

ВАРИАНТ 1.

Задание 1.

Раствор двух газов А и В, объемом 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, объемом 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.

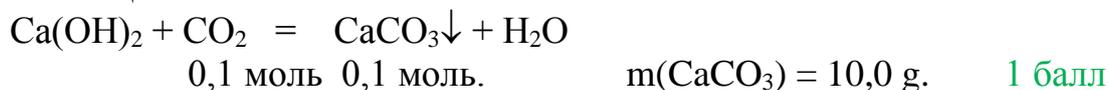
Количество газа $n_A + n_B = 0,2$ моль. Масса газа 4,800 г.

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

Д=H₂O. Аномальная жидкость. Масса воды 7,2 г. $n(\text{H}_2\text{O})=0,4$ mol.

$n(\text{H})=0,8$ mol, $m(\text{H})= 0,8$ g. 1 балл

Е=CO₂. При пропускании через известковую воду выпадает карбонат кальция.



Это подтверждает наличие углекислого газа в продуктах реакции.

Масса углерода в исходной смеси $12 \times 0,1 = 1,2$ г.

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

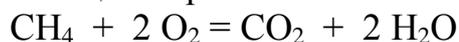
Пусть газ В -метан CH₄. Количество 0,1 моль. Масса 1,6 г. 1 балл

Тогда газ А-силан SiH₄. Количество 0,1 моль. Масса 3,2 г. 1 балл

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

$M_{\text{ср}} = (16 + 32) : 2 = 24$ г/моль.

Реакции горения:



0,1 моль 0,1 моль

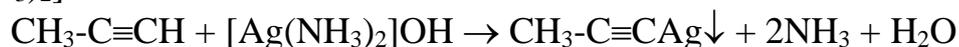


Масса исходной смеси $m = 44 \times 0,05 + 40 \times 0,05 = 4,2$ г.

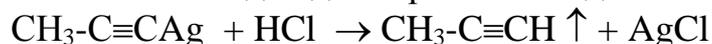
$\omega(\text{C}_3\text{H}_8) = 52,4\%$. $\omega(\text{C}_3\text{H}_4) = 47,6\%$.

1 балл

Разделение смеси возможно пропусканием через раствор $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$.



Выпавший осадок далее разложить действием соляной кислоты.



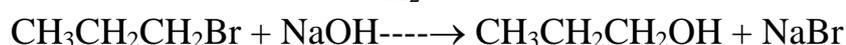
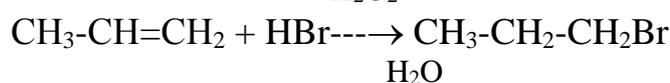
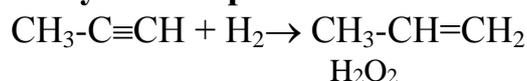
1 балл

Получение уксусной кислоты.



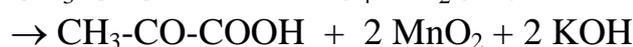
1 балл

Получение пропановой кислоты.

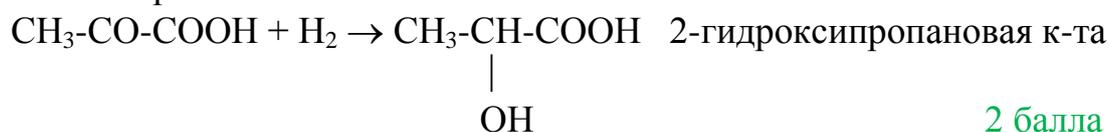


2 балла

Получение молочной кислоты.

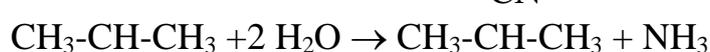
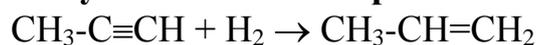


2-оксопропановая к-та



2 балла

Получение 2-метилпропановой кислоты.



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	^1H	$^2\text{H}=\text{D}$	^{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 $0^\circ C$? 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 $\rho_{ж} = 1,0 \times (20:18) = 1,111 \text{ г/см}^3$, $\rho_{тв} = 0,9 \times (20:18) = 1,0 \text{ г/см}^3$. 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 $1,0 \text{ г/см}^3$, имеем массу воды 1 000 г. Количество воды $1000:18 = 55,556$ моль. Молекул воды $N = 6,02 \times 10^{23} \times 55,556 = 3,34 \times 10^{25}$ 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:

$$X = (0,00015)^2 \times 0,00192 = 4,32 \times 10^{-11} \quad \text{1 балл}$$

Число молекул $D_2^{18}O$ $N = 3,34 \times 10^{25} \times 4,32 \times 10^{-11} = 1,443 \times 10^{15}$ молекул.

Количество $1,443 \times 10^{15} : 6,02 \times 10^{23} = 2,4 \times 10^{-9}$ моль.

Масса самых тяжёлых молекул $m = 22 \times 2,4 \times 10^{-9} = 5,27 \times 10^{-8}$ г. 1 балл

Итого 10 баллов

Задание 4.

Одним из методов получения метанола является каталитическая реакция угарного газа с водородом, протекающая при 250°C и повышенном давлении 50 атм. В этой реакции используется синтез газ, получаемый при пропускании при 800°C 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-N	H-O	$C \equiv O(CO)$	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, метанала, метановой кислоты, используя синтез газ.

Решение.

Реакция получения синтез газа.



$$Q = -4 E(\text{C-H}) - 2 E(\text{O-H}) + E(\text{C}\equiv\text{O}) + 3 E(\text{H-H})$$

$$Q = -4 \times 412 - 2 \times 462 + 1076 + 3 \times 432 = -200 \text{ кДж/ моль.} \quad 1 \text{ балл}$$

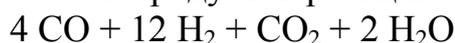


Для сохранения теплового баланса соотношение количеств метана, вступающих в реакция (1) и (2) должно 4:1. 1 балл

Соответственно, состав исходной газовой смеси:



Состав продуктов реакции:



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



Состав продуктов реакции при идеальном отношении реагентов:



Удалить углекислый газ из смеси можно пропуская через известковую воду, или охлаждением до -80°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:

t, p, катал.



Реакция получения метаноля:



1 балл

Реакция получения метановой кислоты:



Итого 10 баллов

Задание 5.

Металл X реагирует при нагревании с газом Y с образованием двух бинарных соединений А и Б. Массовая доля металла в соединении А равна $\omega=81,08\%$, в соединении Б $\omega=95,24\%$. 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°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.

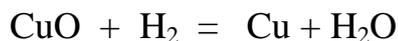
Решение.

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.

$$V(\text{NH}_3) = 2,24 \text{ л. } n(\text{NH}_3) = 0,1 \text{ mol} \quad 1 \text{ балл}$$

$$\text{Газ С - водород. Газ без запаха. } V(\text{H}_2) = 6,72 \text{ л. } n(\text{H}_2) = 0,3 \text{ mol} \quad 1 \text{ балл}$$

Это подтверждается реакцией смеси газов с оксидом меди при нагревании.



$$0,3 \text{ mol} \quad 0,3 \text{ mol}$$



$$0,15 \text{ mol} \quad 0,1 \text{ mol} \quad 0,05 \text{ mol} \quad V(\text{N}_2) = 1,12 \text{ л}$$

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.

$$\omega(\text{X}) = 81,08 \%. \quad \omega(\text{N}) = 18,92 \%. \quad m(\text{N}) = 28. \quad M(\text{X}_3\text{N}_2) = 148.$$

$$M(\text{X}) = 40. \quad \text{X} = \text{Ca}. \quad 1 \text{ балл}$$

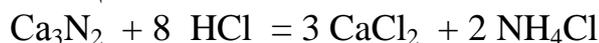
A- нитрид кальция. Тогда соединение Б - гидрид кальция.

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

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

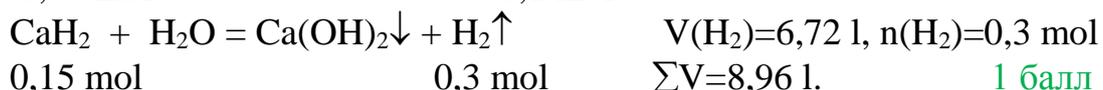
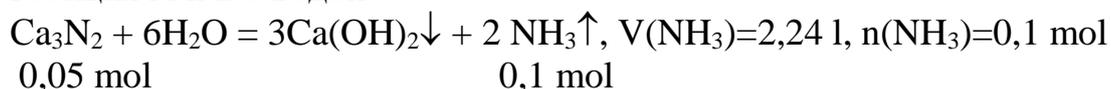


Реакция А и Б с соляной кислотой.



$$0,15 \text{ mol} \quad 0,3 \text{ mol} \quad 1 \text{ балл}$$

Реакция А и Б с водой.



$$0,15 \text{ mol} \quad 0,3 \text{ mol} \quad \Sigma V = 8,96 \text{ л.} \quad 1 \text{ балл}$$

Суммарное количество гидрида и нитрида кальция, полученное в реакции кальция и аммиака равно $n(\text{CaH}_2) = 0,3 \text{ моль}$, $n(\text{Ca}_3\text{N}_2) = 0,1 \text{ моль}$. Количество кальция в этих соединениях равно $n(\text{Ca}) = 0,6 \text{ моль}$. Масса кальция $m = 24 \text{ г}$. 1 балл

Итого 10 баллов

ВАРИАНТ 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, объемом 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.

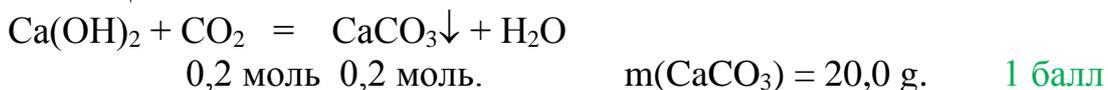
Количество газа $n_A + n_B = 0,2$ моль. Масса газа 5,56 г.

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

Д=H₂O. Аномальная жидкость. Масса воды 9,0 г. $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5$ mol.

$n(\text{H}) = 1,0$ mol, $m(\text{H}) = 1,0$ g. 1 балл

Е=CO₂. При пропускании через известковую воду выпадает карбонат кальция.



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

Масса углерода в исходной смеси $12 \times 0,2 = 2,4$ г.

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

Количество электронов в молекуле O₂ равно 16.

Такое же количество электронов в молекуле C₂H₄ - этилене.

Пусть газ В - этилен C₂H₄. Количество 0,1 моль. Масса 2,8 г. 1 балл

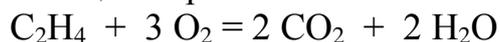
Тогда газ А - количество 0,1 моль. Масса $5,56 - 2,8 = 2,76$ г.

Молярная масса вещества А $M_A = 27,6$ г.

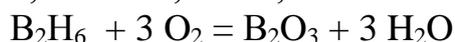
Количество электронов в молекуле А - 16 электронов.

Этим условиям соответствует диборан B₂H₆. 1 балл

Реакции горения:



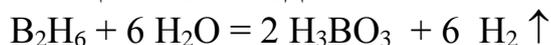
0,1 моль 0,3 0,1 моль



0,1 0,3 0,1 mol $m(\text{B}_2\text{O}_3) = 69,6 \times 0,1 = 6,96 \text{ g.}$ 1 балл

Объём кислорода $V = 22,4 \times 0,6 = 13,44 \text{ л.}$

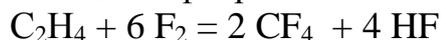
Реакция газа с водой.



0,1 0,2 0,6 моль

Этилен с водой без катализатора не реагирует. Поэтому объём газа после пропускания через воду равен $22,4 \times 0,7 = 15,68 \text{ л.}$ 1 балл

Реакция с фтором.



0,1 0,6 0,2 0,4 моль



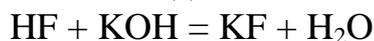
0,1 0,6 0,2 0,6 Количество HF 1,0 mol. 1 балл

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



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

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



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.

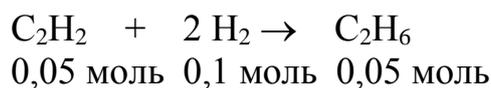
Решение.

Количество смеси газов 0,1 моль.

Количество водорода 0,1 моль.

1 балл

Реакция водорода с этином:



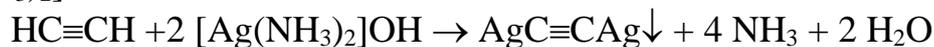
Состав исходной смеси 0,05 моль C_2H_2 + 0,05 моль C_2H_6 .

Масса исходной смеси $m = 30 \times 0,05 + 26 \times 0,05 = 2,8$ г.

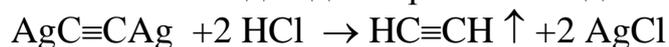
$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 53,6 \%$. $\omega(\text{C}_2\text{H}_2) = 46,4 \%$.

1 балл

Разделение смеси возможно пропусканием через раствор $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$.



Выпавший осадок далее разложить действием соляной кислоты.



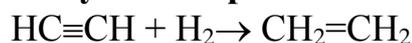
1 балл

Получение уксусной кислоты.



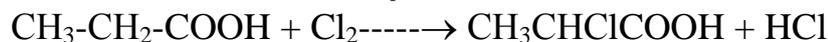
1 балл

Получение пропановой кислоты.



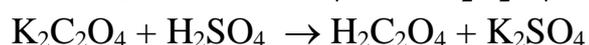
2 балла

Получение молочной кислоты.



2 балла

Получение щавелевой кислоты.



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	^1H	$^2\text{H}=\text{D}$	^{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 $150\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $101\,300\text{ Па}$.

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	
23	$H_2^{16}O$	
24	$HD^{16}O$, $H_2^{17}O$	1 балл
25	$D_2^{16}O$, $HD^{17}O$, H_2O	1 балл
26	$HD^{18}O$, $D_2^{17}O$	
27	$D_2^{18}O$	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 $PV = nRT = (m/M)RT$. $P = (\rho/M)RT$. $\rho = PM/RT$.

$\rho = (101300 \times 0,020) / (8,314 \times 423) = 0,576\text{ кг/м}^3 = 0,576\text{ г/л}$.

1 балл

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

Принимая плотность воды $1,0\text{ г/см}^3$, имеем массу воды $1\,000\text{ г}$. Количество воды $1000:18=55,556$ моль. Молекул воды $N = 6,02 \times 10^{23} \times 55,556 = 3,34 \times 10^{25}$ 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:

$HD^{18}O$ $X_1 = 0,99985 \times 0,00015 \times 0,00192 = 2,88 \times 10^{-7}$

Число молекул $HD^{18}O$ $N = 3,34 \times 10^{25} \times 2,88 \times 10^{-7} = 9,61 \times 10^{18}$ молекул.

Количество $9,61 \times 10^{18} : 6,02 \times 10^{23} = 1,6 \times 10^{-5}$ моль.

Масса $HD^{18}O$ молекул $m = 21 \times 1,6 \times 10^{-5} = 3,36 \times 10^{-4}\text{ г}$.

1 балл

$D_2^{17}O$ $X_2 = (0,00015)^2 \times 0,00048 = 1,08 \times 10^{-11}$

Число молекул $D_2^{17}O$ $N=3,34 \times 10^{25} \times 1,08 \times 10^{-11} = 3,6 \times 10^{14}$ молекул.

Количество $3,6 \times 10^{14} : 6,02 \times 10^{23} = 6,0 \times 10^{-10}$ моль.

Масса $D_2^{17}O$ молекул $m=21 \times 6,0 \times 10^{-10} = 1,26 \times 10^{-8}$ г.

1 балл

Итого 10 баллов

Задание 4.

Одним из методов получения этина является высокотемпературный пиролиз метана при $1500^\circ C$. 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-N	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.

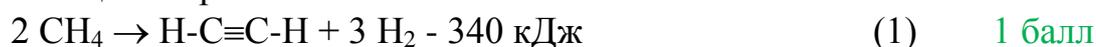
Какой будет мольный состав продуктов реакции, если считать реакции протекающими со стопроцентным выходом? Как разделить продукты реакции на отдельные вещества?

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.



$$Q = -8 E(C-H) + 2 E(C-H) + E(C \equiv C) + 3 E(H-H)$$

$$Q = -8 \times 412 + 2 \times 412 + 838 + 3 \times 432 = -338 \approx -340 \text{ кДж/ моль.} \quad 1 \text{ балл}$$



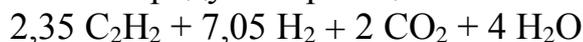
Для сохранения теплового баланса соотношение количеств метана, вступающих в реакция (1) и (2) должно 2,35:1. 1 балл

Соответственно, состав исходной газовой смеси:



Отношение объёмов газов $\text{CH}_4 : \text{O}_2 = 5,7 : 2$

Состав продуктов реакции:



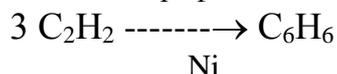
1 балл

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

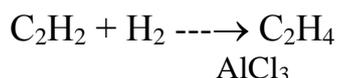
Повышение температуры эндотермической реакции получения синтез газа смещает равновесие в сторону продуктов реакции. Повышение давления смещает равновесие в сторону исходных веществ, так как в результате реакции увеличивается число газообразных молекул. 1 балл

Реакции получения этилового эфира бензойной кислоты:

t, графит.



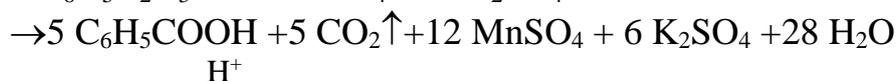
1 балл



0,5 балла



0,5 балла



1 балл



0,5 балла

H_2SO_4



0,5 балла

Итого 10 баллов

Задание 5.

Металл X реагирует при нагревании с газом У с образованием двух бинарных соединений А и Б. Массовая доля металла в соединении А равна $\omega=72,25 \%$, в соединении Б $\omega=92,40 \%$. 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°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.

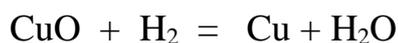
Решение.

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 объем равен разности объемов газов в реакциях с водой и соляной кислотой.

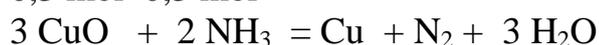
$$V(\text{NH}_3) = 2,24 \text{ л. } n(\text{NH}_3) = 0,1 \text{ mol} \quad 1 \text{ балл}$$

$$\text{Газ С - водород. Газ без запаха. } V(\text{H}_2) = 6,72 \text{ л. } n(\text{H}_2) = 0,3 \text{ mol} \quad 1 \text{ балл}$$

Это подтверждается реакцией смеси газов с оксидом меди при нагревании.



$$0,3 \text{ mol} \quad 0,3 \text{ mol}$$



$$0,15 \text{ mol} \quad 0,1 \text{ mol} \quad 0,05 \text{ mol} \quad V(\text{N}_2) = 1,12 \text{ л} \quad 1 \text{ балл}$$

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.

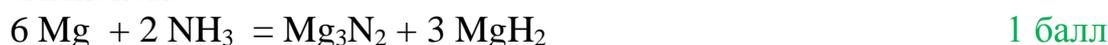
$$\omega(\text{X}) = 72,25 \%. \quad \omega(\text{N}) = 27,75 \%. \quad m(\text{N}) = 28. \quad M(\text{X}_3\text{N}_2) = 100,9 .$$

$$M(\text{X}) = 24,3. \quad \text{X} = \text{Mg}. \quad 1 \text{ балл}$$

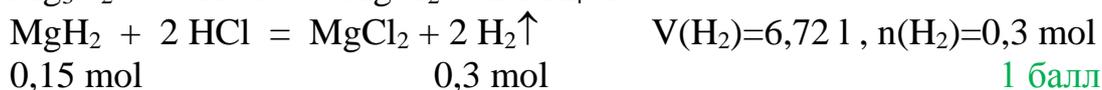
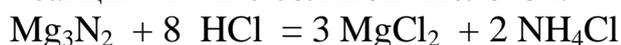
В- нитрид магния. Тогда соединение Б - гидрид магния.

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

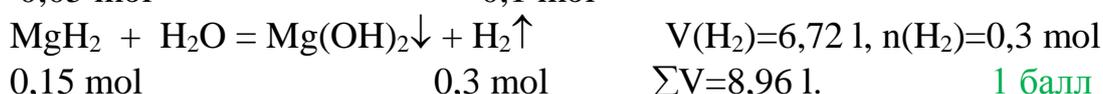
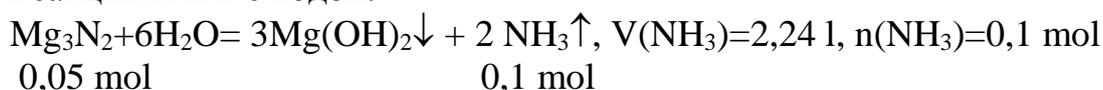
Реакция металла Mg с образованием нитрида и гидрида возможна с аммиаком.



Реакция А и Б с соляной кислотой.



Реакция А и Б с водой.



Суммарное количество гидрида и нитрида магния, полученное в реакции магния и аммиака равно $n(\text{MgH}_2) = 0,3 \text{ моль}$, $n(\text{Mg}_3\text{N}_2) = 0,1 \text{ моль}$. Количество магния в этих соединениях равно $n(\text{Mg}) = 0,6 \text{ моль}$. Масса магния $m = 14,58 \text{ г}$. 1 балл

Итого 10 баллов