{CO}_2) = 2,24/22,4 = 0,1 \text{ моль } (1 \text{ балл}) \quad n(\text{NH}_3) = 6,72/22,4 = 0,3 \text{ моль } (1 \text{ балл})$$

Анализ соотношения количества вещества газов позволяет сделать вывод о избытке аммиака и образовании средней соли: $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. **(4 балла)**

При добавлении кислоты: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ **(1 балл)**

При добавлении щёлочи: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 2\text{NaOH} = 2\text{NH}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ **(1 балл)**

Если выделилось 0,1 моль углекислого газа, то карбоната аммония в растворе 0,1 моль. Это количество карбоната аммония в реакции со щёлочью даст 0,2 моль аммиака. Оставшееся количество аммиака ($0,3 - 0,2 = 0,1$ моль) выделится из раствора при нагревании со щёлочью. Таким образом в исходной смеси газов было 0,2 моль углекислого газа и 0,6 моль аммиака. **(4 балла)**

Объёмные доли: аммиака $0,6/0,8 = 75\%$, углекислого газа 25% . **(1 балл)**

Всего за задачу 20 баллов

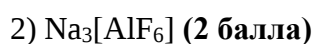
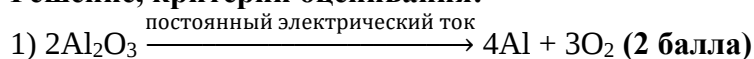
Задание 3

Криолит – искусственный минерал, который вносят в электролизёр при производстве алюминия. Кислая калиевая соль X применяется в промышленности в качестве солевой добавки к криолиту.

Соль X, массой 1,56 г растворили в 25 мл воды и после добавили 114 г 3%-ного раствора гидроксида бария. В ходе реакции выпал осадок и образовался раствор массой 137,06 г, содержащий единственное растворенное вещество (незначительным растворением осадка пренебречь) с массовой долей 0,817 %.

- 1) Составьте уравнение реакции промышленного производства алюминия.
- 2) Запишите формулу криолита.
- 3) Для чего в электролизёр вносят криолит и соль X?
- 4) Определите формулу соли X и назовите её.
- 5) Какие два типа химической связи в кристаллах соли X?

Решение, критерии оценивания:



3) Для снижения температуры плавления глинозёма **(1 балл)**

4) Вещество в конечном растворе – гидроксид калия, **(2 балла)** его масса $137,06 \cdot 0,00817 = 1,12$ г. Количество вещества $1,12/56 = 0,02$ моль. **(1 балл)** Количество вещества гидроксида бария $114 \cdot 0,03/171 = 0,02$ моль, **(1 балл)**

значит $\text{KHR} + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{KOH} + \text{BaR} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$. **(2 балла)**

Тогда $M(\text{KHR}) = 1,56/0,02 = 78$; $M(\text{R}) = 78 - 39 - 1 = 38$; **(2 балла)** R – это F_2 .

Соль – гексафторид калия **(2 балла)** KHF_2 **(2 балла)**

5) Ионная **(1 балл)** и межатомная водородная **(2 балла)** $\text{K}^+ [\text{F} \cdots \text{H} \cdots \text{F}]^-$.

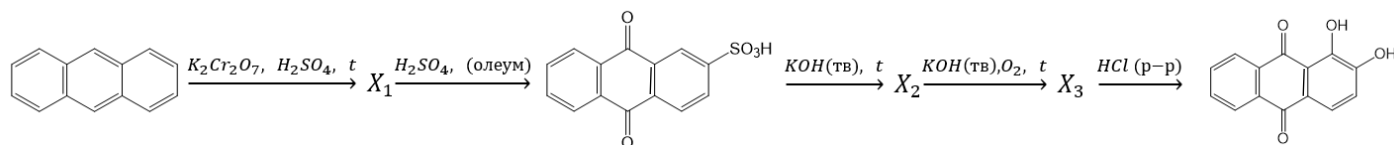
Всего за задачу 20 баллов

Задание 4

В 1869 году английский химик Уильям Генри Перкин и независимо от него сотрудники немецкой фирмы BASF разработали эффективный метод синтеза ализарина – красителя, который прочно сцеплялся с тканью, пропитанной сульфатом алюминия, и придавал ей красивый красный

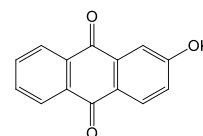
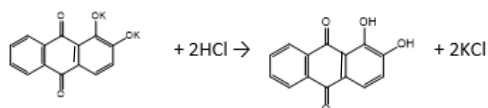
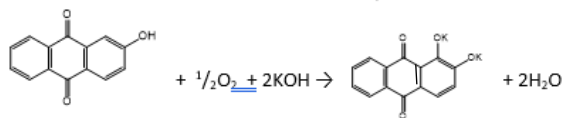
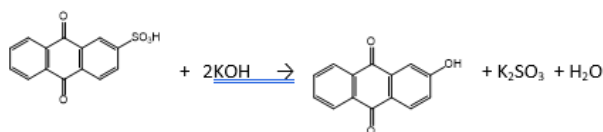
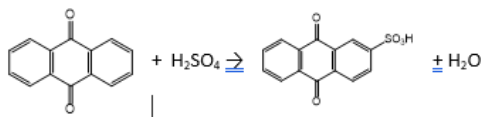
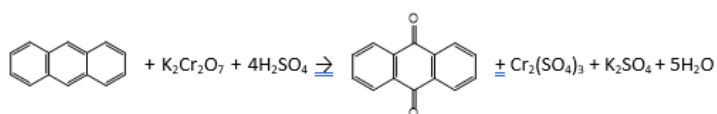
цвет. До этого открытия ализарин выделяли из корней растения марены, под выращивание которой отводились тысячи гектаров пахотных земель по всему миру. После открытия эффективного способа синтеза этого красителя производство марены прекратилось. На схеме представлен пятиступенчатый синтез красителя по методу Перкина.

- 1) Составьте уравнения реакций синтеза ализарина из антрацена согласно схеме.
- 2) Запишите структурную формулу изомера антрацена, в составе которого так же, как и в составе антрацена, три ароматических кольца.



Решение, критерии оценивания:

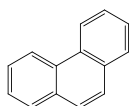
1)



В третьем уравнении реакции допустима запись формулы калийной соли

За каждое правильно записанное уравнение реакции 3 балла – всего 15 баллов

2)



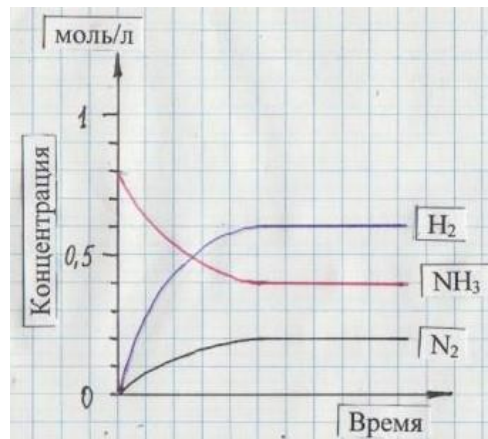
5 баллов за структурную формулу изомера антрацена – фенантрена (формулу допустимо указать с тремя бензольными кольцами вместо двойных связей)

Всего за задачу 20 баллов

Задание 5

График отражает зависимость изменения концентраций реагентов от времени.

- 1) Составьте уравнение реакции.
- 2) Определите исходные и равновесные концентрации реагентов.
- 3) Запишите выражение константы равновесия реакции и рассчитайте её значение.
- 4) Укажите, как изменить условия протекания реакции, чтобы увеличить выход аммиака?



Решение, критерии оценивания:

1) $2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ (2 балла)

2) Исходные концентрации азота 0 моль/л, (1 балл) водорода 0 моль/л, (1 балл) аммиака 0,8 моль/л. (1 балл)

Равновесные концентрации азота 0,2 моль/л, (1 балл) водорода 0,6 моль/л, (1 балл) аммиака 0,4 моль/л. (1 балл)

3) $K_c = \frac{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2}$; (1 балл) $K_c = \frac{0,2 \cdot 0,6^3}{0,4^2} = 0,27$ (1 балл)

4) уменьшить температуру (2 балла), увеличить давление (2 балла), увеличить концентрации азота (2 балла) и (или) водорода (2 балла), уменьшить концентрацию аммиака (2 балла).

Всего за задачу 20 баллов

Всего за работу: 100 баллов