

## 10 класс

1. В смеси пиролюзита и оксида железа (+3) массовая доля железа составляет 25 %. Какова массовая доля марганца в этой смеси? (5 баллов)

Решение:

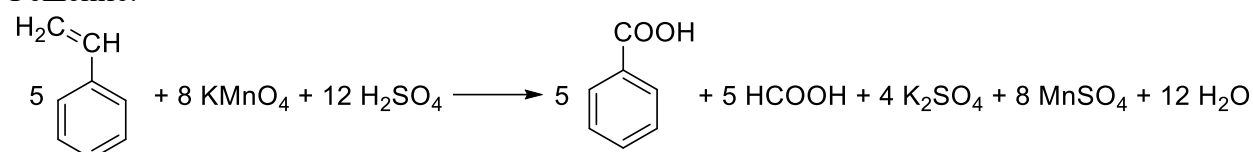
Пусть  $m(\text{смеси}) = 100$  г, тогда  $m(\text{Fe}) = 25$  г.  $n(\text{Fe}) = 25/56 = 0,446$  моль,  $n(\text{O}) = 0,669$  моль (1 балл).

$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 35,7$  г.  $m(\text{MnO}_2) = 64,3$  г,  $n(\text{MnO}_2) = 64,3/87 = 0,739$  моль =  $n(\text{Mn})$  (1 балл).

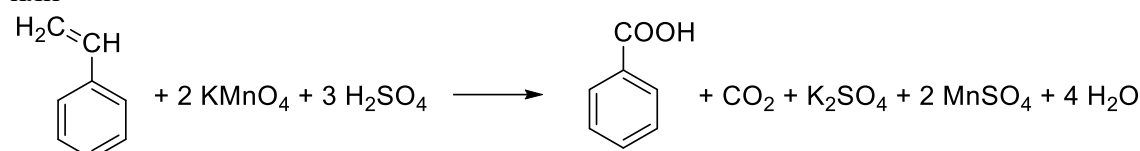
$m(\text{Mn}) = 0,739 \cdot 55 = 40,65$  г (1 балл).  $\omega(\text{Mn}) = 40,65\%$  (2 балла).

2. Напишите уравнение окисления стирола (винилбензола) перманганатом калия в кислой среде. (5 баллов)

Решение:



или



3. Гидроксид натрия при хранении в открытом сосуде загрязняется вследствие реакции с углекислым газом. Качество гидроксида натрия проверяют титрованием хлороводородной кислотой в присутствии индикаторов фенолфталеин и метиловый оранжевый. Для проверки качества навеску препарата 2,1174 г растворили в мерной колбе вместимостью 500,0 см<sup>3</sup>, объем довели до метки дистиллированной водой. Для анализа с помощью пипетки Мора вместимостью 20,0 см<sup>3</sup> взяли аликвоту приготовленного раствора, поместили в колбу для титрования и добавили 3 капли фенолфталеина. До обесцвечивания фенолфталеина затратили 19,3 см<sup>3</sup> раствора хлороводородной кислоты с концентрацией 0,0995 моль/дм<sup>3</sup>. После этого добавили 3 капли метилового оранжевого. Для изменения окраски с желтой на оранжевую потребовалось добавить еще 1,2 см<sup>3</sup> хлороводородной кислоты.

Запишите уравнения реакций: а) взаимодействия гидроксида натрия с углекислым газом; б) протекающих при добавлении хлороводородной кислоты в присутствии фенолфталеина; в) протекающих при добавлении хлороводородной кислоты после внесения метилового оранжевого. Рассчитайте массы и массовые доли компонентов загрязненного препарата.

Справочные данные: рТ для индикаторов: метилового оранжевого 4,0; фенолфталеина 8,5. Для угольной кислоты:  $K_{a1} = 4,27 \cdot 10^{-7}$ ;  $pK_{a1} = 6,37$ ;  $K_{a2} = 4,68 \cdot 10^{-11}$ ;  $pK_{a2} = 10,33$ .

(20 баллов)

Решение:



На  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  расходуется  $1,2 \cdot 2 = 2,4$  см<sup>3</sup> HCl (2 балла)

На NaOH расходуется  $19,3 - 1,2 = 18,1$  см<sup>3</sup> HCl (2 балла)

В аликвоте:  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2,4 \cdot 0,0995/2 = 0,1194$  ммоль; в навеске  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1194 \cdot 500/20 = 2,985$  ммоль;  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2,985 \cdot 106/1000 = 0,3164$  г;  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,3164/2,1174 \cdot 100 = 14,94\%$ . (4 балла)

В аликвоте:  $n(\text{NaOH}) = 18,1 \cdot 0,0995 = 1,801$  ммоль; в навеске  $n(\text{NaOH}) = 1,801 \cdot 500/20 = 45,024$  ммоль;  $m(\text{NaOH}) = 45,024 \cdot 40/1000 = 1,801$  г;  $\omega(\text{NaOH}) = 1,801/2,1174 \cdot 100 = 85,05\%$  (4 балла)

4. Вещество А содержит 50,7 % углерода, 4,23 % водорода и кислород. При его каталитическом гидрировании получается вещество Б, на полную нейтрализацию 0,219 г которого израсходовали 30,9 мл раствора NaOH (0,097 М). Вещество Б взаимодействует с этиловым спиртом с

образованием соединения **В**, элементный анализ которого показал содержание водорода и углерода 8,97 % и 59,4 % соответственно. При окислительном озонлизе **А** образуется только щавелевая (этандиовая) кислота. Расшифруйте структуры неизвестных соединений, напишите уравнения упомянутых реакций. Укажите возможность пространственной изомерии соединений **А** и **Б**, при наличии, изобразите все возможные варианты. (20 баллов)

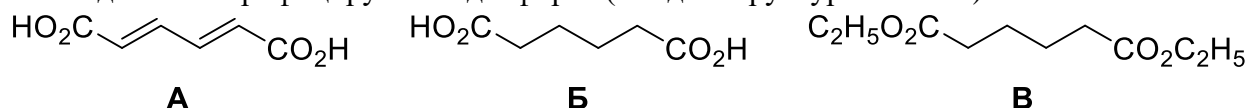
Решение:

Преобразуем численные данные. Простейшая формула вещества **А** –  $C_xH_yO_z$ ,  $x:y:z = (50,7/12):(4,23/1):(45,07/16) = 4,23 : 4,23 : 2,82 = 3 : 3 : 2$ , молярная масса **А** – 71к. (2 балла)

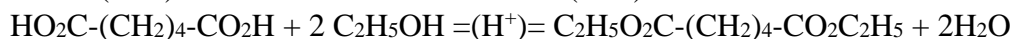
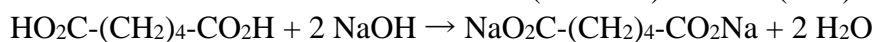
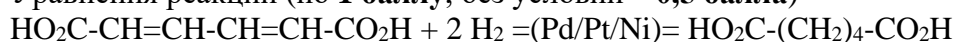
Простейшая формула вещества **В** –  $C_pH_qO_r$ ,  $p:q:r = (59,4/12):(8,97/1):(31,63/16) = 4,95 : 8,97 : 1,98 = 5 : 9 : 2$ , молярная масса **В** – 101m (2 балла). Молярная масса **В** –  $(1000 \cdot 0,219 \cdot n):(30,9 \cdot 0,097) = 73n$  (г/моль), где n – количество щелочи, взаимодействующее с одним моль **В** (2 балла).

Учитывая, что нечетная масса может быть только у молекул с нечетным числом азота, или исходя из того, что формулам  $C_3H_3O_2$  и  $C_5H_9O_2$  нельзя сопоставить какую-то структуру, понимаем, что все простейшие формулы и массы надо умножить на два (1 балл). Можно и на другие четные числа, но это приведет к противоречиям в дальнейшем, да и начинать лучше с простого.

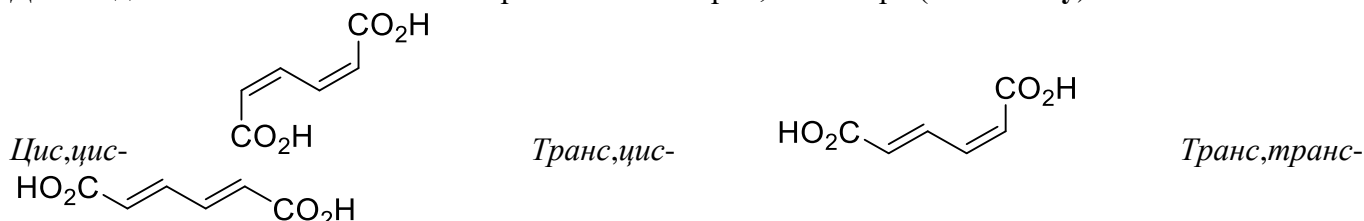
Значит формула **А** –  $C_6H_6O_4$ , и оно содержит две двойных связи, так как при гидрировании увеличивает массу на 4 г/моль, а **Б** – двухосновное соединение. По единственному продукту озонлиза понимаем, что **А** имеет симметричное строение, при этом из фрагментов щавелевой кислоты можно сложить единственный подходящий по составу вариант – 2,4-гексадиендиовую кислоту, которая при гидрировании действительно даёт дикарбоновую кислоту **Б**, которая впоследствии этерифицируется в диэфир **В** (каждая структура 2 балла).



Уравнения реакций (по 1 баллу, без условий – 0,5 балла)



Для соединения **А** возможна геометрическая изомерия, 3 изомера (по 1 баллу):



Для соединения **Б** пространственная изомерия невозможна (1 балл).

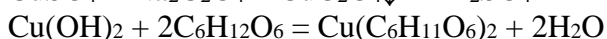
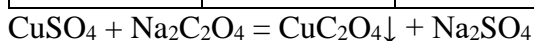
5. Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно отличить водные растворы метанола, ацетальдегида, ацетона, ацетата натрия, оксалата натрия и глюкозы. (20 баллов)

Решение:

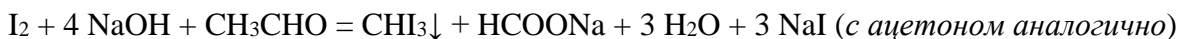
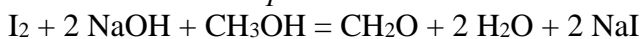
Пример набора реагентов для распознавания:

	метанол	ацетальдегид	ацетон	ацетат натрия	оксалата натрия	глюкоза
$CuSO_4$	нет реакции	нет реакции	нет реакции	нет реакции	Бледно-голубой осадок	нет реакции
$Cu(OH)_2$	нет реакции	нет реакции	нет реакции	нет реакции	нет реакции	синий раствор
$Cu(OH)_2$ , нагрев	нет реакции	жёлтый осадок, быстро переходящий в красный	нет реакции	нет реакции	нет реакции	жёлтый осадок, быстро переходящий в красный

$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ )	Изменение цвета раствора на изумрудно-зеленый	Изменение цвета раствора на изумрудно-зеленый	нет реакции	нет реакции	нет реакции	Изменение цвета раствора на изумрудно-зеленый
$\text{I}_2 + \text{NaOH}$	Появление резкого запаха (прелой листвы)	Выпадение светло-желтого осадка	Выпадение светло-желтого осадка	нет реакции	нет реакции	Без видимых изменений



Окисление дихроматом глюкозы имеет сложный характер из-за наличия большого количества функциональных групп, но любой из логичных вариантов, аналогичных предыдущим двум, зачитывается за правильный.



По **3 балла** за каждое строго идентифицированное вещество, плюс **2 балла** за составление таблицы (важно для понимания уникальности набора свойств в ряду).

Приведенные реакции не являются исчерпывающими, другие варианты также возможны.

б. Оксид некоторого металла в степени окисления (+2) (оксид **А**) представляет собой черные кристаллы, не взаимодействующие с водой. Оксид **А** можно получить окислением амальгамы этого металла (металл **Б**) азотной кислотой или кислородом. Оксид **А** может самовоспламеняться на воздухе, образуя оксид **В** темно-зеленого цвета. Если оксид **В** нагреть ( $T < 400^\circ\text{C}$ ) при повышенном давлении в присутствии кислорода, то можно получить оксид **Г** черного цвета, являющийся проводником и ферромагнетиком. Взаимодействием металла **Б** с оксидом натрия при нагревании до  $600^\circ\text{C}$  в вакууме можно получить соль (соль **Д**), в которой металл **Б** находится в анионе в такой же степени окисления, как и в оксиде **Г**. При взаимодействии оксида **В** с хлороводородной кислотой получается соль **Е**. Соль **Е** выделяется из раствора в виде фиолетовых кристаллов.

Определите вещества А, Б, В, Г, Д и Е. Напишите уравнения реакций. (**30 баллов**)

Решение:

по **3 балла** за каждое вещество А – CrO; Б – Cr; В – Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Г – CrO<sub>2</sub>; Д – Na<sub>2</sub>CrO<sub>3</sub> или Na<sub>4</sub>CrO<sub>4</sub>; Е – CrCl<sub>3</sub>

