Задания и решения ОХО . 10 кл. Очн. тур. 2017/2018 уч. год. Вар. 1

Задание 1.

Раствор двух газов А и В, объёмом 4,48 л (н. у.), имеющий плотность 1,0715 г/л, сожгли в избытке кислорода. Получены продукты сгорания: С – белый порошок массой 6,0 г, Д – бесцветная жидкость с аномальными свойствами массой 7,2 г, Е – газ, объёмом 2, 24 л (н. у.). При пропускании газа Е через избыток известковой воды выпал осадок массой 10,0 г.

Такую же по объёму смесь этих газов пропустили через 100 г раствора гидроксида натрия с концентрацией 8,0 %. Объём газа после пропускания через раствор увеличился до 11,2 л (н.у.). Полученный раствор вещества К используется в качестве клея.

Смесь газов А и В такого же состава объёмом 4,48 л (н.у.) прореагировала с 17,92 л (н.у.) фтора. Суммарный объём газов после реакции не изменился. Часть продуктов реакции И и Л поглотилась при пропускании через раствор КОН, масса раствора 100 г, массовая концентрация 44,8 %. В результате реакции получено две соли: средняя соль М и комплексная соль Ф с массовой долей кремния 12,73 %. Объём непоглотившегося газа Т равен 2,24 л (н.у.). Массовая доля углерода в соединении Т равна 13,64 %.

Определите формулы всех веществ. Напишите уравнения всех реакций. Проведите все необходимые расчёты.

Решение.

Количество газа $n_A + n_B = 0,2$ моль. Масса газа 4,800 г.

Средняя молярная масса газа 1,075×22,4=24,0 г/моль. 1 балл

Д=H_2O. Аномальная жидкость. Масса воды 7,2 г. n(H_2O)=0,4 mol.

n(H)=0,8 mol, m(H)= 0,8 g. 1 балл

Е=CO_2. При пропускании через известковую воду выпадает карбонат кальция.

$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$

0,1 моль 0,1 моль. m($CaCO_3$) = 10,0 g. 1 балл

Это подтверждает наличие углекислого газа в продуктах реакции.

Масса углерода в исходной смеси 12×0,1=1,2 г.

Масса третьего элемента в газовой смеси равна 4,8 - 0,8 -1,2 = 2,8 г.

Пусть газ В -метан CH_4. Количество 0,1 моль. Масса 1,6 г. 1 балл

Тогда газ А-силан SiH_4. Количество 0,1 моль. Масса 3,2 г. 1 балл

Общая масса смеси 4,8 г. Согласуется с предыдущими данными.

$M_{ср.}$= (16 + 32):2 = 24 г/моль.

Реакции горения:

$CH_4 + 2\ O_2 = CO_2 + 2\ H_2O$

0,1моль 0,1 моль

$SiH_4 + 2\ O_2 = SiO_2 + 2\ H_2O$

0,1 0,1 mol $m(SiO_2)= 60\times0,1=6,0$ g. 1 балл

Реакция с раствором гидроксида натрия. Масса NaOH равна 8,0 г.

Количество гидроксида натрия 0,2 моль.

$SiH_4 + 2\ NaOH + H_2O = Na_2SiO_3 + 4\ H_2\uparrow$

0,1 0,4 mol. 1 балл

Метан не реагирует со щёлочью. Объём газа складывается из объёма метана и водорода $(0,1 + 0,4)\times22,4 = 11,2$ л.

Раствор силиката натрия - силикатный клей для бумаги.

Реакция со фтором.

$CH_4 + 4\ F_2 = CF_4 + 4\ HF$

0,1 0,4 0,1 0,4

$SiH_4 + 4\ F_2 = SiF_4 + 4\ HF$ Суммарный объём фтора 17,92 л..

0,1 0,4 0,1 0,4 Количество HF 0,8 mol. 1 балл

При пропускании через раствор KOH не поглощается тетрафторметан - газ Т. Объём его 2,24 л. Массовая доля углерода в тетрафторметане равна 13,63 %.

$SiF_4 + 2\ HF + 2\ KOH = K_2[SiF_6] + 2\ H_2O$ 1 балл

0,1 0,2 0,2 0,1

Массовая доля кремния в гексафторсиликате калия равна 12,73 %.

$HF + KOH = KF + H_2O$

0,6 0,6 0,6

Общий расход KOH на две реакции 0,8 моль.

Раствор KOH 100 г концентрации 44,8 % содержит 44,8 г гидроксида, количество 0,8 моль. Реакция прошла в эквивалентных количествах. 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 2.

Газовая смесь пропана и пропина объёмом 2,24 л (н.у.) была смешана с равным объёмом водорода и пропущена над катализатором при нагревании. Объём газа после гидрирования равен 2,24 л (н.у.). После пропускания этого газа через бромную воду его объём не изменился. Определите количественный состав исходной смеси. (% масс.).

Предложите способ разделения исходной газовой смеси.

Напишите реакции получения уксусной, пропановой, молочной, 2-метилпропановой кислот из пропина.

Решение.

Количество смеси газов 0,1 моль.

Количество водорода 0,1 моль. 1 балл

Реакция водорода с пропином:

$C_3H_4 + 2\ H_2 \rightarrow C_3H_8$

0,05 моль 0,1 моль 0,05 моль

Состав исходной смеси 0,05 моль C_3H_8 + 0,05 моль C_3H_4.

Масса исходной смеси m = 44×0,05 + 40×0,05 = 4,2 г.

$\omega(C_3H_8)$ = 52,4 %. $\omega(C_3H_4)$ = 47,6 %. 1 балл

Разделение смеси возможно пропусканием через раствор $[Ag(NH_3)_2]OH$.

$CH_3\text{-}C{\equiv}CH + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3\text{-}C{\equiv}CAg\downarrow + 2NH_3 + H_2O$

Выпавший осадок далее разложить действием соляной кислоты.

$CH_3\text{-}C{\equiv}CAg + HCl \rightarrow CH_3\text{-}C{\equiv}CH\uparrow + AgCl$ 1 балл

Получение уксусной кислоты.

$5\ CH_3\text{-}C{\equiv}CH + 8\ KMnO_4 + 12\ H_2SO_4 \rightarrow$

$\rightarrow 5\ CH_3COOH + 5\ CO_2 + 8\ MnSO_4 + 4\ K_2SO_4 + 12\ H_2O$ 1 балл

Получение пропановой кислоты.

$CH_3\text{-}C{\equiv}CH + H_2 \rightarrow CH_3\text{-}CH{=}CH_2$

$CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + HBr \xrightarrow{H_2O_2} CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2Br$

$CH_3CH_2CH_2Br + NaOH \xrightarrow{H_2O} CH_3CH_2CH_2OH + NaBr$

$5\ CH_3CH_2CH_2OH + 4\ KMnO_4 + 6\ H_2SO_4 \rightarrow$

$\rightarrow 5\ CH_3CH_2COOH + 4\ MnSO_4 + 2\ K_2SO_4 + 11\ H_2O$ 2 балла

Получение молочной кислоты.

$CH_3\text{-}C{\equiv}CH + 2\ KMnO_4 + H_2O \rightarrow$

$\rightarrow CH_3\text{-}CO\text{-}COOH + 2\ MnO_2 + 2\ KOH$

2-оксопропановая к-та

$CH_3\text{-}CO\text{-}COOH + H_2 \rightarrow CH_3\text{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}\text{-}COOH$ 2-гидроксипропановая к-та 2 балла

Получение 2-метилпропановой кислоты.

$CH_3\text{-}C{\equiv}CH + H_2 \rightarrow CH_3\text{-}CH{=}CH_2$

$CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + HCN \rightarrow CH_3\text{-}\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_3$

$CH_3\text{-}\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_3 + 2\ H_2O \rightarrow CH_3\text{-}\underset{\displaystyle COOH}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_3 + NH_3$ 2 балла

Итого 10 баллов

Задание 3.

Большинство элементов в природе имеет несколько изотопов с различным содержанием. Атомные проценты изотопов элементов образующих воду представлены в таблице.

Таблица 1.

Изотоп	^{1}H	^{2}H=D	^{16}O	^{17}O	^{18}O
%, атомные	99,985	0,015	99,76	0,048	0,192

Напишите все возможные комбинации сочетания изотопов в молекулах воды. Сколько таких сочетаний возможно?

Укажите возможные молекулярные массы молекул воды и как они реализуются?

Какую воду принято называть тяжёлой? Оцените соотношение между количеством молекул лёгкой воды и тяжёлой воды, если принять, что весь дейтерий находится в молекуле D_2O.

Как в технике получают тяжёлую воду?

Где применяется тяжёлая вода?

Мольный объём тяжёлой воды практически равен мольному объёму лёгкой воды. Что произойдёт, если льдинку тяжёлой воды бросить в жидкую лёгкую воду при 0 ^{0}C ? Льдинку лёгкой воды бросить в жидкую тяжёлую?

Рассчитайте количество самых тяжёлых молекул в 1 литре обычной воды, а также их массу.

Решение.

Возможные варианты изотопного состава молекул воды.

M_R	Изотопный состав	
18	$H_2{}^{16}O$	
19	$HD^{16}O$, $H_2{}^{17}O$	1 балл
20	$D_2{}^{16}O$, $HD^{17}O$, H_2O	1 балл
21	$HD^{18}O$, $D_2{}^{17}O$	
22	$D_2{}^{18}O$	1 балл

Всего существует девять вариантов молекул воды.

Тяжёлая вода -D_2O. Если принять, что дейтерий находится только в молекулах D_2O, то соотношение H_2O:D_2O = 99,985:0,015=6666:1. 1 балл

Получают тяжёлую воду электролизом природной воды. Молекулы лёгкой воды разлагаются под действием электрического тока легче чем молекулы тяжёлой, так как связь D-O прочнее связи H-O. Тяжёлая вода накапливается в электролизёре. 1 балл

Тяжёлая вода используется в научных исследованиях, в ядерной энергетике. 1 балл

Мольные объёмы лёгкой и тяжёлой воды в различных агрегатных состояниях практически равны, поэтому плотности тяжёлой воды будут больше плотности лёгкой воды и равны $\rho_ж$=1,0×(20:18)=1,111 г/см^3, $\rho_{тв}$ =0,9×(20:18)=1,0 г/см^3. Льдинка тяжёлой воды практически утонет в жидкой лёгкой воде, льдинка лёгкой не утонет в жидкой тяжёлой воде. 1 балл

Расчёт количества молекул $D_2{}^{18}O$ в 1 литре воды.

Принимая плотность воды 1,0 г/см^3 , имеем массу воды 1 000 г. Количество воды 1000:18= 55,556 моль. Молекул воды $N=6{,}02\times10^{23}\times55{,}556=3{,}34\times10^{25}$ молекул. 1 балл

Если принять, что все сочетания изотопов в молекулах пропорциональны атомным процентам в природной воде, то доля молекул с молекулярной массой M=22 будет равна:

$X= (0,00015)^2 \times 0,00192= 4,32\times10^{-11}$ 1 балл

Число молекул $D_2{}^{18}O$ $N= 3,34\times10^{25}\times4,32\times10^{-11} = 1,443\times10^{15}$ молекул.

Количество $1,443\times10^{15}: 6,02\times10^{23}=2,4\times10^{-9}$ моль.

Масса самых тяжёлых молекул $m=22\times2,4\times10^{-9}=5,27\times10^{-8}$ г. 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 4.

Одним из методов получения метанола является каталитическая реакция угарного газа с водородом, протекающая при 250 ^{0}с и повышенном давлении 50 атм. В этой реакции используется синтез газ, получаемый при пропускании при 800 ^{0}С над никелевым катализатором метана и воды. Реакция эндотермическая, поэтому часть метана сжигают в кислороде и теплота реакции поддерживает постоянной температуру в реакторе. Определите состав идеальной газовой смеси метан + вода + кислород, в которой будет сохраняться тепловой баланс, количество теплоты сгорания метана будет равняться затраченной теплоте в реакции образования синтез газа. Для расчёта использовать значения энергий химических связей в молекулах газов, приведённых в таблице. Энергия химической связи есть энергия, которая выделяется при образовании связи между газообразными атомами (экзотермический процесс), или затрачивается на полный разрыв химической связи в молекуле (эндотермический процесс).

Таблица.

Связь	C-H	H-O	C≡O(CO)	H-H	O=O	C=O
$E_{св.}$, кДж/моль	412	462	1074	432	498	745

Теплоту сгорания 1 моль метана принять 800 кДж/ моль.

Тепловые эффекты реакций для упрощения расчётов округлить до десятка кДж. Считать потери тепла в окружающую среду пренебрежимо малыми.

Какой будет мольный состав продуктов реакции, если считать реакции протекающими со стопроцентным выходом? Как из продуктов реакции убрать третий компонент.

Оцените влияние температуры и давления на равновесие реакции получения синтез газа.

Приведите реакции получения метанола, метаналя, метановой кислоты, используя синтез газ.

Решение.

Реакция получения синтез газа.

$CH_4 + H_2O_{(г)} = CO + 3\ H_2 - 200$ кДж (1) 1 балл

Q = -4 E(C-H) - 2 E(O-H) + E(C≡O) + 3 E(H-H)

Q = -4×412 -2×462 + 1076 + 3×432 = -200 кДж/ моль. 1 балл

$CH_4 + 2\ O_2 = CO_2 + 2\ H_2O + 800$ кДж (2)

Для сохранения теплового баланса соотношение количеств метана, вступающих в реакция (1) и (2) должно 4:1. 1 балл

Соответственно, состав исходной газовой смеси:

$4(\ CH_4 + \ H_2O) + CH_4 + 2\ O_2 == 5\ CH_4 + 4H_2O + 2\ O_2$

Состав продуктов реакции:

$4\ CO + 12\ H_2 + CO_2 + 2\ H_2O$

Если учесть образование молекул воды в реакции горения метана, то идеальный состав исходной газовой смеси будет:

$5\ CH_4 + 2\ H_2O + 2\ O_2$. Отношение объёмов 5:2:2. 1 балл

Состав продуктов реакции при идеальном отношении реагентов:

$4\ CO + 12\ H_2 + CO_2$. 1 балл

Удалить углекислый газ из смеси можно пропусканием через известковую воду, или охлаждением до -80 ^{0}C. 1 балл

Повышение температуры эндотермической реакции получения синтез газа смещает равновесие в сторону продуктов реакции. Повышение давления смещает равновесие в сторону исходных веществ, так как в результате реакции увеличивается число газообразных молекул. 1 балл

Реакция получения метанола:

$CO + 2\ H_2O \xrightarrow{t,\ p,\ катал.} CH_3OH$ 1 балл

Реакция получения метаналя:

$3\ CH_3OH + K_2Cr_2O_7 + 4\ H_2SO_4 \rightarrow 3\ H_2CO + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7\ H_2O$

1 балл

Реакция получения метановой кислоты:

$H_2CO + 2\ [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow HCOOH + 2Ag + 2\ NH_3 + H_2O$ 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 5.

Металл Х реагирует при нагревании с газом У с образованием двух бинарных соединений А и Б. Массовая доля металла в соединении А равна ω=81,08 %, в соединении Б ω=95,24 %. Полученный твёрдый продукт разделили на две равные части. Первую часть растворили без остатка в растворе соляной кислоты. Выделилось 6,72 л (н.у.) газа С без запаха. Вторую часть обработали избытком воды, получен белый осадок Д, выделилось 8,96 л смеси газа с резким запахом. Этот газ пропустили над нагретым оксидом меди. Газ после пропускания над медью охладили до 0 ^{0}C. Объём газа Е после приведения к нормальным условиям равен 1,12 л.

Определите вещества, напишите уравнения химических реакций, проведите необходимые расчёты. Определите массу металла X, прореагировавшего с газом У.

Решение.

Анализ газов, выделяющихся при реакции А и Б с соляной кислотой и водой, приводит к выводу, что вторым газом в реакции с водой является аммиак, газ с резким запахом. Его объём равен разности объёмов газов в реакциях с водой и соляной кислотой.

$V(NH_3) = 2,24$ l. $n(NH_3) = 0,1$ mol 1 балл

Газ С - водород. Газ без запаха. $V(H_2)=6,72$ l. $n(H_2)=0,3$ mol 1 балл

Это подтверждается реакцией смеси газов с оксидом меди при нагревании.

$CuO + H_2 = Cu + H_2O$

0,3 mol 0,3 mol

$3\ CuO + 2\ NH_3 = Cu + N_2 + 3\ H_2O$ 1 балл

0,15 mol 0,1 mol 0,05 mol $V(N_2)= 1,12$ l

Соответствует условиям задания.

В состав одного из бинарных соединений входит азот. 1 балл

Металл X - не может быть щелочным, так как при реакции с водой выпадает белый осадок. Вариант X - металл второй группы.

Формула нитрида металла X_3N_2. Определение металла X.

$\omega(X) = 81,08$ %. $\omega(N) = 18,92$ %. $m(N) = 28$. $M(X_3N_2) = 148$.

$M(X) = 40$. X = Ca. 1 балл

А- нитрид кальция. Тогда соединение Б - гидрид кальция.

Массовая доля X в гидриде CaH_2 $\omega(H)=95,24$ %. Соответствует заданию. 1 балл

Реакция металла Ca с образованием нитрида и гидрида возможна с аммиаком.

$6\ Ca + 2\ NH_3 = Ca_3N_2 + 3\ CaH_2$ 1 балл

Реакция А и Б с соляной кислотой.

$Ca_3N_2 + 8\ HCl = 3\ CaCl_2 + 2\ NH_4Cl$

$CaH_2 + 2\ HCl = CaCl_2 + 2\ H_2\uparrow$ $V(H_2)=6,72$ l , $n(H_2)=0,3$ mol

0,15 mol 0,3 mol 1 балл

Реакция А и Б с водой.

$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2\downarrow + 2\ NH_3\uparrow$, $V(NH_3)=2,24$ l, $n(NH_3)=0,1$ mol

0,05 mol 0,1 mol

$CaH_2 + H_2O = Ca(OH)_2\downarrow + H_2\uparrow$ $V(H_2)=6,72$ l, $n(H_2)=0,3$ mol

0,15 mol 0,3 mol $\sum V=8,96$ l. 1 балл

Суммарное количество гидрида и нитрида кальция, полученное в реакции кальция и аммика равно $n(CaH_2)=0,3$моль, $n(Ca_3N_2)=0,1$моль. Количество кальция в этих соединениях равно $n(Ca)=0,6$ моль. Масса кальция $m=24$ г. 1 балл

Итого 10 баллов

Задания и решения ОХО . 10 кл. Очн. тур. 2017/2018 уч. год. Вар.2.

Задание 1.

Раствор двух газов А и В имеет плотность 1,241 г/л (н,у.). Количество электронов в молекулах А и В такое же, как в молекуле кислорода. 4,48 л (н.у.) газовой смеси А и В сожгли в кислороде. На реакцию горения затрачено 13,44 л (н.у.) кислорода. Получены продукты сгорания: С – белый порошок массой 6,96 г, Д – бесцветная жидкость с аномальными свойствами массой 9,0 г, Е – бесцветный газ, объёмом 4,48 л (н. у.). При пропускании газа Е через избыток известковой воды выпал осадок массой 20,0 г.

Такую же по объёму смесь этих газов пропустили через воду. Объём газа после пропускания через раствор увеличился до 15,68 л (н.у.). Продуктом реакции получена слабая малорастворимая формально трёхосновная неорганическая кислота.

Смесь газов А и В такого же состава объёмом 4,48 л (н.у.) прореагировала с 26,88 л (н.у.) фтора. Суммарный объём газов после реакции не изменился. Часть продуктов реакции И и Л поглотилась при пропускании через раствор КОН, масса раствора 200 г, массовая концентрация 28,0 %. В результате реакции получено две соли: средняя соль М и комплексная соль Ф с массовой долей калия 31,0 %. Объём непоглотившегося газа Т равен 4,48 л (н.у.). Массовая доля углерода в соединении Т равна 13,64 %.

Определите формулы всех веществ. Напишите уравнения всех реакций. Проведите все необходимые расчёты.

Решение.

Количество газа $n_A + n_B = 0,2$ моль. Масса газа 5,56 г.

Средняя молярная масса газа 1,241×22,4=27,8 г/моль. 1 балл

Д=H_2O. Аномальная жидкость. Масса воды 9,0 г. n(H_2O)=0,5 mol.

n(H)=1,0 mol, m(H)= 1,0 g. 1 балл

E=CO_2. При пропускании через известковую воду выпадает карбонат кальция.

$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$

0,2 моль 0,2 моль. m($CaCO_3$) = 20,0 g. 1 балл

Это подтверждает наличие углекислого газа в продуктах реакции. Количество углерода 0,2 моль.

Масса углерода в исходной смеси 12×0,2=2,4 г.

Масса третьего элемента в газовой смеси равна 5,56-1,0-2,4 = 2,16 г.

Количество электронов в молекуле O_2 равно 16.

Такое же количество электронов в молекуле C_2H_4 - этилене.

Пусть газ В -этилен C_2H_4. Количество 0,1 моль. Масса 2,8 г. 1 балл

Тогда газ А- количество 0,1 моль. Масса 5,56-2,8 = 2,76 г.

Молярная масса вещества А M_A= 27,6 г.

Количество электронов в молекуле А - 16 электронов.

Этим условиям соответствует диборан B_2H_6. 1 балл

Реакции горения:

$C_2H_4 + 3\ O_2 = 2\ CO_2 + 2\ H_2O$

0,1моль 0,3 0,1 моль

$B_2H_6 + 3\ O_2 = B_2O_3 + 3\ H_2O$

0,1 0,3 0,1 mol $m(B_2O_3)= 69,6\times0,1=6,96$ g. 1 балл

Объём кислорода $V= 22,4\times0,6=13,44$ л.

Реакция газа с водой.

$B_2H_6 + 6\ H_2O = 2\ H_3BO_3 + 6\ H_2\uparrow$

0,1 0,2 0,6 моль

Этилен с водой без катализатора не реагирует. Поэтому объём газа после пропускания через воду равен $22,4\times0,7=15,68$ л. 1 балл

Реакция с фтором.

$C_2H_4 + 6\ F_2 = 2\ CF_4 + 4\ HF$

0,1 0,6 0,2 0,4 моль

$B_2H_6 + 6\ F_2 = 2\ BF_3 + 6\ HF$ Суммарный объём фтора 26,88 л.

0,1 0,6 0,2 0,6 Количество HF 1,0 mol. 1 балл

При пропускании через раствор KOH не поглощается тетрафторметан - газ Т. Объём его 4,48 л. Массовая доля углерода в тетрафторметане равна 13,63 %.

$BF_3 + HF + KOH = K[BF_4] + H_2O$ 1 балл

0,2 0,2 0,2 0,2

Массовая доля калия в тетрафторборате калия равна 31,0 %.

$HF + KOH = KF + H_2O$

0,8 0,8 0,8

Общий расход KOH на две реакции 1,0 моль.

Раствор KOH 200 г концентрации 28,0 % содержит 56,0 г гидроксида, количество 1,0 моль. Реакция прошла в эквивалентных количествах. 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 2.

Газовая смесь этана и этина объёмом 2,24 л (н.у.) была смешана с равным объёмом водорода и пропущена над катализатором при нагревании. Объём газа после гидрирования равен 2,24 л (н.у.). После пропускания этого газа через бромную воду его объём не изменился. Определите количественный состав исходной смеси. (% масс.).

Предложите способ разделения исходной газовой смеси.

Напишите реакции получения уксусной, пропановой, молочной, щавелевой кислот из этина.

Решение.

Количество смеси газов 0,1 моль.

Количество водорода 0,1 моль. 1 балл

Реакция водорода с этином:

$C_2H_2 + 2\ H_2 \rightarrow C_2H_6$

0,05 моль 0,1 моль 0,05 моль

Состав исходной смеси 0,05 моль C_2H_2 + 0,05 моль C_2H_6.

Масса исходной смеси m = 30 ×0,05 + 26×0,05 = 2,8 г.

$\omega(C_2H_6)$ = 53,6 %. $\omega(C_2H_2)$ = 46,4 %. 1 балл

Разделение смеси возможно пропусканием через раствор $[Ag(NH_3)_2]OH$.

$HC{\equiv}CH + 2\ [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow AgC{\equiv}CAg\downarrow + 4\ NH_3 + 2\ H_2O$

Выпавший осадок далее разложить действием соляной кислоты.

$AgC{\equiv}CAg + 2\ HCl \rightarrow HC{\equiv}CH\uparrow + 2\ AgCl$ 1 балл

Получение уксусной кислоты.

$$HC{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+}} CH_3CHO$$

$CH_3CHO + 2\ [Ag(NH_3)_2OH] \rightarrow CH_3COOH + 2\ Ag + 4\ NH_3\uparrow + H_2O$

1 балл

Получение пропановой кислоты.

$HC{\equiv}CH + H_2 \rightarrow CH_2{=}CH_2$

$CH_2{=}CH_2 + HCN \longrightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}CN$

$CH_3CH_2CN + H_2O \longrightarrow CH_3CH_2COOH$ 2 балла

Получение молочной кислоты.

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH + Cl_2 \xrightarrow{P_{красный}} CH_3CHClCOOH + HCl$$

$CH_3\text{-}CHCl\text{-}COOH + H_2O \rightarrow CH_3\text{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}\text{-}COOH + HCl$. молочная к-та

2 балла

Получение щавелевой кислоты.

$3\ HC{\equiv}CH + 8\ KMnO_4 \rightarrow 3\ K_2C_2O_4 + 8\ MnO_2 + 2\ KOH + 2\ H_2O$

$K_2C_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow H_2C_2O_4 + K_2SO_4$ 2 балла

Итого 10 баллов

Задание 3.

Большинство элементов в природе имеет несколько изотопов с различным содержанием. Атомные проценты изотопов элементов образующих воду представлены в таблице.

Таблица 1.

Изотоп	^{1}H	^{2}H=D	^{16}O	^{17}O	^{18}O
%, атомные	99,985	0,015	99,76	0,048	0,192

Напишите все возможные комбинации сочетания изотопов в молекулах воды. Сколько таких сочетаний возможно?

Укажите возможные молекулярные массы молекул воды и как они реализуются?

Какую воду принято называть тяжёлой? Оцените соотношение между количеством молекул лёгкой воды и тяжёлой воды, если принять, что весь дейтерий находится в молекуле D_2O.

Как в технике получают тяжёлую воду?

Где применяется тяжёлая вода?

Вычислите плотность паров тяжёлой воды при температуре 150 ^{0}C и давлении 101 300 Па.

Рассчитайте количество молекул воды с относительной молекулярной массой M=21 в 1 литре обычной воды, а также их массу.

Решение.

Возможные варианты изотопного состава молекул воды.

M_R	Изотопный состав	
18	$H_2{}^{16}O$	
19	$HD^{16}O$, $H_2{}^{17}O$	1 балл
20	$D_2{}^{16}O$, $HD^{17}O$, H_2O	1 балл
21	$HD^{18}O$, $D_2{}^{17}O$	
22	$D_2{}^{18}O$	1 балл

Всего существует девять вариантов молекул воды.

За три изотопных формулы 1 балл.

Тяжёлая вода -D_2O. Если принять, что дейтерий находится только в молекулах D_2O, то соотношение $H_2O:D_2O$ = 99,985:0,015=6666:1. 1 балл

Получают тяжёлую воду электролизом природной воды. Молекулы лёгкой воды разлагаются под действием электрического тока легче чем молекулы тяжёлой, так как связь D-O прочнее связи H-O. Тяжёлая вода накапливается в электролизёре. 1 балл

Тяжёлая вода используется в научных исследованиях, в ядерной энергетике. 1 балл

Уравнение Менделеева-Клапейрона для индивидуального вещества

$PV= nRT =(m/M)RT$. $P=(\rho/M)RT$. $\rho=PM/RT$.

$\rho= (101300\times0,020)/8,314\times423=0,576$ кг/м^3=0,576 г/л. 1 балл

Расчёт количества молекул $HD^{18}O$ и $D_2{}^{17}O$ в 1 литре воды.

Принимая плотность воды 1,0 г/см^3 , имеем массу воды 1 000 г. Количество воды 1000:18=55,556 моль. Молекул воды $N=6,02\times10^{23}\times55,556=3,34\times10^{25}$ молекул. 1 балл

Если принять, что все сочетания изотопов в молекулах пропорциональны атомным процентам в природной воде, то доля молекул с молекулярной массой M=21 будет равна:

$HD^{18}O$ $X_1= 0,99985\times0,00015\times0,00192= 2,88\times10^{-7}$

Число молекул $HD^{18}O$ $N=3,34\times10^{25}\times2,88\times10^{-7} = 9,61\times10^{18}$ молекул.

Количество $9,61\times10^{18}$: $6,02\times10^{23}=1,6\times10^{-5}$ моль.

Масса $HD^{18}O$ молекул $m=21\times1,6\times10^{-5}=3,36\times10^{-4}$ г. 1 балл

$D_2{}^{17}O$ $X_2= (0,00015)^2\times0,00048= 1,08\times10^{-11}$

Число молекул $D_2{}^{17}O$ N=3,34×10^{25}×1,08×10^{-11} = 3,6×10^{14} молекул.
Количество 3,6×10^{14}: 6,02×10^{23}=6,0×10^{-10} моль.
Масса $D_2{}^{17}O$ молекул m=21×6.0×10^{-10} =1,26×10^{-8} г. 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 4.

Одним из методов получения этина является высокотемпературный пиролиз метана при 1500 ^{0}C. Реакция эндотермическая, поэтому часть метана сжигают в кислороде и теплота реакции поддерживает постоянной температуру в реакторе. Определите состав идеальной газовой смеси метан+кислород, в которой будет сохраняться тепловой баланс, количество теплоты сгорания метана будет равняться затраченной теплоте в реакции пиролиза. Для расчёта использовать значения энергий химических связей в молекулах газов, приведённых в таблице. Энергия химической связи есть энергия, которая выделяется при образовании связи между газообразными атомами (экзотермический процесс), или затрачивается на полный разрыв химической связи в молекуле (эндотермический процесс).

Таблица.

Связь	C-H	H-O	H-H	O=O	C=O	C≡C
$E_{св.}$, кДж/моль	412	462	432	498	745	838

Теплоту сгорания 1 моль метана принять 800 кДж/ моль.

Тепловые эффекты реакций для упрощения расчётов округлить до десятка кДж. Считать потери тепла в окружающую среду пренебрежимо малыми.

Какой будет мольный состав продуктов реакции, если считать реакции протекающими со стопроцентным выходом? Как разделить продукты реакции на отдельные вещества?

Оцените влияние температуры и давления на равновесие реакции пиролиза метана?

Приведите реакции получения этилового эфира бензойной кислоты, используя этин и неорганические вещества.

Решение.

Реакция пиролиза метана.

$2\ CH_4 \rightarrow H\text{-}C{\equiv}C\text{-}H + 3\ H_2 - 340$ кДж (1) 1 балл

Q = -8 E(C-H) + 2 E(C-H) + E(C≡C) + 3 E(H-H)

Q = -8×412 +2×412 + 838 + 3×432 = -338 ≈-340 кДж/ моль. 1 балл

$CH_4 + 2\ O_2 = CO_2 + 2\ H_2O + 800$ кДж (2)

Для сохранения теплового баланса соотношение количеств метана, вступающих в реакция (1) и (2) должно 2,35:1. 1 балл

Соответственно, состав исходной газовой смеси:

$4{,}70\ CH_4 + CH_4 + 2\ O_2 == 5{,}7\ CH_4 + 2\ O_2$

Отношение объёмов газов $CH_4 : O_2 = 5{,}7 : 2$

Состав продуктов реакции:

$2{,}35\ C_2H_2 + 7{,}05\ H_2 + 2\ CO_2 + 4\ H_2O$ 1 балл

Удалить воду и углекислый газ из смеси можно пропусканием через известковую воду, или охлаждением. Ацетилен можно поглотить ацетоном при давлении 1,24 МПа. 1 балл

Повышение температуры эндотермической реакции получения синтез газа смещает равновесие в сторону продуктов реакции. Повышение давления смещает равновесие в сторону исходных веществ, так как в результате реакции увеличивается число газообразных молекул. 1 балл

Реакции получения этилового эфира бензойной кислоты:

$3\ C_2H_2 \xrightarrow[Ni]{t,\ графит.} C_6H_6$ 1 балл

$C_2H_2 + H_2 \xrightarrow[AlCl_3]{} C_2H_4$ 0,5 балла

$C_6H_6 + C_2H_4 \longrightarrow C_6H_5C_2H_5$ 0,5 балла

$5\ C_6H_5C_2H_5 + 12\ KMnO_4 + 18\ H_2SO_4 \rightarrow$

$\rightarrow 5\ C_6H_5COOH + 5\ CO_2\uparrow + 12\ MnSO_4 + 6\ K_2SO_4 + 28\ H_2O$ 1 балл

$C_2H_4 + H_2O \xrightarrow[H^+]{} C_2H_5OH$ 0,5 балла

$C_6H_5COOH + C_2H_5OH \xrightarrow[H_2SO_4]{} C_6H_5COOC_2H_5 + H_2O$ 0,5 балла

Итого 10 баллов

Задание 5.

Металл Х реагирует при нагревании с газом У с образованием двух бинарных соединений А и Б. Массовая доля металла в соединении А равна ω=72,25 %, в соединении Б ω=92,40 %. Полученный твёрдый продукт разделили на две равные части. Первую часть растворили без остатка в растворе соляной кислоты. Выделилось 6,72 л (н.у.) газа С без запаха. Вторую часть обработали избытком воды, получен белый осадок Д, выделилось 8,96 л смеси газа с резким запахом. Этот газ пропустили над нагретым оксидом меди. Газ после пропускания над медью охладили до 0 ^{0}С. Объём газа Е после приведения к нормальным условиям равен 1,12 л.

Определите вещества, напишите уравнения химических реакций, проведите необходимые расчёты. Определите массу металла Х, прореагировавшего с газом У.

Решение.

Анализ газов, выделяющихся при реакции А и Б с соляной кислотой и водой, приводит к выводу, что вторым газом в реакции с водой является аммиак, газ с резким запахом. Его объём равен разности объёмов газов в реакциях с водой и соляной кислотой.

$V(NH_3) = 2,24$ l. $n(NH_3) = 0,1$ mol 1 балл

Газ С - водород. Газ без запаха. $V(H_2)=6,72$ l. $n(H_2)=0,3$ mol 1 балл

Это подтверждается реакцией смеси газов с оксидом меди при нагревании.

$CuO + H_2 = Cu + H_2O$

0,3 mol 0,3 mol

$3\ CuO + 2\ NH_3 = Cu + N_2 + 3\ H_2O$ 1 балл

0,15 mol 0,1 mol 0,05 mol $V(N_2)= 1,12$ l

Соответствует условиям задания.

В состав одного из бинарных соединений входит азот. 1 балл

Металл Х - не может быть щелочным, так как при реакции с водой выпадает белый осадок. Вариант Х - металл второй группы.

Формула нитрида металла X_3N_2. Определение металла Х.

$\omega(X) = 72,25$ %. $\omega(N) = 27,75$ %. $m(N) = 28$. $M(X_3N_2) = 100,9$.

$M(X) = 24,3$. X = Mg. 1 балл

А- нитрид магния. Тогда соединение Б - гидрид магния.

Массовая доля Х в гидриде MgH_2 $\omega(Mg)=92,4$ %. Соответствует заданию. 1 балл

Реакция металла Mg с образованием нитрида и гидрида возможна с аммиаком.

$6\ Mg + 2\ NH_3 = Mg_3N_2 + 3\ MgH_2$ 1 балл

Реакция А и Б с соляной кислотой.

$Mg_3N_2 + 8\ HCl = 3\ MgCl_2 + 2\ NH_4Cl$

$MgH_2 + 2\ HCl = MgCl_2 + 2\ H_2\uparrow$ $V(H_2)=6,72$ l , $n(H_2)=0,3$ mol

0,15 mol 0,3 mol 1 балл

Реакция А и Б с водой.

$Mg_3N_2+6H_2O= 3Mg(OH)_2\downarrow + 2\ NH_3\uparrow$, $V(NH_3)=2,24$ l, $n(NH_3)=0,1$ mol

0,05 mol 0,1 mol

$MgH_2 + H_2O = Mg(OH)_2\downarrow + H_2\uparrow$ $V(H_2)=6,72$ l, $n(H_2)=0,3$ mol

0,15 mol 0,3 mol $\sum V=8,96$ l. 1 балл

Суммарное количество гидрида и нитрида магния, полученное в реакции магния и аммиака равно $n(MgH_2)=0,3$моль, $n(Mg_3N_2)=0,1$моль. Количество магния в этих соединениях равно $n(Mg)=0,6$ моль. Масса магния $m=14,58$ г. 1 балл

Итого 10 баллов