

## Решения задач и система оценивания – 11 класс (2024 г)

### Задача № 1

При внесении  $\text{BaCO}_3$  в соляную кислоту протекает реакция



количества продуктов определяет реагент, взятый в недостатке.

$n(\text{HCl}) = 100 \text{ г} \cdot 0,05 / 36,5 = 0,137$  моль и  $n(\text{BaCO}_3) = 10,82 \text{ г} / 197 \text{ г/моль} = 0,055$  моль.

Видно, что кислота взята в избытке, поскольку

$$n(\text{BaCO}_3) = 0,055 \text{ моль} < n(\text{HCl}) / 2 = 0,137 \text{ моль} / 2 = 0,0685 \text{ моль} \text{ и} \\ n(\text{CO}_2) = n(\text{BaCO}_3) = 0,055 \text{ моль}.$$

Пусть  $m_0$  – масса стакана с кислотой, тогда после протекания реакции его масса будет равна  $m(\text{конечн.}) = m_0 + m(\text{BaCO}_3) - m(\text{CO}_2) = m_0 + 10,82 - 0,055 \cdot 44 = m_0 + 8,4 \text{ г}$

При добавлении в другой стакан гидрокарбоната натрия протекает реакция



С кислотой может прореагировать только 0,137 моль  $\text{NaHCO}_3$  и при этом образуется такое же количество углекислого газа, поэтому ожидаемая масса стакана будет равна  $m(\text{конечн.}) = m_0 + m(\text{NaHCO}_3) - m(\text{CO}_2) = m_0 + 0,137 \cdot 84 - 0,137 \cdot 44 = m_0 + 5,48 \text{ г}$

Видно, что  $(m_0 + 8,4) \text{ г} > (m_0 + 5,48) \text{ г}$  и равновесие нарушается, поэтому во второй стакан нужно дополнительно добавить гидрокарбонат натрия массой  $8,4 - 5,48 = 2,92 \text{ г}$ , который уже в реакции не участвует. Общая масса добавленного гидрокарбоната натрия должна быть  $m_{\text{общ}} = 0,137 \cdot 84 + 2,92 = 14,428 \text{ г}$ .

**Система оценивания:** определение избытка-недостатка и расчет массы первого стакана – 3 балла; анализ ситуации при добавке гидрокарбоната натрия и расчет добавки – 4 балла; уравнения реакций – 2 балла.

### Задача № 2

Рассчитаем среднюю молярную массу газовой смеси  $M(\text{смесь}) = 1,2 \cdot 29 = 34,8 \text{ г/моль}$ , что даёт нам возможность определить объёмную (молярную) долю углекислого газа в смеси из уравнения:

$$44 \cdot \varphi + (1 - \varphi) \cdot 28 = 34,8, \text{ откуда } \varphi = 0,425.$$

При пропускании газовой смеси через раствор щелочи азот не реагирует, а углекислый газ по условию участвует в двух реакциях:



Пусть по реакции (1) прореагировало  $x$  моль, а по реакции (2) –  $y$  моль углекислого газа, тогда на обе реакции было израсходовано  $(2x + y)$  моль  $\text{KOH}$  и

$$2x + y = (20,3 \cdot 1,04 \cdot 0,05) / 56 = 0,01885 \text{ моль}.$$

Пусть  $m(\text{KHCO}_3) = m$ , тогда  $m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 2m$ .

По реакции (1)  $x = n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 2m / 138$  моль; по реакции (2)  $y = n(\text{KHCO}_3) = m / 100$  моль, а отношение  $x / y = 200 / 138 = 1,449$  и  $x = 1,449 y$ .

Решаем систему уравнений:

$$2x + y = 0,01885$$

$$x = 1,449 y$$

откуда  $y = 0,0048$  моль и  $x = 0,0070$  моль, а  $n_{\text{общ}}(\text{CO}_2) = 0,0118$  моль.

Объём углекислого газа при н.у. равен  $V(\text{CO}_2) = 0,0118 \cdot 22,4 = 0,26432$  л, а объём исходной газовой смеси  $V(\text{смесь}) = V(\text{CO}_2) / \varphi = 0,26432 \text{ л} / 0,425 = 0,6219$  л.

Определим конечную массу раствора после протекания реакций:

$m(\text{р-р}) = m(\text{р-р KOH}) + m(\text{CO}_2) = 20,3 \cdot 1,04 + 0,0118 \cdot 44 = 21,6312$  г и массовые доли солей в растворе равны

$$\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = (0,007 \cdot 138) / 21,6312 = 0,0447 = 4,47 \%$$

$$\omega(\text{KHCO}_3) = (0,0048 \cdot 100) / 21,6312 = 0,0222 = 2,22 \%$$

**Система оценивания:** расчет объёмной доли углекислого газа в смеси – 1 балл; уравнения реакций – 1 балл; расчет количества и объёма углекислого газа – 3 балла; расчет объёма газовой смеси – 1 балл; расчет массовых долей солей – 1 балл.

### Задача № 3

Найдем массовую долю кислорода в соединении

$$\omega(\text{O}) = 100 - 2,9 - 11,62 - 13,28 - 5,81 = 66,39 \%$$

и определим брутто-формулу кристаллогидрата

$$2,9 / 14 : 11,62 / 56 : 13,28 / 32 : 5,81 / 1 : 66,39 / 16 = 0,207 : 0,208 : 0,415 : 5,81 : 4,149 = 1 : 1 : 2 : 28 : 20$$

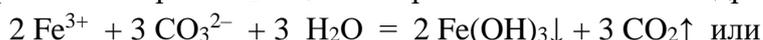
Итак,  $\text{NFeS}_2\text{H}_{28}\text{O}_{20}$ . В кристаллогидрате смешанной соли два разных катиона и один вид анионов плюс молекулы воды. Один из катионов – железо, сера может входить только в состав аниона, поэтому азот должен входить в состав второго катиона и таковым является ион аммония  $\text{NH}_4^+$ ; остальные атомы водорода ( $28 - 4 = 24$ ) входят в состав воды и, следовательно, в кристаллогидрате будет 12 молекул воды, которые содержат 12 атомов кислорода, а остальные атомы ( $20 - 12 = 8$ ) должны входить в состав аниона – на два атома серы приходится 8 атомов кислорода, т.е. речь идет о сульфат-ионе.

Таким образом, искомая формула имеет вид  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – это железоаммонийные квасцы.

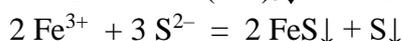
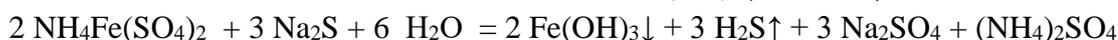
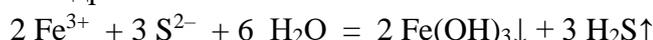
При растворении в воде эта соль полностью диссоциирует на ионы, которые и определяет её химические свойства:



а) с раствором карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  – необратимый взаимный гидролиз



б) с раствором сульфида натрия  $\text{Na}_2\text{S}$  – здесь возможны два параллельных процесса; необратимый взаимный гидролиз и окислительно-восстановительная реакция



в) с раствором иодида калия  $\text{KI}$  – окислительно-восстановительная реакция

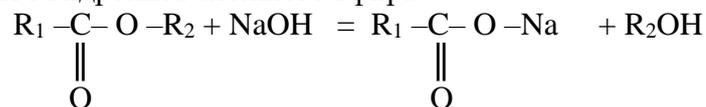




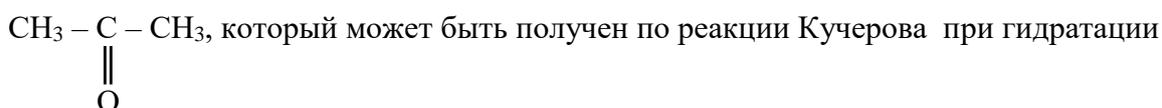
**Система оценивания:** вывод брутто-формулы – 1 балл; определение формулы кристаллогидрата и название – 2 балла; уравнения реакций – 4 балла.

### Задача № 4

Реакция щелочного гидролиза сложного эфира



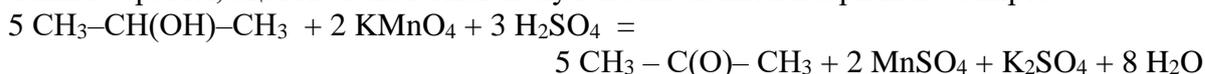
По условию задачи спирт  $\text{R}_2\text{OH}$  имеет брутто-формулу  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$  или  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ . При окислении спирта образуется соединение  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  и им, по-видимому, является ацетон



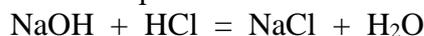
пропина в присутствии солей ртути ( $\text{Hg}^{2+}$ )



Таким образом, ацетон может быть получен окислением вторичного спирта



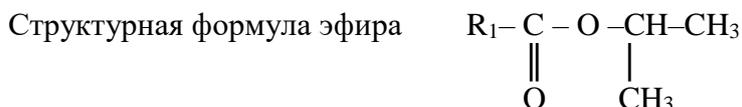
По условию задачи в реакции гидролиза эфира щелочь была взята в избытке и по окончании реакции её остаток был нейтрализован соляной кислотой



Определим количество щелочи, прореагировавшей с эфиром, по разности

$$n(\text{NaOH}/ \text{с эфиром}) = n(\text{NaOH}/ \text{взято}) - n(\text{HCl}/ \text{нейтрализация}) = 1,0 \text{ моль/л} \cdot 0,05 \text{ л} - 1,0 \text{ моль/л} \cdot 0,03 \text{ л} = 0,02 \text{ моль}$$

Поскольку  $n(\text{эфир}) = n(\text{NaOH}/ \text{с эфиром}) = 0,02 \text{ моль}$ , то молярная масса эфира будет равна  $M(\text{эфир}) = 1,76 \text{ г} / 0,02 \text{ моль} = 88 \text{ г/моль}$ .



в которой определим молярную массу радикала  $\text{R}_1$ :  $M(\text{R}_1) = 88 - 4 \cdot 12 - 2 \cdot 16 - 7 = 1$  – это водород. Сложный эфир – изопропиловый эфир муравьиной кислоты или изопропилформиат.

**Система оценивания:** уравнения реакций – 3 балла; обоснование строения спирта – 2 балла; расчет молярной массы эфира – 1 балл; структура и название эфира – 1 балл.

### Задача № 5

1) Вещество А – первичный одноатомный спирт, например, метиловый спирт  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

2) Спирт реагирует с натрием с образованием водорода  $\text{H}_2$  – газ без цвета и запаха (вещество Б)



3) При реакции метилового спирта с нагретым оксидом меди(II) образуется формальдегид (вещество В)



Водный раствор формальдегида ( $\omega = 40\%$ ) называется формалином и используется в медицине для дезинфекции и консервации биологических препаратов.

4) Окислением формальдегида можно получить муравьиную кислоту (вещество Г)



При гидрировании формальдегида образуется метиловый спирт (вещество А)

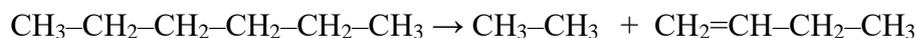
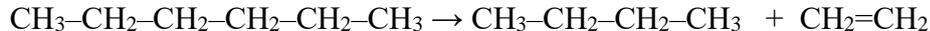


**Система оценивания:** определение соединений А., Б, В и Г и их название – 2 балла; уравнения реакций – 4 балла.

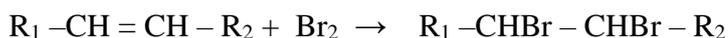
### Задача № 6

При прямой перегонке нефти происходит её разделение на фракции по температуре кипения, но при этом химическая природа компонентов не меняется. В бензиновой фракции присутствуют в подавляющем количестве насыщенные углеводороды – алканы  $\text{C}_6 - \text{C}_9$ .

При проведении термического крекинга бензиновой фракции высшие алканы нагреваются до высоких температур без доступа кислорода и при этом происходит их расщепление на низшие алканы и алкены, например,



Таким образом, в бензиновой фракции после крекинга появляются алкены, которых практически нет в бензиновой фракции после прямой перегонки нефти. Тестом на присутствие алкенов является, например, обесцвечивание бромной воды (возможны другие варианты)



**Система оценивания:** связь прямой перегонки и крекинга с химическим составом бензиновой фракции – 1 балл; пример химические реакции при крекинге – 2 балла; тест на присутствие алкенов – 1 балл.