**Решения задач и система оценивания – 8 класс (2024 г)**

**Задача № 1**

Окружает нас воздух – его составные части; вода, хлорид натрия (поваренная соль), сахароза (сахар), гидрокарбонат натрия (пищевая сода), уксусная кислота в составе столового уксуса и эссенции, оксид кремния (кремнезем, кварц) в составе стекла, металлы – железо, алюминий, никель, …– в составе металлической посуды и т.д.

**Система оценивания:** примеры веществ – по 0,5 балла за каждый пример + 0,5 балла за химическую формулу. Полностью за задачу не более 8 баллов.

**Задача № 2**

Пусть масса тела равна m кг = m ∙ 103 г, тогда количество атомов элемента Х в организме равно n(X) = m ∙ 103 г ∙ ω(X) / M(X) г/моль

**Система оценивания:**  расчет количества каждого элемента – 0,5 х 6 = 3 балла.

**Задача № 3**

1. Определим суммарный объём вдохов-выдохов человека за 1 час:

Vобщ  = 0,5 л/вдох ∙ 15 вдох/мин ∙ 60 мин = 450 л.

Таким образом, объём потребляемого кислорода равен

V(O2/потребл) = V(О2/вдох) – V(О2/выдох) = Vобщ (φ(О2/вдох) – φ(О2/выдох)) =

= 450 (0,21 – 0,165) = 20,25 л за 1 час;

Объём выдыхаемого углекислого газа равен

V(СO2/выдыхаем) = V(СО2/выдох) – V(СО2/вдох) = Vобщ (φ(СО2/выдох) – φ(СО2/вдох)) =

= 450 (0,045 – 0,0003) = 20,115 л за 1 час.

1. Определим суммарный объём вдохов-выдохов 20 учеников за 45 минут урока

Vобщ  = 0,5 л/вдох ∙ 15 вдох/мин ∙ 45 мин ∙ 20 чел = 6750 л.

Объём выдыхаемого углекислого газа равен

V(СO2/выдыхаем) = 6750∙ (0,045 – 0,0003) = 301,725 л, а его объёмная доля в классе к концу урока составляет φ(СО2) = V(СO2/выдыхаем) / V (класс) = 301,725 л/ 100000 л = 3,02 ∙ 10–3 = 0,3 %.

**Система оценивания:** определение объёмов кислорода и углекислого газа **–** 2 х 2 = 4 балла; определение объёмной доли углекислого газа в классе – 3 балла.

**Задача № 4**

Рассчитаем суммарную массу раствора после всех манипуляций:

mобщ  = 600 + 10 + 15 + 700 – 105 = 1220 г

Масса соли в конечном растворе:

mобщ  (соль) = 600 ∙ 0,1 + 15 + 700 ∙ 0,4 = 355 г

Таким образом, массовая доля соли в конечном растворе ω (соль) = 355 / 1220 = 0,291 =

= 29,1 %

**Система оценивания:**  расчет – 1 х 3 = 3 балла.

**Задача № 5**

Рассчитаем количества взятых газов n(газ) = V ∙ ρ / M( газ):

а) водород n(H2) = (0,05 м3 ∙ 71 кг/м3) ∙ 103 г / 2 г/моль = 1775 моль;

б) пропан n(С3H6) = (0,05 м3 ∙ 550 кг/м3) ∙ 103 г / 42 г/моль = 655 моль.

Работа двигателей протекает за счет тепловых эффектов химических реакций:

2 Н2 + О2 = 2 Н2О + 2 ∙ (240 кДж/моль Н2) (1)

2 С3Н6 + 9 О2 = 6 СО2 + 6 Н2О + 2 ∙ (2200 кДж/моль С3Н6) (2)

Учитывая КПД двигателя η, определим количество энергии, пошедшее на его работу:

а) двигатель на водороде E кДж = η ∙ n(H2) моль ∙ Q(Н2) кДж/моль =

= 0,2 ∙ 1775 моль ∙ 240 кДж/моль = 85200 кДж;

б) двигатель на пропане E кДж = η ∙ n(С3H6) моль ∙ Q(С3Н6) кДж/моль =

= 0,4 ∙ 655 моль ∙ 2200 кДж/моль = 576400 кДж.

Таким образом, время работы двигателя равно t = E кДж / W кВт :

а) двигатель на водороде t = 85200 кДж / 50 кВт = 1704 с =28,4 мин;

б) двигатель на пропане t = 576400 кДж / 50 кВт = 11528 с = 192 мин = = 3,2 часа.

Определим объем выбросов углекислого газа в окружающую среду при работе пропанового двигателя и производстве необходимого количества водорода:

а) по реакции (2): V(CO2) = (n(C2H6) / 2) ∙ 6 ∙ 22,4 л/моль = (655моль /2) ∙ 6 ∙ 22,4 л/моль = = 44016 л = 44 м3 ;

б) по реакции (1) выбросов углекислого газа нет, но при производстве водорода из природного газа метана он появляется

СН4 + 2 Н2О = СО2 + 4 Н2 (3)

По реакции (3): V(CO2) = (n(H2) / 4) ∙ 1 ∙ 22,4 л/моль = (1775моль /4) ∙ 1 ∙ 22,4 л/моль =

= 9940 л = 9,94 м3

**Вывод**: за 192 мин пропанового двигателя в атмосферу попадает 44 м3 углекислого газа; если бы водородный двигатель работал такое же время, то при получении необходимого количества водорода из метана выделилось бы в атмосферу (192 / 28,4) ∙ 9,94 = 67,2 м3 СО2. Пропановый двигатель оказывается более экологичен, чем водородный по части выбросов углекислого газа!

**Система оценивания:** определение количества газов – 2 балла; расчет энергии, израсходованной на работу двигателей – 2 балла; расчет времени работы двигателей –

0,5 х 2 = 1 балл; расчет объёма выбросов углекислого газа 1,5 х 2 = 3 балла; вывод об экологичности двигателей – 1 балл, уравнения реакций – 3 балла.

**Задача № 6**

Согласно условию задачи, возможны три варианта смеси галогенидов натрия в растворе:

1. NaF + NaCl 2) NaF + NaI 3) NaCl + NaI.

Один из возможных путей определения:

– обрабатываем образец исследуемого раствора раствором CaCl2 и если образуется осадок, то в растворе присутствует NaF возможны варианты 1) или 2):

2 NaF + CaCl2 = CaF2 ↓ + 2 NaCl

отсутствие осадка однозначно указывает на вариант 3);

– распознание вариантов 1) и 2) можно легко провести с помощью раствора AgNO3 по цвету осадка (соль AgF – растворима)

вариант 1) : NaCl + AgNO3 = AgCl ↓(белый) + NaNO3

вариант 2) : NaI + AgNO3 = AgI ↓(желтый) + NaNO3

**Возможны и другие пути распознания состава исследуемого раствора.**

**Система оценивания:** перечень вариантов смеси – 1 балл, методика опознания – 3 балла; уравнения реакций –3 балла.

**Решения задач и система оценивания – 9 класс (2024 г)**

**Задача № 1**

Соли – сульфат алюминия и хлорид бария – сильные электролиты и в водных растворах диссоциируют полностью:

Al2(SO4)3 → 2 Al3+ + 3 SO42–

BaCl2 → Ba2+ + 2 Cl–

Пусть в растворе находится *х* моль сульфата алюминия, тогда общее число ионов будет равно: 2 *х* + 3 *х* = N / NA или 5 *х* = 3,011 ∙ 1022 / 6,022 ∙ 1023 = 0,05 моль, тогда х = 0,01 моль.

Аналогично, пусть в растворе находится y моль хлорида бария, тогда общее число ионов будет равно: y + 2 y = N / NA или 3y = 3,6132 ∙ 1022/ 6,022 ∙ 1023 = 0,06 моль, тогда y = 0,02 моль.

При смешении растворов протекает реакция

Al2(SO4)3 + 3 BaCl2  = 3 BaSO4 ↓ + 2 AlCl3 (р-р)

0,01 моль 0,02 моль

или в сокращенном ионном виде

SO42– + Ва2+ = BaSO4 ↓

0,03 моль 0,02 моль

избыток недостаток

Таким образом, n(BaSO4) = 0,02 моль и m(BaSO4) = 0,02 моль ∙ 233г/моль = 4,66 г. Количество ионов алюминия и хлора в смешанном растворе остается таким же , что и в исходных растворах n(Al3+ ) = 2 *х* = 0,02 моль; n(Cl–) = 2 y = 0,04 моль ; остаток сульфат-ионов n(SO42–) = 0,03 – 0,02 = 0,01 моль.

**Система оценивания:** определение количества солей – 2,0 балла; уравнения диссоциации и реакции – 3,0 балла, определение массы осадка и количеств ионов в смешанном растворе – 2,0 балла

**Задача № 2**

Общая масса складывается из массы колбы с пробкой m0 и массы газа. Поскольку по условию задачи колба и условия её заполнения были одинаковы, то согласно закону Авогадро в колбах было одинаковое количество газов – n моль. Составим четыре уравнения:

111,450 = m0 + n ∙ М(воздух) = m0 + 29 n (1)

111,400 = m0 + n ∙ М (А) (2)

110,850 = m0 + n ∙ М(Б) (3)

DБ (А) = М(А) / М(Б) = 1,647 и М(А) = 1,647∙ М(Б) (4)

Уберем из системы уравнений m0 – вычтем из (1) уравнение (2), потом из (1) уравнение (3): 0,05 = n (29 – М(А)) и 0,6 = n (29 – М(Б)).

Поделим второе соотношения на первое и уберем неизвестное n :

0,6 / 0,05 = (29 – М(Б)) / (29 – М(А)) или 12 = (29 – М(Б)) / (29 – М(А)).

Далее, подставляя в последнее уравнение (4), находим

12 = (29 – М(Б)) / (29 – 1,647М(Б)) и М(Б) = 17 г/моль , М(А) = 28 г/моль.

Газами с молярной массой 28 г/моль являются азот N2, угарный газ СО, этилен С2Н4 и диборан В2Н6. Газ с молярной массой 17 г/моль – это аммиак NH3.

**Система оценивания:** обоснование и составление уравнений (1) – (4) – 4 балла; расчет молярных масс газов – 3 балла; один из возможных вариантов двух газов – 1 балл.

**Задача № 3**

Судя по описанию свойств оксида №1, речь идет об одном из основных оксидов щелочноземельных металлов, например, СаО (возможны SrO, BaO).

Его образование 2 Са + О2 = 2 СаО; при растворении оксида в воде образуется щелочной раствор гидроксида кальция (известковая вода) СаО + Н2О = Са(ОН)2, который на воздухе мутнеет за счет поглощения углекислого газа с образованием малорастворимого карбоната кальция Са(ОН)2 (р-р) + СО2 (из воздуха) = СаСО3↓ + Н2О.

Оксид №2 – углекислый газ, его получение С + О2 = СО2; это бесцветный газ без запаха, он является кислотным оксидом и при растворении в воде частично гидролизуется с образованием слабой угольной кислоты СО2 + Н2О = Н2СО3 (раствор).

При смешении водных растворов оксидов №1 и №2 протекает реакция

Са(ОН)2 + Н2СО3 = СаСО3 ↓ + 2 Н2О.

Если осадок отфильтровать и прокалить, то происходит его разложение на оксиды

СаСО3 (тв) = СаО (тв) + СО2↑

Оксид СаО называют негашеной известью, которая при хранении на воздухе может поглощать углекислый газ СаО (тв) + СО2 (из воздуха) = СаСО3 (тв)

**Система оценивания:** обоснование выбора оксидов на основе их свойств – 2 балла; уравнения реакций – 4 балла.

**Задача № 4**

Объём смеси водорода, кислорода и хлора составляет 22.4 л (н.у.) что соответствует 1 молю смеси газов.

Пусть в смеси газов содержится x моль водорода, y моль кислорода и z моль хлора, тогда

x + y + z = 1.

При активации смеси электрическим разрядом протекают реакции:

H2 + Cl2 = 2 HCl (1)

2H2 + O2 = 2 H2O (2),

причем количества продуктов реакций определяется газами, взятыми в недостатке.

При охлаждении конечной смеси происходит конденсация воды, в которой растворяется хлороводород с образованием соляной кислоты. Остаточный газ реагирует с нагретым оксидом меди (II) и им является водород, который связывает атомы кислорода из оксида в воду, что, в свою очередь, приводит к потере массы у оксида меди.

CuO + H2(остаток) = Cu + H2O (пар) (3)

Таким образом, в реакциях (1) и (2) хлор и кислород в недостатке и образовалось

n(HCl) = 2z моль; n(H2O) = 2y моль,

а прореагировало водорода n(Н2/ прорег.(1) и(2)) = z + 2y моль.

Количество остаточного водорода определим по потере массы оксида меди:

n(H2/ остаток) = n(O/потеря) = 0,96 г / 16 г/моль = 0,06 моль и общее количество водорода в исходной смеси равно х = z + 2y + 0,06 моль.

Количество образовавшегося хлороводорода найдем по реакции нейтрализации:

HCl (раствор) + NaOH = NaCl + H2O

и n(HCl) = n(NaOH)= 1,6 г / 40 г/моль = 0.04 моль, тогда 2z = 0,04 и **z = 0,02 моль**.

Далее решаем систему уравнений:

z = 0,02

х = z + 2y + 0,06

x + y + z = 1.

Итак, в исходной смеси было 0,68 моль водорода, 0,30 моль кислорода и 0,02 моль хлора.

В газовой смеси объёмные доли компонентов равны их молярным долям, поэтому

φ(Н2) = n(H2) / n общ = 0,68 / 1 = 0,68 = 68 % ; φ(О2) = 30 % и φ(Cl2) = 2 %.

Определим состав раствора:

m(HCl) = 2z ∙ M(HCl) = 2 ∙ 0,02 ∙ 36,5 = 1,46 г

m(H2О) = 2y ∙ M(H2О) = 2 ∙ 0,30 ∙ 18 = 10,80 г

m (р-р) = 1,46 + 10,80 = 12,26 г и ω(HCl) = 1,46 / 12,26 = 0,119 = 11,9 %

**Система оценивания:** идея и последовательность расчета – 4 балла; уравнения реакций – 2 балла; расчет состава газовой смеси – 2 балла; расчет состава раствора – 2 балла.

**Задача № 5**

Серная кислота образует два ряда солей – кислые и средние. Выделение водорода при реакции с опилками цинка возможно, если в растворе находится гидросульфат некоторого щелочного металла МHSO4 (по таблице растворимости существование гидросульфатов многовалентных металлов в растворе сомнительно):

2 МHSO4 + Zn = M2SO4 + ZnSO4 + H2↑

Определим количество соли в растворе

n(МHSO4) = 2 n(Н2) = 2 V(H2) / 22,4 = 2 ∙ 0,7 / 22,4 = 0,0625 моль,

тогда М(МHSO4) = 8,5 г / 0,0625 моль = 136 г/моль.

Таким образом, молярная масса металла равно

М(М) = 136 – М(HSO4) = 136 – 97 = 39 г/моль – это калий.

**Система оценивания:** обоснование формулы соли – 1 балл; уравнение реакции – 1 балл; определение металла – 1 балл.

**Задача № 6**

Согласно условию задачи, возможны три варианта смеси галогенидов натрия в растворе:

1. NaF + NaCl 2) NaF + NaI 3) NaCl + NaI.

Один из возможных путей определения:

– обрабатываем образец исследуемого раствора раствором CaCl2 и если образуется осадок, то в растворе присутствует NaF возможны варианты 1) или 2):

2 NaF + CaCl2 = CaF2 ↓ + 2 NaCl

отсутствие осадка однозначно указывает на вариант 3);

– распознание вариантов 1) и 2) можно легко провести с помощью раствора AgNO3 по цвету осадка (соль AgF – растворима)

вариант 1) : NaCl + AgNO3 = AgCl ↓(белый) + NaNO3

вариант 2) : NaI + AgNO3 = AgI ↓(желтый) + NaNO3

**Возможны и другие пути распознания состава исследуемого раствора.**

**Система оценивания:** перечень вариантов смеси – 1 балл, методика опознания – 2 балла; уравнения реакций –3 балла.

**Решения задач и система оценивания – 10 класс (2024 г)**

**Задача № 1**

Сульфат железа (III) и гидроксид бария – сильные электролиты и в водных растворах диссоциируют полностью:

Fe2(SO4)3 → 2 Fe3+ + 3 SO42–

Ba(ОН)2 → Ba2+ + 2 OH–

Пусть в растворе находится *х* моль сульфата железа, тогда общее число ионов будет равно: 2 *х* + 3 *х* = N / NA или 5 *х* = 3,011 ∙ 1022 / 6,022 ∙ 1023 = 0,05 моль, тогда х = 0,01 моль.

Аналогично, пусть в растворе находится y моль гидроксида бария, тогда общее число ионов будет равно: y + 2 y = N / NA или 3y = 3,6132 ∙ 1022/ 6,022 ∙ 1023 = 0,06 моль, тогда y = 0,02 моль.

При смешении растворов протекает реакция

Fe2(SO4)3 + 3 Ba(OH)2  = 3 BaSO4 ↓ + 2 Fe(OH)3 ↓

0,01 моль 0,02 моль

или в сокращенном ионном виде

SO42– + Ва2+ = BaSO4 ↓

0,03 моль 0,02 моль

избыток недостаток

Fe3+ + 3 OH– = Fe(OH)3 ↓

0,02 моль 0,04 моль

избыток недостаток

Таким образом, n(BaSO4) = 0,02 моль и m(BaSO4) = 0,02 моль ∙ 233г/моль = 4,66 г; n(Fe(OH)3) = 0,04 / 3 = 0, 0133 моль и m(Fe(OH)3) = 0,0133 моль ∙ 107 г/моль = 1,423 г

Количество остаточных ионов железа и сульфата в смешанном растворе будет равно:

n(SO42–) = 0,03 – 0,02 = 0,01 моль и n(Fe3+) = 0,02 – 0,04 / 3 = 0,0067 моль.

**Система оценивания:** определение количества исходных веществ – 2,0 балла; уравнения диссоциации и реакции – 3,0 балла, определение массы осадков и количеств ионов в смешанном растворе – 3,0 балла

**Задача № 2**

При внесении ВаСО3 в соляную кислоту протекает реакция

ВаСО3 + 2 HCl = BaCl2 + CO2↑ + H2O, где

количества продуктов определяет реагент , взятый в недостатке.

n(HCl) = 100 г ∙ 0,05 / 36,5 = 0,137 моль и n(ВаСО3) = 10,82 г / 197 г/моль = 0,055 моль.

Видно, что кислота взята в избытке, поскольку

n(ВаСО3) = 0,055 моль < n(HCl) /2 = 0,137 моль/2 = 0,0685 моль и

n(CO2) = n(ВаСО3) = 0,055 моль.

Пусть m0 – масса стакана с кислотой, тогда после протекания реакции его масса будет равна m(конечн.) = m0 +m(ВаСО3) – m(CO2) = m0 + 10,82 – 0,055 ∙ 44 = m0 + 8,4 г

При добавлении в другой стакан гидрокарбоната натрия протекает реакция

NаHСО3 + HCl = NaCl + CO2↑ + H2O

С кислотой может прореагировать только 0, 137 моль NаHСО3 и при этом образуется такое же количество углекислого газа, поэтому ожидаемая масса стакана будет равна

m(конечн.) = m0 +m(NаHСО3) – m(CO2) = m0 + 0,137 ∙ 84 – 0,137 ∙ 44 = m0 + 5,48 г

Видно, что (m0 + 8,4) г > (m0 + 5,48) г и равновесие нарушается, поэтому во второй стакан нужно дополнительно добавить гидрокарбонат натрия массой 8,4 – 5,48 = 2,92 г, который уже в реакции не участвует. Общая масса добавленного гидрокарбоната натрия должна быть mобщ  = 0,137 ∙ 84 + 2,92 = 14,428 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 № 3**

По условию два оксида ХО2 и MnO2 одинаково реагируют с соляной кислотой:

MnO2 + 4 HCl = MnCl2 + Cl2 ↑ + 2 H2O

ХO2 + 4 HCl = ХCl2 + Cl2 ↑ + 2 H2O

Пусть в смеси оксидов будет х моль ХО2, тогда по условию количество MnO2 будет 5х моль и по обеим реакциям выделится 6х моль хлора.

Определим величину х:

6х = V(Cl2) / 22,4 л/моль = 6,72 л / 22,4 л/моль = 0.3 моль, откуда х = 0.05 моль.

Таким образом, n (ХO2 ) = 0,05 моль и n(MnO2) = 5х = 0,25 моль.

Для определения молярной массы неизвестного оксида составим уравнение по массе смеси:

0,05 ∙ М(ХO2) + 0,25 ∙ М(MnO2) = 33,7 г или 0,05 ∙ М(ХO2) + 0,25 ∙ 87 = 33,7 г, откуда

М(ХO2) = 239 г/моль и М(Х) = 239 – 32 = 207 г/моль – это свинец.

**Система оценивания:** уравнения реакций – 2 балла; расчет количественного состава смеси оксидов – 2 балла; определение элемента Х – 2 балла.

**Задача № 4**

Путь углеводород СхНy присоединяет водород согласно схеме

СхНy + n Н2 → продукты, где х ≥ 2.

По условию количество присоединенного водорода равно

V(H2) / 22,4 = 21,06 / 22,4 = 0,94 моль.

Рассмотрим возможные варианты реализации схемы реакции.

1. Если n = 1, то n(CхНy) = n(H2) = 0,94 моль и молярная масса углеводорода будет равна М(CхНy) = m(CхНy) / n(CхНy) = 18,8 г / 0,94 моль = 20 г/моль – не подходит, т.к. углеводород должен содержать не менее двух атомов углерода.
2. Если n = 2, то n(CхНy) = n(H2) / 2 = 0,94 моль /2 = 0,47 моль и молярная масса углеводорода будет равна М(CхНy) = m(CхНy) / n(CхНy) = 18,8 г / 0,47 моль = 40 г/моль.

Разумная брутто-формула углеводорода С3Н4, которой соответствуют структурные формулы Н2С=С=СН2 – аллен и Н3С –С ≡СН – пропин, циклопропен

1. Если n = 3, то n(CхНy) = n(H2) / 3 = 0,94 моль /3 = 0,313 моль и молярная масса углеводорода будет равна М(CхНy) = m(CхНy) / n(CхНy) = 18,8 г / 0,313 моль = 60 г/моль.

Углеводородов с такой молярной массой нет (С4Н14 невозможно, а молярная масса углеводорода с пятью атомами углерода будет превышать 60 г/моль)

Остальные варианты перебирать бессмысленно, поскольку с ростом молярной массы возможные углеводороды (если они вообще есть) уже не будут газообразными, как того требует условие задачи.

**Система оценивания:** схема реакции – 1 балл; анализ вариантов и расчет молярных масс углеводородов – 1 балла; две структурные формулы и названия – 3 балла.

**Задача № 5**

Крекинг и риформинг – два процесса химического превращения углеводородов, содержащихся в нефти. При термическом крекинге высшие алканы нефти нагреваются до высоких температур без доступа кислорода и при этом происходит их расщепление на низшие алканы и алкены. При крекинге н-гексана возможны несколько вариантов продуктов:

С6Н14  → Н2 + СН2=СН–СН2– СН2– СН2– СН3

→ СН4 + СН2=СН–СН2– СН2– СН3

→ СН3–СН3  + СН2=СН–СН2–СН3

→ СН3–СН2–СН3 + СН2=СН–СН3

→ СН3–СН2–СН2–СН3 + СН2=СН2

Риформинг заключается в изомеризации неразветвленных алканов при нагревании в присутствии подходящего катализатора с образованием разветвленных алканов.

н– С6Н14 → СН3–СН–СН2– СН2– СН3 +

│

СН3

+ СН3–СН– СН– СН3 +

│ │

СН3  СН3

СН3

│

+ СН3–С– СН2– СН3 + и т.д.

│

СН3

По условию задачи из газов крекинга выделены два углеводорода, объёмы которых одинаковы – это означает, что они взяты в одинаковых количествах. При сжигании одинаковых количеств этих углеводородов количество образовавшегося углекислого газа в каждом случае будет определяться числом атомов углерода в молекуле вещества, поэтому, согласно условию задачи, число атомов углерода в молекулах углеводородов должно различаться в два раза.

Возможные варианты: С1 – С2 и С2 – С4. Варианты С3 – С6 и т.д. не рассматриваются, поскольку для них не выполняется требование задачи – оба вещества газообразные!.

Среди углеводородов крекинга могут быть газообразные алканы и алкены, образованные по разным реакциям, и в наше случае это могут быть:

СН4 и С2Н6 ; СН4 и С2Н4 ; С2Н6 и С4Н10 ; С2Н4 и С4Н10 ; С2Н6 и С4Н8 ; С2Н4 и С4Н8.

Уравнениями крекинга будут связаны пары:

СН3–СН2–СН3 → СН4 + СН2=СН2

СН3–СН2–СН2–СН2–СН2–СН3 → СН3–СН2–СН2–СН3 + СН2=СН2

СН3–СН2–СН2–СН2–СН2–СН3 → СН3–СН3  + СН2=СН–СН2–СН3

**Система оценивания:** понятия крекинга и риформинга – 1 балл**;** уравнения реакций крекинга и риформинга н-гексана – 3 балла; обоснование для возможных пар углеводородов – 2 балла; формулы возможных углеводородов в парах и уравнения крекинга – 3 балла.

**Задача № 6**

Реакция горения углеводорода СхНy + (х + y/4) О2 = х СО2 + y/2 Н2О.

Согласно уравнению n(CO2) = x ∙ n(CxHy), тогда

m(CO2) = n(CO2) ∙ M(CO2) = n(CO2) ∙ 44 г/моль = x ∙ n(CxHy) ∙ 44 и

m(СхНy) = n(CxHy) ∙ M(CxHy) = n(CxHy) ∙ ( 12x +y)

По условию задачи m(CO2) / m(СхНy) = 3 и, следовательно

44х / (12x +y) = 3, откуда х / y = 3 / 8 и углеводород С3Н8 – пропан.

**Система оценивания:** уравнение реакции –1 балл, определение углеводорода – 2 балла.

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

**Задача № 1**

При внесении ВаСО3 в соляную кислоту протекает реакция

ВаСО3 + 2 HCl = BaCl2 + CO2↑ + H2O, где

количества продуктов определяет реагент , взятый в недостатке.

n(HCl) = 100 г ∙ 0,05 / 36,5 = 0,137 моль и n(ВаСО3) = 10,82 г / 197 г/моль = 0,055 моль.

Видно, что кислота взята в избытке, поскольку

n(ВаСО3) = 0,055 моль < n(HCl) /2 = 0,137 моль/2 = 0,0685 моль и

n(CO2) = n(ВаСО3) = 0,055 моль.

Пусть m0 – масса стакана с кислотой, тогда после протекания реакции его масса будет равна m(конечн.) = m0 +m(ВаСО3) – m(CO2) = m0 + 10,82 – 0,055 ∙ 44 = m0 + 8,4 г

При добавлении в другой стакан гидрокарбоната натрия протекает реакция

NаHСО3 + HCl = NaCl + CO2↑ + H2O

С кислотой может прореагировать только 0, 137 моль NаHСО3 и при этом образуется такое же количество углекислого газа, поэтому ожидаемая масса стакана будет равна

m(конечн.) = m0 +m(NаHСО3) – m(CO2) = m0 + 0,137 ∙ 84 – 0,137 ∙ 44 = m0 + 5,48 г

Видно, что (m0 + 8,4) г > (m0 + 5,48) г и равновесие нарушается, поэтому во второй стакан нужно дополнительно добавить гидрокарбонат натрия массой 8,4 – 5,48 = 2,92 г, который уже в реакции не участвует. Общая масса добавленного гидрокарбоната натрия должна быть mобщ  = 0,137 ∙ 84 + 2,92 = 14,428 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 М(смесь) = 1,2 ∙ 29 = 34,8 г/моль, что даёт нам возможность определить объемную (молярную) долю углекислого газа в смеси из уравнения:

44 ∙ φ + (1 – φ) ∙ 28 = 34,8 , откуда φ = 0,425.

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

2 КОН + СО2 = К2СО3 + Н2О (1)

КОН + СО2 = КНСО3 (2)

Пусть по реакции (1) прореагировало х моль, а по реакции (2) – y моль углекислого газа, тогда на обе реакции было израсходовано (2х + y) моль КОН и

2х + y = (20,3 ∙ 1,04 ∙ 0,05) / 56 = 0,01885 моль.

Пусть m(КНСО3) = m, тогда m(К2СО3) = 2 m.

По реакции (1) х = n(К2СО3) = 2m /138 моль ; по реакции (2) y = n(КНСО3) = m / 100 моль, а отношение x / y = 200 / 138 = 1,449 и х = 1,449 y.

Решаем систему уравнений:

2х + y = 0,01885

х = 1,449 y

откуда y = 0,0048 моль и х = 0,0070 моль, а nобщ (СО2) = 0,0118 моль.

Объём углекислого газа при н.у. равен V(CO2) = 0,0118 ∙ 22,4 = 0,26432 л, а объём исходной газовой смеси V(смесь) = V(CO2) / φ = 0,26432 л / 0,425 = 0,6219 л.

Определим конечную массу раствора после протекания реакций:

m(р-р) = m (р-р КОН) + m(СО2) = 20,3 ∙ 1,04 + 0,0118 ∙ 44 = 21,6312 г и массовые доли солей в растворе равны

**ω(** К2СО3) = (0,007 ∙ 138) / 21,6312 = 0,0447 = 4,47 %

**ω(**КНСО3) = (0,0048 ∙ 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

ω(О) = 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, NFeS2H28O20. 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 NH4+ ; 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 NH4Fe(SO4)2 ∙ 12H2O – это железоаммонийные квасцы.

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

NH4Fe(SO4)2 → NH4+ + Fe3+ + 2 SO42–

а) с раствором карбоната натрия Na2CO3 – необратимый взаимный гидролиз

2 Fe3+ + 3 СО32– + 3 Н2О = 2 Fe(OH)3↓ + 3 CO2↑ или

2 NH4Fe(SO4)2 + 3 Na2CO3 + 3 Н2О = 2 Fe(OH)3↓ + 3 CO2↑ + 3 Na2SO4 + (NH4)2SO4

б) с раствором сульфида натрия Na2S – здесь возможны два параллельных процесса ; необратимый взаимный гидролиз и окислительно-восстановительная реакция

2 Fe3+ + 3 S2– + 6 Н2О = 2 Fe(OH)3↓ + 3 H2S↑

2 NH4Fe(SO4)2 + 3 Na2S + 6 Н2О = 2 Fe(OH)3↓ + 3 H2S↑ + 3 Na2SO4 + (NH4)2SO4

2 Fe3+ + 3 S2– = 2 FeS↓ + S↓

2 NH4Fe(SO4)2 + 3 Na2S = 2 FeS↓ + S↓ + 3 Na2SO4 + (NH4)2SO4

в) с раствором иодида калия КI – окислительно-восстановительная реакция

2 Fe3+ + 2 I – = 2 Fe2++ I2

2 NH4Fe(SO4)2 + 2 KI = 2 FeSO4 + I2 + K2SO4 + (NH4)2SO4

**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

R1 –C– O –R2 + NaOH = R1 –C– O –Na + R2OH

║ ║

O O

По условию задачи спирт R2ОН имеет брутто-формулу С3Н8О или С3Н7ОН. При окислении спирта образуется соединение С3Н6О и им, по-видимому, является ацетон

СН3 – С – СН3, который может быть получен по реакции Кучерова при гидратации

║

О

пропина в присутствии солей ртути (Hg2+)

СН3 – С≡ СН + Н2О = СН3 – С(О)– СН3

Таким образом, ацетон может быть получен окислением вторичного спирта

5 СН3–СН(ОН)–СН3 + 2 KMnO4 + 3 H2SO4 =

5 СН3 – С(О)– СН3 + 2 MnSO4 + K2SO4 + 8 H2O

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

NaOH + HCl = NaCl + H2O

Определим количество щелочи, прореагировавшей с эфиром, по разности

n(NaOH/ с эфиром) = n(NaOH/ взято) – n(HCl/ нейтрализация) =

= 1,0 моль/л ∙ 0,05 л – 1,0 моль /л ∙ 0,03 л = 0,02 моль

Поскольку n(эфир) = n(NaOH/ с эфиром) = 0,02 моль, то молярная масса эфира будеи равна М(эфир) = 1,76 г / 0,02 моль = 88 г/моль .

Структурная формула эфира R1– C – O –CH–CH3

║ │

O CH3

в которой определим молярную массу радикала R1 : M(R1) = 88 – 4∙12 – 2∙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

СН3ОН.

1. Спирт реагирует с натрием с образованием водорода Н2 – газ без цвета и запаха (вещество Б)

2 СН3ОН + 2 Na = 2 CH3ONa + H2↑

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

CH3OH + CuO = H2C=O + Cu + H2O

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

1. Окислением формальдегида можно получить муравьиную кислоту (вещество Г)

5 H2C=O + 2 KMnO4 + 3 H2SO4 = 5 HCOOH + 2 MnSO4 + K2SO4 + 3 H2O

При гидрировании формальдегида образуется метиловый спирт (вещество А)

H2C=O + Н2 = СН3ОН

**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 С6 – С9.

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,

СН3–СН2–СН2–СН2–СН2–СН3 → СН3–СН2–СН2–СН3 + СН2=СН2

СН3–СН2–СН2–СН2–СН2–СН3 → СН3–СН3  + СН2=СН–СН2–СН3

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)

R1 –CH = CH – R2 + Br2 → R1 –CHBr – CHBr – R2

**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.