

9 класс

Из предложенных шести задач оцениваются пять с наибольшим баллом!

Указания: а) при решении задач используйте значения атомных масс с точностью до целых, кроме хлора ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$) б) в решении задачи обязательно нужно привести необходимые расчеты и рассуждения, ответ без доказательств может быть оценен в 0 баллов

Задача 1.

Для 4 нерадиоактивных атомов Z_1-Z_4 , расположенных в одной подгруппе таблицы Д.И. Менделеева известны все шесть бинарных соединений X_1-X_6 состава АВ, образованных попарно атомами Z_1-Z_4 . Ниже представлена разность электроотрицательностей (по Полингу) между более электроотрицательным и менее электроотрицательными атомами Z_1-Z_4 для соединений X_1-X_6 :

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
$\Delta\text{ЭО}$	1,3	0,2	1,0	0,3	0,5	0,8
Способ получения*	$Y_2 + Y_3$ при -45°C	$Y_1 + Y_4$ в газ. фазе	$Y_1 + Y_2$ в газ. фазе	$Y_1 + Y_3$ при $t_{\text{комн}}$	$Y_3 + Y_4$ при $t_{\text{комн}}$	$Y_2 + Y_4$ при 225°C

* - простые вещества Y_1-Y_4 образованы соответствующими атомами Z_1-Z_4 .

1) В какой группе расположены атомы Z_1-Z_4 ? Приведите обоснование выбора данной группы (укажите конкретный признак или свойство, по которому Вы сделали выбор). Определите все неизвестные зашифрованные вещества X_1-X_6 , Y_1-Y_4 . Обязательно приведите необходимые расчеты и рассуждения для каждого из веществ.

2) Соединение X_3 достаточно легко диспропорционирует при комнатной температуре. Запишите уравнение одной из возможных реакций.

3) X_5 реагирует с водородом с образованием простого вещества и кислоты. Скорость реакции этого процесса описывается уравнением: $r = k \cdot C^a(X_5) \cdot C^b(\text{H}_2)$, где k – константа скорости реакции (она всегда постоянная при данной температуре). В ходе эксперимента были получены следующие данные для начальных скоростей реакций (температура во всех экспериментах была одинаковой):

№	$C_0(X_5)$, ммоль $\cdot$ дм $^{-3}$	$C_0(\text{H}_2)$, ммоль $\cdot$ дм $^{-3}$	r_0 ммоль $\cdot$ дм $^{-3} \cdot$ с $^{-1}$
1	1,5	1,5	$3,7 \cdot 10^{-7}$
2	3,0	1,5	$7,4 \cdot 10^{-7}$
3	3,0	4,5	$22,2 \cdot 10^{-7}$
4	4,7	2,7	?

Рассчитайте параметры k , a , b и рассчитайте скорость реакции в 4-ом эксперименте. Обязательно приведите промежуточные вычисления.

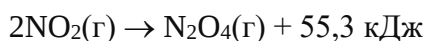
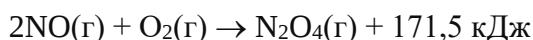
Задача 2.

Поскольку кислород для процессов горения обычно поступает из воздуха, в соответствующую камеру сгорания неизбежно попадает и азот. В связи с этим за счет высоких давлений и температуры в камере возможно образование небольших количеств оксида азота (II). Как известно, оксиды азота являются загрязнителями окружающей среды, поэтому предпринимаются попытки снизить их выбросы, удаляя их из газового потока после сгорания. Для этого используется один из методов — селективное каталитическое восстановление (СКВ), при котором оксид азота при повышенных температурах реагирует с аммиаком, образуя азот.

1) Запишите уравнение реакции каталитического восстановления оксида азота (II).

Реакция проходит быстрее, если в газовом потоке присутствует не только оксид азота, но и диоксид азота.

2) Запишите уравнение реакции каталитического восстановления эквимольной смеси оксида и диоксида азота. Рассчитайте тепловой эффект этой реакции, если известны тепловые эффекты следующих реакций, а теплота образования NO равна -91,3 кДж/моль



Если СКВ используется в транспортных средствах, аммиак производится *in situ* из водного раствора мочевины ((NH₂)₂CO), который впрыскивается в поток выхлопных газов перед тем, как они попадают на катализатор. При этом вода испаряется, а мочевина разлагается в два этапа, на первом из которых образуется изоциановая кислота:



3) Предположим, что топливо с плотностью 0,731 кг/л состоит только из октана (C₈H₁₈), который полностью сгорает в двигателе. Запишите уравнение полного сгорания октана. Примите, что воздух состоит только из азота и кислорода, а выхлопные газы только из N₂, CO₂ и H₂O(г). Рассчитайте количество вещества этих выхлопных газов в расчете на один литр топлива и с учетом того, что реакцию горения проводили в необходимом для полного сгорания октана количестве воздуха.

4) Теперь предположим, что при неизменных количествах азота, углекислого газа и водяного пара в выхлопных газах содержится 1000 ppm (молн. доля) NO_x, при этом NO и NO₂ содержатся в равных молярных долях. Катализатор может снизить содержание NO_x на 80%, используя при этом 32%-ный раствор мочевины (плотность 1,09 кг/л). Рассчитайте объем раствора мочевины, необходимый минимум для 1 л топлива. Пренебрегите объемом водяного пара из раствора мочевины. Если вы не получили результат в пункте 3, рассчитывайте с 300 моль выхлопного газа.

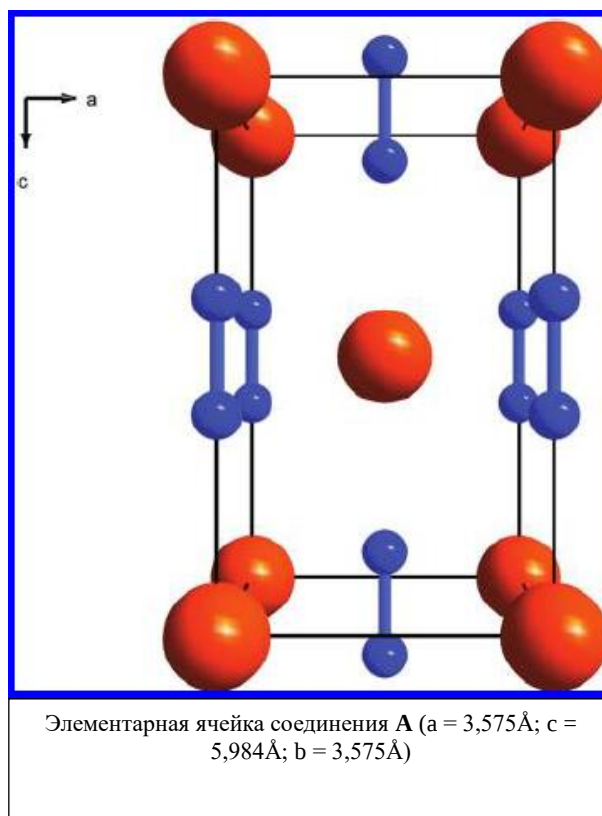
5) Приведите две мезомерные структуры изоцианат-иона.

Справочная информация:

$$1 \text{ ppm} = 10^{-6}$$

Задача 3.

Достаточно необычное соединение **A** было синтезировано в 2011 году по следующей методике: 1,5 г гидроксида металла **B** растворили в 200 мл воды, затем добавили 4,8 г соли **C**, взятой в 4-х кратном избытке и представляющей собой бинарное соединение. После кипячения раствора и выпаривания оставшейся воды получили соль **D**, которую поместили в вакуумный эксикатор с безводным хлоридом кальция. После некоторого времени соль **D** достали из эксикатора и нагрели под давлением в 12 ГПа и при температуре 800 °С, при этом образовалось соединение **A**. Строение элементарной ячейки представлено на рисунке слева (большие шарики – катионы металла, маленькие – неметалла).



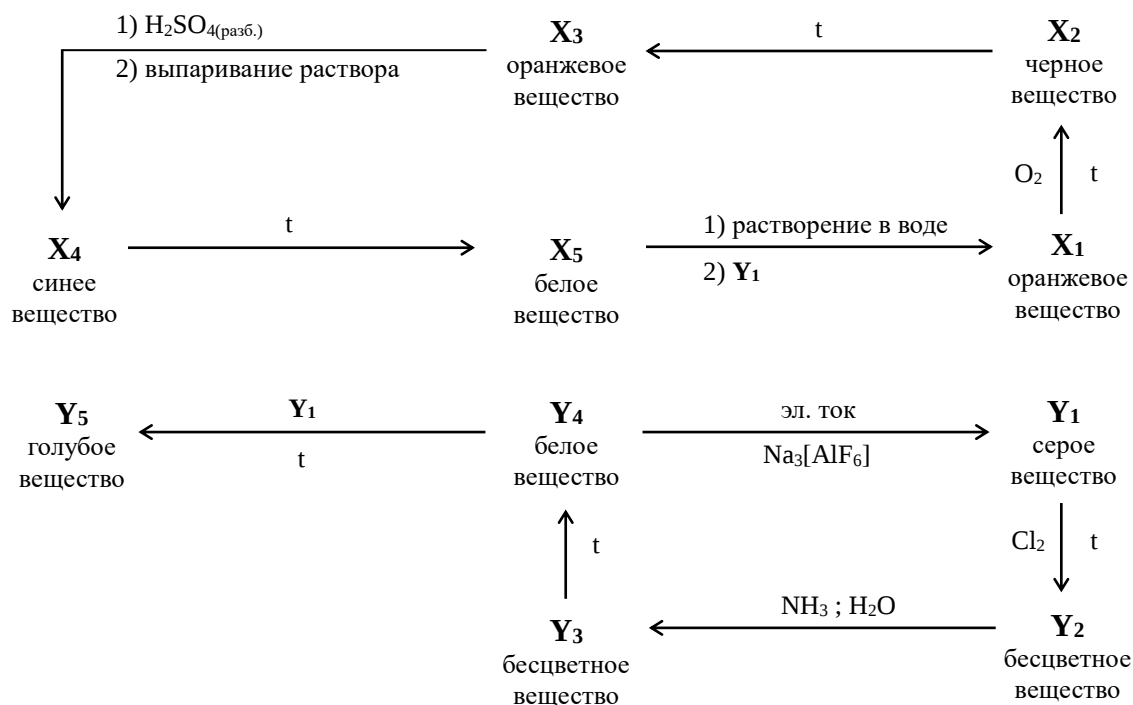
- 1) Рассчитайте число формульных единиц Z , приходящихся на одну элементарную ячейку. Рассчитайте молярную массу соединения **A** если его плотность равна $2,957\text{ г/см}^3$. Определите формулы веществ **A** – **D**. Приведите необходимые расчеты.
- 2) Запишите уравнения описанных в синтезе реакций (2 уравнения)
- 3) Какую функцию выполняет хлорид кальция в описанном эксперименте?
- 4) Изобразите строение аниона, входящего в состав **A**. Какое водородное соединение соответствует этому аниону? Приведите его название.

Справочная информация:

$$1\text{\AA} = 10^{-10}\text{ м}$$

$$V = abc$$

Задача 4. Ниже представлены две цепочки превращений, объединяющие соединения двух элементов, которые играют очень существенную роль в электротехнике для изготовления проводящих материалов.



Известно, что при нагревании X_2 выделяется газ, а вещества X_3 и Y_5 обладают одинаковой стехиометрией. Определите вещества $X_1 - X_5$ и $Y_1 - Y_5$. Напишите уравнения всех реакций.

Задача 5. В U-образную трубку залили водный раствор соли **А**. В одно из колен трубки опустили графитовый катод, в другое колено – графитовый анод, и подали напряжение (*реакция №1*). На катоде выделилась смесь газов (**Б** и **В**) с плотностью 0,53571 г/л (н.у.), объёмная доля более легкого газа **В** составляет 33,33%. На аноде также выделился газ (**Г**). Если смешать все газы, то получится смесь с плотностью 1,1942 г/л (н.у.) и объёмной долей самого легкого газа равной 25,00%.

Газы **Б** и **В** пропустили через воду, при этом образовался раствор №1, непоглотившийся газ смешали в колбе с газом **Г** и облучили её УФ-светом (*реакция №2*). Образовавшийся при этом газ **Д** ввели в реакцию с раствором №1 (*реакция №3*). В полученном растворе №2 может растворяться **Е** – гидроксид металла с постоянной валентностью (массовая доля металла в **Е** равна 41,3793%), способный также реагировать при длительном кипячении в 65% растворе гидроксида калия (*реакции №4 и №5 соответственно*). При добавлении к раствору, полученному в ходе реакции между раствором №2 и **Е**, раствора карбоната натрия образуется осадок **Ж** массой 14,2 г (*реакция №6*), не являющийся кристаллогидратом. Если отфильтровать этот осадок и залить избытком разбавленного раствора азотной кислоты, то выделится 2,24 л газа (н.у.).

Определите все упомянутые в тексте задачи вещества (**А – Ж**) и напишите уравнения реакций. Приведите необходимые расчеты, формулы веществ должны быть выведены, а не угаданы и проверены расчетом массовых долей.

Задача 6.

Согласно одному из определений, основание – вещество, отщепляющее протон (катион водорода H^+) от других частиц. Очень сильное основание **A** образуется при взаимодействии сильного восстановителя **B** с водородом. Другой сильный восстановитель **C** образуется при взаимодействии избытка бинарного ионного соединения **D** с алюминием, массы восстанавливающегося **D** и образовавшегося **C** приведены в таблице ниже. Другое сильное основание **E** образуется при взаимодействии газообразного аммиака с третьим сильным восстановителем **F**. Все описанные реакции идут при повышенной температуре. Ниже в таблице представлены данные о взаимодействии всех зашифрованных в задаче веществ с избытком воды, большинство из реакций сопровождается выделением газа, все реакции с водой протекают количественно:

	A + H_2O	B + H_2O	C + H_2O	D + H_2O	E + H_2O	F + H_2O
Масса реагента	$m_A=10,00$ г	$m_B=9,75$ г	$m_C=10,00$ г	$m_D=14,00$ г	$m_E=9,75$ г	$m_F=5,75$ г
Объём газа при н.у.	5,6 л	2,8 л	5,6 л	0,0 л	5,6 л	2,8 л

Среди зашифрованных в задаче веществ есть три простых, соответствующие химические элементы являются соседями в таблице Менделеева.

1) Определите вещества **A** – **F**. Приведите необходимые расчеты, иначе ответ нельзя будет засчитать.

2) Напишите все упомянутые в тексте задачи реакции (девять реакций). Если вещество, участвующие в реакции не выведено расчетом, то эта реакция засчитана не будет.

3) Почему вещество **A** является очень сильным основанием?