

Химия 8 класс. Вариант 1

Задание 1. Взломай код. (15 баллов)

Определите степени окисления серы и фосфора в соединениях, химические формулы которых представлены в таблице. Обведите буквы, соответствующие правильным ответам, и составьте из них слово, обозначающее предмет, используемый в химической лаборатории (используйте все буквы). Укажите его функцию. Напишите реакции получения 4-х веществ, приведенных в таблице, на ваш выбор.

Формулы веществ	Степени окисления							
	+2	+1	-2	+6	-1	+5	-3	0
SO ₃	к	э	м	у	и	р	г	ф
S ₈	л	ь	с	п	е	б	о	е
FeS ₂	и	х	п	т	а	л	е	г
Na ₂ S ₂ O ₃	р	п	я	ь	л	п	н	б
CS ₂	а	ш	н	б	с	м	и	с
H ₄ P ₂ O ₇	б	г	й	к	п	з	д	р
PH ₄ I	у	и	р	ж	о	п	к	с
(NH ₄) ₂ HPO ₄	о	ш	ц	и	ы	м	б	у

Ответ:

Слово – Мензурка - измерительный прибор, позволяющий определить объём налитой в него жидкости.

Формулы веществ	Степень окисления	Буква	Реакции получения
SO ₃	+6	у	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ $\text{SO}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{O}_2$ $\text{SO}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{NO}$ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3$
S ₈	0	е	$2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \text{ (недостаток)} \rightarrow 2\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ $4\text{COS} + 2\text{SO}_2 \rightarrow 6\text{S} + 4\text{CO}_2$ $2\text{CS}_2 + 2\text{SO}_2 \rightarrow 6\text{S} + 2\text{CO}_2$ $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
FeS ₂	-1	а	$\text{Fe} + 2\text{S} \rightarrow \text{FeS}_2$ $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{FeS}_2 + \text{FeS} + 6\text{H}_2\text{O}$
Na ₂ S ₂ O ₃	+2	р	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ $4\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} + 6\text{NaOH} \rightarrow 3\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Na}_2\text{S} + 2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH}$ $2\text{NaNO}_2 + 2\text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{N}_2\text{O}$ $4\text{S} + 6\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
CS ₂	-2	н	$\text{CH}_4 + 4\text{S} \rightarrow \text{CS}_2 + 2\text{H}_2\text{S}$
H ₄ P ₂ O ₇	+5	з	$\text{P}_2\text{O}_5 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ $2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ $8\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{P}_4\text{O}_{10} \rightarrow 6\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$
PH ₄ I	-3	к	$\text{PH}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{PH}_4\text{I}$
(NH ₄) ₂ HPO ₄	+5	м	$2\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Критерии оценивания:

За верное установление степени окисления элементов в соединениях - по 0,5 балла – 4 балла.

Верно составленное слово – 2 балла.

За указание функции предмета – 1 балл

За верное написание уравнений реакций – по 2 балла – 8 баллов.

Итого: 15 баллов.

Задание 2. Соли для Вани. (20 баллов)

Ученик 8 класса Иван Ошибочкин записался в биологический кружок. Первым заданием Вани стало приготовление питательной среды для микроорганизмов. Учитель попросил использовать методику приготовления раствора, приведенную на странице 21 пособия «Выращиваем живность дома и в школе». Ваня приступил к делу. Для приготовления раствора А он взял 6,71 г NaCl с влажностью 3,43 % и 155,29 мл дистиллированной воды, а раствора Б - 18,15 г KCl и 281,85 мл воды. Иван быстро приготовил растворы и, счастливый, пошел сдавать задание. Но уже через пару минут от радости Вани не осталось и следа. Оказывается, мальчик по ошибке открыл страницу 12, и приготовил совсем не то, что требовалось. Теперь Ивану нужно исправить ошибку. Ваня решил использовать два готовых раствора А и Б, чтобы получить 125,0 мл нового раствора В, который должен, согласно методике на странице 21, содержать 3% NaCl и 1,5% KCl. Помогите Ване не допустить еще одну ошибку.

1. Определите, массовую долю соли в растворах А и Б.
2. Какие массы растворов А и Б необходимо взять Ивану, чтобы получить раствор В? Учтите, что плотность раствора В равна 1,064 г/см³.
3. Рассчитайте молярную концентрацию (количество вещества в 1 л) всех ионов в растворе В.
4. Определите число ионов серебра, которое можно осадить 25 мл раствора В.

Ответ:

1. Рассчитаем массовую долю соли в растворе А:
 $m(\text{NaCl}_{\text{сух}}) = 6,71 \cdot (1 - 0,0343) = 6,71 \cdot 0,9657 = 6,48 \text{ г}$
 $m(\text{раствора А}) = 155,29 + 6,71 = 162 \text{ г}$
 $\omega\% (\text{NaCl}) = 6,48 / 162 \cdot 100 = 4 \%$
2. Рассчитаем массовую долю соли в растворе Б:
 $m(\text{раствора Б}) = 18,15 + 281,85 = 300 \text{ г}$
 $\omega\% (\text{KCl}) = 18,15 / 300 \cdot 100 = 6,05 \%$
3. Определим массу раствора В:
 $m(\text{раствора В}) = 125,0 \cdot 1,064 = 133 \text{ г}$
4. Определим, массы растворов А и Б необходимые для получения 133 г. раствора В:
 $m(\text{NaCl в растворе В}) = 133 \cdot 0,03 = 4 \text{ г}$

$$m(\text{раствора } A_{\text{необх.}}) = 4 / 0,04 = 100 \text{ г}$$

$$m(\text{KCl в растворе В}) = 133 * 0,0015 = 1,995 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора } B_{\text{необх.}}) = 1,995 / 6,05 = 33 \text{ г}$$

5. В растворе В содержатся ионы Na^+ , K^+ , Cl^- , молярная концентрация которых равна:

$$n(\text{Na}^+) = n(\text{Cl}^- \text{ из р-ра А}) = 4 / (35,5 + 23) = 0,068 \text{ моль}$$

$$n(\text{K}^+) = n(\text{Cl}^- \text{ из р-ра В}) = 1,995 / (35,5 + 39) = 0,027 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cl}^-) = n(\text{Cl}^- \text{ из р-ра А}) + n(\text{Cl}^- \text{ из р-ра В}) = 0,068 + 0,027 = 0,095 \text{ моль}$$

$$C(\text{Na}^+) = 0,068 / 0,125 = 0,544 \text{ М}$$

$$C(\text{K}^+) = 0,027 / 0,125 = 0,216 \text{ М}$$

$$C(\text{Cl}^-) = 0,095 / 0,125 = 0,76 \text{ М}$$



$$n(\text{Cl}^-) = 0,095 / 125 * 25 = 0,019 \text{ моль или } n(\text{Cl}^-) = 0,76 * 0,025 = 0,019 \text{ моль}$$

$$n(\text{Ag}^+) = n(\text{Cl}^-) = 0,019 \text{ моль}$$

$$N(\text{Ag}^+) = 0,019 * 6,02 * 10^{23} = 1,14 * 10^{22}$$

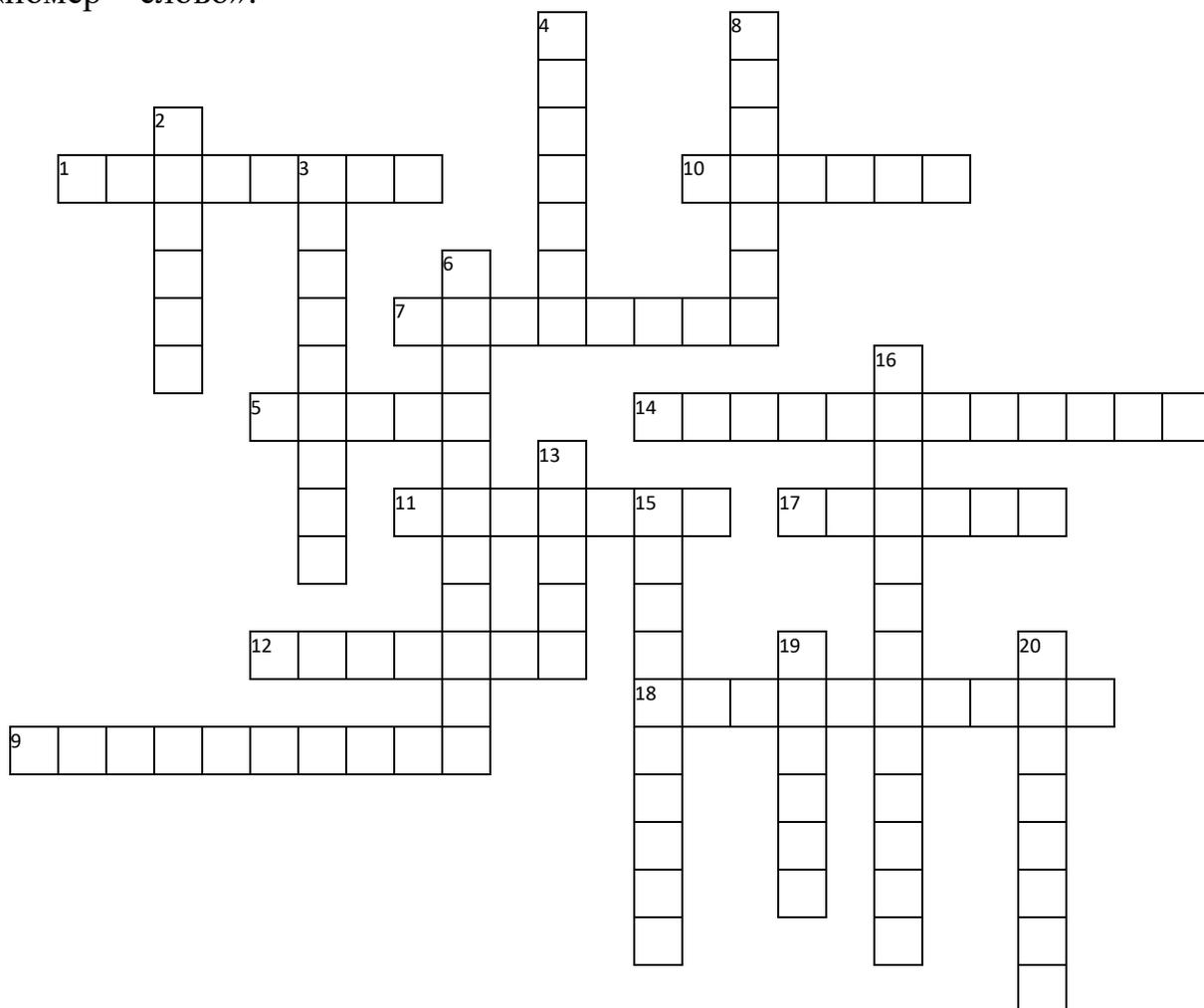
Критерии оценивания:

- За определение массовых долей солей в растворах А и В – по 3 балла – 6 баллов.
- За определение массы раствора В – 1 балл
- За определение массы растворов А и В – по 2,5 балла – 5 баллов
- За определение молярных концентраций ионов – по 2 балла – 6 баллов
- За определение числа ионов серебра – 2 балла

Итого: 20 баллов.

Задание 3. Химия в «клеточках». (20 баллов)

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово».



По горизонтали:

1. Вещество K_2O_2 называется ... калия.
5. Стекло́нная химическая посуда с плоским или круглым дном и узким горлом.
7. Наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами.
9. К этому типу реакций относится реакция: $S + O_2 = SO_2$.
10. Растворимое в воде сильное основание.
11. Химический элемент 11 группы (по устаревшей классификации — побочной подгруппы первой группы, IV), благородный металл, используемый в ювелирном деле.
12. Химический элемент, содержащийся в кварце.
14. Свойство некоторых химических веществ и соединений проявлять в зависимости от условий как кислотные, так и основные свойства.
17. NH_4^+ - однозарядный ... аммония.
18. Вещество, в состав которого входят атомы, присоединяющие к себе во время химической реакции электроны.

По вертикали:

2. Аллотропная модификация углерода.
3. Горелка для жидкого топлива, содержащая резервуар и снабжённая крышкой, через которую пропущен фитиль, нижний конец которого размещён в резервуаре, а верхний конец вне его.
4. Молекулы такого вещества состоят из атомов различных химических элементов.
6. Тип связи в соединении PCl_5 .
8. Мерный сосуд, представляющий собой длинную трубку с носиком.
13. Химический элемент 18 группы, названный в честь Солнца.
15. К этому типу реакций относится реакция: $CaCO_3 = CaO + CO_2$.
16. Реакция взаимодействия кислоты и щелочи с образованием соли и воды.
19. благородный газ, который используют в газоразрядных лампах.
20. Основной металл, содержащийся в сплаве «Дюраль».

Ответ:

По горизонтали:	По вертикали:
1. пероксид	2. графит
5. колба	3. спиртовка
7. молекула	4. сложное
9. соединения	6. ковалентная
10. щелочь	8. пипетка
11. серебро	13. гелий
12. кремний	15. разложения
14. амфотерность	16. нейтрализации
17. катион	19. ксенон
18. окислитель	20. алюминий

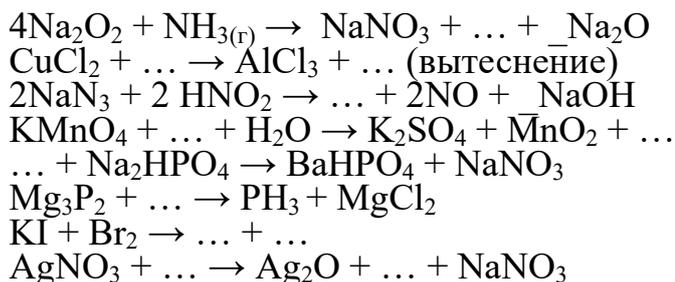
Критерии оценивания:

За каждое верно определенное слово кроссворда – по 1 баллу – 20 баллов

Итого: 20 баллов.

Задание 4. Козни волшебников. (26 баллов)

В лаборатории Зельеварения Школы Магии и Совершенства Хоумвартс произошло странное событие — часть химических реакций, написанных на доске, просто исчезла! Остались только фрагменты. Под подозрение попали конкуренты из Института Другостранг, которые хотели помешать получению нового Зелья. Помогите ученикам Хоумвартса завершить исследование. Ваша задача — заполнить пропуски и восстановить реакции. Не забудьте записать окислители и восстановители в случае окислительно-восстановительных реакций (укажите их) и уравнивать все реакции. Учтите, что волшебники из Другостранга стерли и часть коэффициентов.

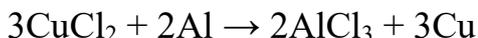


Ответ:



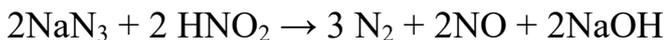
O_2^- - окислитель

NH_3 - восстановитель



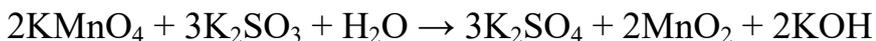
Cu^{2+} - окислитель

Al - восстановитель



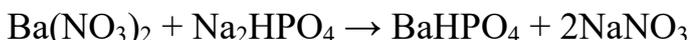
NO_2^- - окислитель

N_3^- - восстановитель

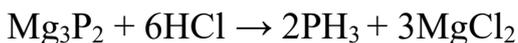


MnO_4^- - окислитель

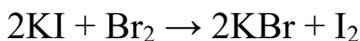
SO_3^{2-} - восстановитель



He OBP



He OBP



Br_2 - окислитель

I^- - восстановитель



He OBP

Критерии оценивания:

- За каждую верно написанную реакцию – по 2 балла – 16 баллов (если реакция не уравнена – по 1 баллу)
- За верно указанные окислители и восстановители для каждой ОВР – по 2 балла – 10 баллов

Итого: 26 баллов

Задание 5. «Профильтровали, высушили, прокалили, взвесили». (19 баллов)

Гравиметрический метод анализа основан на отделении определяемого компонента в виде малорастворимого соединения, которое после соответствующей обработки (отделение от раствора, промывание, высушивание или прокаливание до постоянной массы) взвешивают. При этом вещество, подлежащее взвешиванию, называют гравиметрической формой. Для пересчета массы осадка в массу определяемого компонента вводят гравиметрический фактор:

$$F = \frac{\text{молярная масса определяемого компонента}}{\text{молярная масса гравиметрической формы}}$$

Тогда содержание определяемого компонента (P, %):

$$P = \frac{m_{\text{гравиметрической формы}} * F * 100\%}{m_{\text{исх. навески}}}$$

Для определения бария в смеси солей $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ навеску массой 0,35 г растворили в 150 мл воды, нагрели и осадили барий серной кислотой с концентрацией 2 моль/л. Для расчета количества добавляемой кислоты приняли, что смесь состоит только из $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Полученный результат взяли с 90%-ным избытком для обеспечения полноты осаждения. После добавления серной кислоты полученную суспензию оставили на сутки, осадок профильтровали, высушили, прокалили при 900 °С и взвесили. Масса гравиметрической формы составила 0,14 г.

1. Напишите уравнения реакций, протекающие между компонентами смеси и серной кислотой.
2. Определите объем (в мл) серной кислоты, взятый для осаждения бария. Не забудьте про 90%-ный избыток!
3. Найдите гравиметрический фактор (F) для ионов бария.
4. Рассчитайте содержание ионов бария (P, %) и массовую долю хлорида натрия в исходной смеси.

Ответ:



$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ - не взаимодействуют.

2. Определим объем серной кислоты, взятой для осаждения бария:

Рассчитаем количество серной кислоты, необходимое по уравнению реакции:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,35 / (137 + 71 + 2 \cdot 18) = 0,00143 \text{ моль}$$

И учтем 90% избыток:

$$0,00143 \cdot 1,9 = 0,0027 \text{ моль}$$

Объем серной кислоты:

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0027 / 2 \cdot 1000 = 1,35 \text{ мл}$$

3. $F = 137 / (137 + 32 + 16 \cdot 4) = 0,59$

4. $P(\text{Ba}) = 0,14 \cdot 0,588 \cdot 100 / 0,35 = 23,6 \%$

Массовая доля бария в $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

$$\omega\%(\text{Ba}) = 137 / (137 + 71 + 2 \cdot 18) \cdot 100 = 56,15 \%$$

Тогда массовая доля $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в смеси = $23,6 \cdot 100 / 56,15 = 42 \%$

Отсюда массовая доля NaCl в смеси = $100 - 42 = 58 \%$

Критерии оценивания:

- За уравнение реакции хлорида бария с серной кислотой – 1 балл

- За указание непротекания реакции хлорида натрия с серной кислотой – 1 балл

- За определение количества моль серной кислоты, взятой для осаждения бария – 4 балла

- За расчет объема серной кислоты, взятой для осаждения бария – 3 балла

- За расчет гравиметрического фактора – 3 балла

- За определение содержания ионов бария в смеси – 3 балла

- За определение массовой доли хлорида натрия в смеси – 4 балла

Итого: 19 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1																	18	
1	H 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 4,0026 0 Гелий Helium
2	Li 6,94 +1 Литий Lithium	Be 9,0122 +2 Бериллий Beryllium															Ne 20,1798 0 Неон Neon	
3	Na 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 24,305 +2 Магний Magnesium															Ar 39,95 0 Аргон Argon	
4	K 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 47,867 +4 Титан Titanium	V 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 54,938 +2 Марганец Manganese	Fe 55,845 +3 Железо Iron	Co 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 63,546 +2 Медь Copper	Zn 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 72,63 +4 Германий Germanium	As 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 78,971 +4 Селен Selenium	Br 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 83,798 0 Криптон Krypton
5	Rb 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 95,95 +4 Молибден Molybdenum	Tc 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 114,818 +3 Индий Indium	Sn 118,71 +4 Олово Tin	Sb 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 131,293 0 Ксенон Xenon
6	Cs 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 137,327 +2 Барий Barium	La 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 190,23 +8 Осний Osmium	Ir 192,217 +3 Иридий Iridium	Pt 195,084 +2 Платина Platinum	Au 196,9665 +3 Золото Gold	Hg 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 208,9824 +4 Полоний Polonium	At [210] -1 Астат Astatine	Rn [222] 0 Радон Radon
7	Fr [223] +1 Франций Francium	Ra 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh [270] (+7) Борий Bohrium	Hs [269] (+8) Хассий Hassium	Mt [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn [285] (-2) Коперниций Copernicium	Nh [286] ? Нихоний Nihonium	Fl [290] ? Флеровий Flerovium	Mc [290] ? Московский Moscovium	Lv [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts [294] ? Теннесси Tennessine	Og [294] ? Оганесон Oganesson

символ — **Po** — атомный номер — **84**

стандартная атомная масса — **208,9824** — устойчивая степень окисления — **+4**

название на русском — **Полоний** — относительный размер атома

на английском — **Polonium** — радиоактивный

полуметалл

■ s-элементы

■ p-элементы

■ d-элементы

■ f-элементы



Ce 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm [145] +3 Прометий Promethium	Sm 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 151,964 +3 Европий Europium	Gd 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 174,9668 +3 Лютеций Lutetium
Th 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu [244] +3 Плутоний Plutonium	Am [243] +3 Америций Americium	Cm [247] +3 Кюрий Curium	Bk [247] +3 Берклий Berkelium	Cf [251] +3 Калифорний Californium	Es [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm [257] +3 Фермий Fermium	Md [258] +3 Менделевий Mendelevium	No [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr [266] +3 Лоуренсий Lawrencium

Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации из базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	-	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	-	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	-	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды); «-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

активность металлов уменьшается →

Химия 8 класс. Вариант 2

Задание 1. Взломай код. (15 баллов)

Определите степень окисления железа в соединениях, химические формулы которых представлены в таблице. Обведите буквы, соответствующие правильным ответам, и составьте из них слово, обозначающее предмет, используемый в химической лаборатории (используйте все буквы). Укажите его функцию. Напишите реакции получения 4-х веществ, приведенных в таблице, на ваш выбор.

Формулы веществ	Степени окисления							
	0	+3	+4	+5	-1	+6	+2	-2
Fe ₂ (SO ₄) ₃	к	э	м	у	и	р	г	ф
K ₂ FeO ₄	л	ь	с	п	е	а	о	е
FeS ₂	и	х	п	т	а	л	и	г
FeO	р	п	я	ь	л	п	с	б
Fe ₃ O ₄	а	к	н	б	с	м	к	с
Fe ₂ O ₃	б	о	й	к	п	з	д	р
Fe ₂ SiO ₄	у	и	р	ж	о	п	р	с
Fe(CO) ₅	т	ш	ц	и	ы	м	б	у

Ответ:

Слово – Эксикатор - защита образцов и проб от воздействия влаги из воздуха в лаборатории.

Формулы веществ	Степень окисления	Буква	Реакции
Fe ₂ (SO ₄) ₃	+3	э	2FeS ₂ + 2NaCl + 8O ₂ → Fe ₂ (SO ₄) ₃ + Na ₂ SO ₄ + Cl ₂ Fe ₂ O ₃ + 3H ₂ SO ₄ → Fe ₂ (SO ₄) ₃ + 3H ₂ O 2Fe(OH) ₃ + 3H ₂ SO ₄ → Fe ₂ (SO ₄) ₃ + 6H ₂ O 2FeSO ₄ + H ₂ SO ₄ + 2HNO ₃ → Fe ₂ (SO ₄) ₃ + 2NO ₂ + 2H ₂ O
K ₂ FeO ₄	+6	а	Fe + 3KNO ₃ + 2KOH → K ₂ FeO ₄ + 3KNO ₂ + H ₂ O Fe + 2KOH + 2H ₂ O → K ₂ FeO ₄ + 3H ₂ Fe ₂ O ₃ + 3Cl ₂ + 10KOH → 2K ₂ FeO ₄ + 6KCl + 5H ₂ O
FeS ₂	+2	и	Fe + 2S → FeS ₂ 2Fe(OH) ₃ + 3H ₂ S → FeS ₂ + FeS + 6H ₂ O
FeO	+2	с	2Fe + O ₂ → 2FeO FeC ₂ O ₄ → FeO + CO + CO ₂ Fe ₃ O ₄ + FeS → FeO + SO ₂
Fe ₃ O ₄	+2 ; +3	к ; к	3Fe + 2O ₂ → Fe ₃ O ₄ 3Fe ₂ O ₃ + H ₂ → 2Fe ₃ O ₄ + H ₂ O 3Fe + 4H ₂ O(пар) → Fe ₃ O ₄ + 4H ₂ FeO + O ₂ → Fe ₃ O ₄
Fe ₂ O ₃	+3	о	4FeO + O ₂ → 2Fe ₂ O ₃ 2Fe(OH) ₃ → Fe ₂ O ₃ + 3H ₂ O 4FeS + 7O ₂ → 2Fe ₂ O ₃ + 4SO ₂ .
Fe ₂ SiO ₄	+2	р	2FeO + SiO ₂ → Fe ₂ SiO ₄ 2FeS + 2O ₂ + SiO ₂ → Fe ₂ SiO ₄ + 2SO ₂ Fe ₃ O ₄ + FeS + 2SiO ₂ → 2Fe ₂ SiO ₄ + SO ₂
Fe(CO) ₅	0	т	Fe + 5CO → Fe(CO) ₅ FeI ₂ + 5CO + 2Cu → Fe(CO) ₅ + 2CuI.

Критерии оценивания:

За верное установление степени окисления элементов в соединениях - по 0,5 балла – 4 балла.

Верно составленное слово – 2 балла.

За указание функции предмета – 1 балл

За верное написание уравнений реакций – по 2 балла – 8 баллов.

Итого: 15 баллов.

Задание 2. Соли для Вани. (20 баллов)

Ученик 8 класса Иван Ошибочкин записался в биологический кружок. Первым заданием Вани стало приготовление питательной среды для микроорганизмов. Учитель попросил использовать методику приготовления раствора, приведенную на странице 32 пособия «Выращиваем живность дома и в школе». Ваня приступил к делу. Для приготовления раствора А он взял 27,2 г сульфата натрия 10-ти водного и 272,7 мл дистиллированной воды, а раствора Б - 24,2 г K_2SO_4 и 375,8 мл воды. Иван быстро приготовил растворы и, счастливый, пошел сдавать задание. Но уже через пару минут от радости Вани не осталось и следа. Оказывается, мальчик по ошибке открыл страницу 23, и приготовил совсем не то, что требовалось. Теперь Ивану нужно исправить ошибку. Ваня решил использовать два готовых раствора А и Б, чтобы получить 133,0 г нового раствора В, который должен, согласно методике на странице 32, содержать 3% Na_2SO_4 и 1,5% K_2SO_4 . Помогите Ване не допустить еще одну ошибку.

1. Определите массовую долю соли в растворах А и Б.
2. Какие массы растворов А и Б необходимо взять Ивану, чтобы получить раствор В?
3. Рассчитайте молярную концентрацию (количество вещества в 1 л) всех ионов в растворе В (плотность раствора В равна $1,070 \text{ г/см}^3$).
4. Определите число ионов бария, которое можно осадить 25 мл раствора В.

Ответ:

1. Рассчитаем массовую долю соли в растворе А:
 $m(Na_2SO_{4\text{безвод.}}) = 27,2 * ((23*2 + 32 + 16*4) / (23*2 + 32 + 16*4 + 10*18))$
 $= 27,2 * (142/322) = 27,2 * 0,44 = 11,968 \text{ г.}$
 $m(\text{раствора А}) = 272,7 + 27,2 = 299,9 \text{ г.}$
 $\omega\% (Na_2SO_4) = 11,968 / 299,9 * 100 = 4 \%$
2. Рассчитаем массовую долю соли в растворе Б:
 $m(\text{раствора Б}) = 24,2 + 375,8 = 400 \text{ г.}$
 $\omega\% (KCl) = 24,2 / 400 * 100 = 6,05 \%$
3. Определим, массы растворов А и Б необходимые для получения 133 г. раствора В:
 $m(Na_2SO_4 \text{ в растворе В}) = 133 * 0,03 = 4 \text{ г}$
 $m(\text{раствора А}_{\text{необх.}}) = 4 / 0,04 = 100 \text{ г}$

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4 \text{ в растворе В}) = 133 * 0,0015 = 1,995 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора } B_{\text{необх.}}) = 1,995 / 6,05 = 33 \text{ г}$$

4. Определим объем раствора В:

$$V(\text{раствора В}) = 133,0 / 1,070 = 124,3 \text{ мл}$$

5. В растворе В содержатся ионы Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , молярная концентрация которых равна:

$$n(\text{Na}^+) = 2 * n(\text{SO}_4^{2-} \text{ из р-ра А}) = 4 / (32 + 2 * 23 + 16 * 4) * 2 = 0,056 \text{ моль}$$

$$n(\text{K}^+) = 2 * n(\text{SO}_4^{2-} \text{ из р-ра Б}) = 1,995 / (32 + 2 * 39 + 16 * 4) * 2 = 0,022 \text{ моль}$$

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = n(\text{SO}_4^{2-} \text{ из р-ра А}) + n(\text{SO}_4^{2-} \text{ из р-ра Б}) = 0,028 + 0,011 = 0,039$$

МОЛЬ

$$C(\text{Na}^+) = 0,056 / 0,1243 = 0,45 \text{ М}$$

$$C(\text{K}^+) = 0,022 / 0,1243 = 0,177 \text{ М}$$

$$C(\text{SO}_4^{2-}) = 0,039 / 0,1243 = 0,314 \text{ М}$$



$$n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,039 / 124,3 * 32 = 0,01 \text{ моль или } n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,314 * 0,032 = 0,01$$

МОЛЬ

$$n(\text{Ba}^{2+}) = n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,01 \text{ моль}$$

$$N(\text{Ba}^{2+}) = 0,01 * 6,02 * 10^{23} = 6,02 * 10^{21}$$

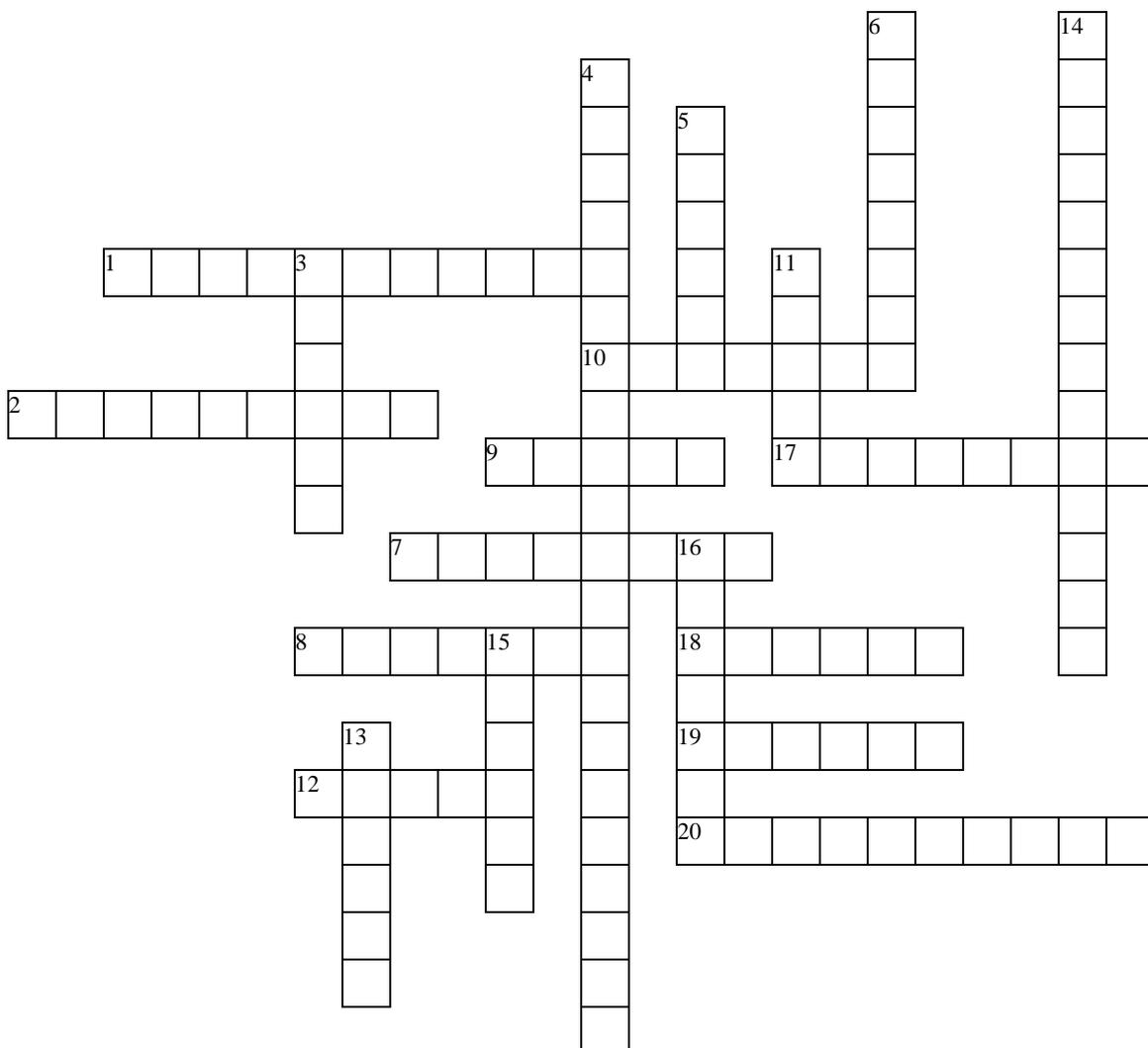
Критерии оценивания:

- За определение массовых долей солей в растворах А и Б – по 3 балла – 6 баллов.
- За определение массы растворов А и Б – по 2,5 балла – 5 баллов
- За определение массы раствора В – 1 балл
- За определение молярных концентраций ионов – по 2 балла – 6 баллов
- За определение числа ионов бария – 2 балла

Итого: 20 баллов.

Задание 3. Химия в «клеточках». (20 баллов)

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово».



По горизонтали:

1. Прибор, используемый для очищения воды посредством перегонки.

2. К этому типу реакций относится реакция:
 $2\text{AgNO}_3 + \text{Zn} = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ag}$.

7. Специализированный сосуд цилиндрической формы, имеющий полукруглое, коническое или плоское дно.

8. Органическое вещество, которое необходимо для нормального функционирования организма.

9. Название минерала химического состава FeS_2 .

10. Химический элемент 10-й группы (по устаревшей классификации — побочной подгруппы восьмой группы, VIIIВ), благородный металл, используемый в ювелирном деле.

12. Благородный газ, используемый в пищевой промышленности как упаковочный газ.

17. Вещество KO_2 называется ... калия.

18. Материал, используемый для производства химической посуды.
19. К этому типу реакций относится реакция: $2\text{NaOH} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$.
20. Существование двух и более простых веществ одного и того же химического элемента.

По вертикали:

3. Тип связи в соединении NaCl.
4. Химическая реакция, в которой один и тот же элемент выступает и в качестве окислителя, и в качестве восстановителя.
5. Химическая посуда, используемая для измельчения твердых веществ.
6. Переход вещества из твёрдого состояния сразу в парообразное, минуя стадию плавления.
11. SO_4^{2-} - двухзарядный ...
13. Одна из трёх элементарных частиц.
14. Вещество, в состав которого входят атомы, отдающие во время химической реакции электроны.
15. Химический элемент, которому соответствует электронная конфигурация $[\text{Ne}]3s^2$.
16. Химическое соединение, содержащее водород и окрашивающее синий лакмус в красный цвет.

Ответ:

По горизонтали: По вертикали:

- | | |
|----------------|--------------------------|
| 1. дистиллятор | 3. ионная |
| 2. замещения | 4. диспропорционирование |
| 7. пробирка | 5. ступка |
| 8. витамин | 6. возгонка |
| 9. пирит | 11. анион |
| 10. платина | 13. протон |
| 12. аргон | 14. восстановитель |
| 17. надоксид | 15. магний |
| 18. стекло | 16. кислота |
| 19. обмена | |
| 20. аллотропия | |

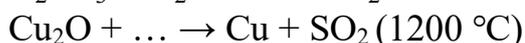
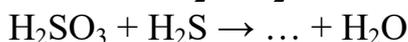
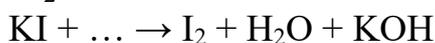
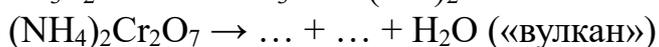
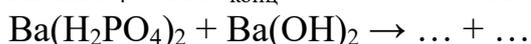
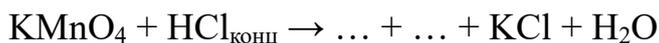
Критерии оценивания:

За каждое верно определенное слово кроссворда – по 1 баллу – 20 баллов

Итого: 20 баллов.

Задание 4. Козни волшебников. (25 баллов)

В лаборатории Зельеварения Школы Магии и Совершенства Хоумвартс произошло странное событие — часть химических реакций, написанных на доске, просто исчезла! Остались только фрагменты. Под подозрение попали конкуренты из Института Другостранг, которые хотели помешать получению нового Зелья. Помогите ученикам Хоумвартса завершить исследования. Ваша задача — заполнить пропуски и восстановить реакции. Не забудьте указать окислители и восстановители для окислительно-восстановительных процессов и уравнивать реакции.

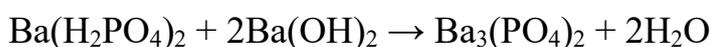


Ответ:

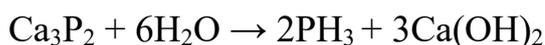


MnO_4^- - окислитель

Cl^- - восстановитель



Не ОВР



Не ОВР



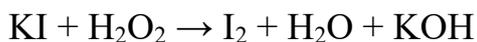
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ - окислитель

NH_4^+ - восстановитель



Cl_2 - окислитель

Cl_2 - восстановитель



O_2^{2-} - окислитель

I^- - восстановитель



SO_3^{2-} - окислитель

S^{2-} - восстановитель



Cu^+ - окислитель

S^{2-} - восстановитель

Критерии оценивания:

За каждую верно написанную реакцию – по 2 балла – 16 баллов (если реакция не уравнена – по 1 баллу)

- За верно указанные окислители и восстановители для каждой ОВР – по 1,5 балла – 9 баллов

Итого: 25 баллов

Задание 5. «Профильтровали, высушили, прокалили, взвесили». (20 баллов)

Гравиметрический метод анализа основан на отделении определяемого компонента в виде малорастворимого соединения, которое после соответствующей обработки (отделение от раствора, промывание, высушивание или прокаливание до постоянной массы) взвешивают. При этом вещество, подлежащее взвешиванию, называют гравиметрической формой. Для пересчета массы осадка в массу определяемого компонента вводят гравиметрический фактор:

$$F = \frac{\text{молярная масса определяемого компонента}}{\text{молярная масса гравиметрической формы}}$$

Тогда содержание определяемого компонента (P, %):

$$P = \frac{m_{\text{гравиметрической формы}} * F * 100\%}{m_{\text{исх.навески}}}$$

Для определения серы в смеси солей $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl}$ навеску массой 0,4 г растворили в 150 мл воды, нагрели и осадили сульфат-ион 5% раствором хлорида бария. Для расчета количества добавляемого хлорида бария приняли, что смесь состоит только из Na_2SO_4 . Полученный результат взяли с 10%-ным избытком для обеспечения полноты осаждения. После добавления хлорида бария полученную суспензию оставили на сутки, осадок профильтровали, высушили, прокалили при 800 °С и взвесили. Масса гравиметрической формы составила 0,22 г.

1. Напишите уравнения реакций, протекающие между компонентами смеси и хлоридом бария.
2. Определите массу (в г) раствора хлорида бария, взятого для осаждения сульфат-ионов. Не забудьте про 10%-ный избыток!
3. Найдите гравиметрический фактор (F) для ионов серы.

4. Рассчитайте содержание ионов серы (P, %) и массовую долю хлорида натрия в исходной смеси.

Ответ:



$\text{NaCl} + \text{BaCl}_2$ - не взаимодействуют.

2. Определим массу раствора хлорида бария, взятого для осаждения сульфат-ионов:

Рассчитаем количество хлорида бария, необходимое по уравнению реакции:

$$n(\text{BaCl}_2) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,4 / (23 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4) = 0,0028 \text{ моль}$$

И учтем 10% избыток:

$$0,0028 \cdot 1,1 = 0,0031 \text{ моль}$$

$$m(\text{BaCl}_2) = 0,0031 \cdot (137 + 71) = 0,645 \text{ г}$$

Масса раствора хлорида бария:

$$m(\text{BaCl}_2)_{\text{р-р}} = 100 \cdot 0,645 / 5 = 12,9 \text{ г}$$

3. $F = 32 / (137 + 32 + 16 \cdot 4) = 0,14$

4. $P(\text{Ba}) = 0,22 \cdot 0,14 \cdot 100 / 0,4 = 7,7 \%$

Массовая доля серы в Na_2SO_4 :

$$\omega\%(\text{S}) = 32 / (23 \cdot 2 + 32 + 4 \cdot 16) \cdot 100 = 22,5 \%$$

$$\text{Тогда массовая доля } \text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ в смеси} = 7,7 \cdot 100 / 22,5 = 34,2 \%$$

$$\text{Отсюда массовая доля } \text{NaCl} \text{ в смеси} = 100 - 34,2 = 65,8 \%$$

Критерии оценивания:

- За уравнение реакции хлорида бария с сульфатом натрия – 1 балл
- За указание непротекания реакции хлорида натрия с хлоридом бария – 1 балл
- За определение количества моль хлорида бария, взятого для осаждения бария – 4 балла
- За определение массы хлорида бария – 1 балл
- За расчет массы раствора хлорида бария, взятого для осаждения сульфат-ионов – 3 балла
- За расчет гравиметрического фактора – 3 балла
- За определение содержания ионов серы в смеси – 3 балла
- За определение массовой доли хлорида натрия в смеси – 4 балла

Итого: 20 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1																	18	
1	H 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 4,0026 0 Гелий Helium
2	Li 6,94 +1 Литий Lithium	Be 9,0122 +2 Бериллий Beryllium															Ne 20,1798 0 Неон Neon	
3	Na 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 24,305 +2 Магний Magnesium															Ar 39,95 0 Аргон Argon	
4	K 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 47,867 +4 Титан Titanium	V 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 54,938 +2 Марганец Manganese	Fe 55,845 +3 Железо Iron	Co 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 63,546 +2 Медь Copper	Zn 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 72,63 +4 Германий Germanium	As 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 78,971 +4 Селен Selenium	Br 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 83,798 0 Криптон Krypton
5	Rb 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 95,95 +6 Молибден Molybdenum	Tc 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 114,818 +3 Индий Indium	Sn 118,71 +4 Олово Tin	Sb 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 131,293 0 Ксенон Xenon
6	Cs 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 137,327 +2 Барий Barium	La 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 190,23 +8 Осмий Osmium	Ir 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 195,084 +2 Платина Platinum	Au 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 208,9824 +4 Полоний Polonium	At [210] -1 Астат Astatine	Rn [222] 0 Радон Radon
7	Fr [223] +1 Франций Francium	Ra 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh [270] (+7) Борий Bohrium	Hs [269] (+8) Хассий Hassium	Mt [278] +4 Мейтнерий Meitnerium	Ds [281] +4 Дармштадтий Darmstadtium	Rg [282] +4 Рентгений Roentgenium	Cn [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh [286] +3 Нихоний Nihonium	Fl [290] +3 Флеровий Flerovium	Mc [290] +3 Московский Moscovium	Lv [293] +3 Ливерморий Livermorium	Ts [294] +3 Теннесси Tennessine	Og [294] +3 Оганесон Oganesson

символ — **Po** — атомный номер — **84**

стандартная атомная масса — **208,9824** — устойчивая степень окисления — **+4**

название на русском — **Полоний** — относительный размер атома

на английском — **Polonium** — радиоактивный

полуметалл

s-элементы

p-элементы

d-элементы

f-элементы



Ce 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 140,9077 +3 Празеодимий Praseodymium	Nd 144,242 +3 Неодимий Neodymium	Pm [145] +3 Прометий Promethium	Sm 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 151,964 +3 Европий Europium	Gd 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 174,9668 +3 Лютеций Lutetium
Th 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu [244] +4 Плутоний Plutonium	Am [243] +3 Америций Americium	Cm [247] +3 Кюрий Curium	Bk [247] +3 Берклий Berkelium	Cf [251] +3 Калифорний Californium	Es [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm [257] +3 Фермий Fermium	Md [258] +3 Менделевий Mendelevium	No [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr [266] +3 Лоуренсий Lawrencium

Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	-	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	-	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	-	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды); «-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

активность металлов уменьшается →

Химия 8 класс. Вариант 3

Задание 1. Взломай код. (15 баллов)

Определите степень окисления серы и железа в соединениях, химические формулы которых представлены в таблице. Обведите буквы, соответствующие правильным ответам, и составьте из них слово, обозначающее предмет, используемый в химической лаборатории (используйте все буквы). Укажите его функцию. Напишите реакции получения 4-х веществ, приведенных в таблице, на ваш выбор.

Формулы веществ	Степени окисления							
	+2	+1	-2	+6	-1	+5	+3	0
SO ₃	к	э	м	и	к	р	г	ф
Na ₂ S ₂ O ₃	р	п	я	ь	л	п	н	ш
S ₈	л	ь	с	п	е	б	о	б
CS ₂	ш	а	р	б	ж	м	и	с
Fe ₃ O ₄	а	к	н	б	с	т	к	ф
Fe(CO) ₅	т	ш	ц	и	ы	м	б	о
Fe ₂ SiO ₄	п	и	р	ж	о	п	р	в

Ответ:

Слово – пробирка - специализированный сосуд цилиндрической формы, который используется в химических лабораториях для проведения некоторых химических реакций в малых объемах и для отбора проб химических веществ.

Формулы веществ	Степень окисления	Буква	Реакции
SO ₃	+6	и	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ $\text{SO}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{O}_2$ $\text{SO}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{NO}$ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3$
Na ₂ S ₂ O ₃	+2	к	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ $4\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} + 6\text{NaOH} \rightarrow 3\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Na}_2\text{S} + 2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH}$ $2\text{NaNO}_2 + 2\text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{N}_2\text{O}$ $4\text{S} + 6\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
S ₈	0	б	$2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \text{ (недостаток)} \rightarrow 2\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ $4\text{COS} + 2\text{SO}_2 \rightarrow 6\text{S} + 4\text{CO}_2$ $2\text{CS}_2 + 2\text{SO}_2 \rightarrow 6\text{S} + 2\text{CO}_2$ $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
CS ₂	-2	а	$\text{CH}_4 + 4\text{S} \rightarrow \text{CS}_2 + 2\text{H}_2\text{S}$
Fe ₃ O ₄	+2, +3	р ; п	$3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ $3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{пар}) \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ $\text{FeO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$
Fe(CO) ₅	0	о	$\text{Fe} + 5\text{CO} \rightarrow \text{Fe}(\text{CO})_5$ $\text{FeI}_2 + 5\text{CO} + 2\text{Cu} \rightarrow \text{Fe}(\text{CO})_5 + 2\text{CuI}$
Fe ₂ SiO ₄	+2	п	$2\text{FeO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{SiO}_4$ $2\text{FeS} + 2\text{O}_2 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{SiO}_4 + 2\text{SO}_2$ $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{FeS} + 2\text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{SO}_2$

Критерии оценивания:

За верное установление степени окисления элементов в соединениях - по 0,5 балла – 4 балла.

Верно составленное слово – 2 балла.

За указание функции предмета – 1 балл

За верное написание уравнений реакций – по 2 балла – 8 баллов.

Итого: 15 баллов.

Задание 2. Соли для Вани. (20 баллов)

Ученик 8 класса Иван Ошибочкин записался в биологический кружок. Первым заданием Вани стало приготовление питательной среды для микроорганизмов. Учитель попросил использовать методику приготовления раствора, приведенную на странице 21 пособия «Выращиваем живность дома и в школе». Ваня приступил к делу. Для приготовления раствора А он взял 6,71 г NaCl с влажностью 3,43 % и 155,29 мл дистиллированной воды, а раствора Б -18,15 г KCl и 281,85 мл воды. Иван быстро приготовил растворы и, счастливый, пошел сдавать задание. Но уже через пару минут от радости Вани не осталось и следа. Оказывается, мальчик по ошибке открыл страницу 12, и приготовил совсем не то, что требовалось. Теперь Ивану нужно исправлять ошибку. Ваня решил использовать два готовых раствора А и Б, чтобы получить 125,0 мл нового раствора В, который должен, согласно методике на странице 21, содержать 3% NaCl и 1,5% KCl. Помогите Ване не допустить еще одну ошибку.

1. Определите массовую долю соли в растворах А и Б.
2. Какие массы растворов А и Б необходимо взять Ивану, чтобы получить раствор В? Учтите, что плотность раствора В равна 1,064 г/см³.
3. Рассчитайте молярную концентрацию (количество вещества в 1 л) всех ионов в растворе В.
4. Определите число ионов серебра, которое можно осадить 25 мл раствора В.

Ответ:

1. Рассчитаем массовую долю соли в растворе А:
 $m(\text{NaCl}_{\text{сух}}) = 6,71 \cdot (1 - 0,0343) = 6,71 \cdot 0,9657 = 6,48 \text{ г}$
 $m(\text{раствора А}) = 155,29 + 6,71 = 162 \text{ г}$
 $\omega\% (\text{NaCl}) = 6,48 / 162 \cdot 100 = 4 \%$
2. Рассчитаем массовую долю соли в растворе Б:
 $m(\text{раствора Б}) = 18,15 + 281,85 = 300 \text{ г}$
 $\omega\% (\text{KCl}) = 18,15 / 300 \cdot 100 = 6,05 \%$
3. Определим массу раствора В:
 $m(\text{раствора В}) = 125,0 \cdot 1,064 = 133 \text{ г}$
4. Определим, массы растворов А и Б необходимые для получения 133 г. раствора В:
 $m(\text{NaCl в растворе В}) = 133 \cdot 0,03 = 4 \text{ г}$

$$m(\text{раствора } A_{\text{необх.}}) = 4 / 0,04 = 100 \text{ г}$$
$$m(\text{KCl в растворе В}) = 133 * 0,0015 = 1,995 \text{ г}$$
$$m(\text{раствора } B_{\text{необх.}}) = 1,995 / 6,05 = 33 \text{ г}$$

5. В растворе В содержатся ионы Na^+ , K^+ , Cl^- , молярная концентрация которых равна:

$$n(\text{Na}^+) = n(\text{Cl}^- \text{ из р-ра А}) = 4 / (35,5 + 23) = 0,068 \text{ моль}$$
$$n(\text{K}^+) = n(\text{Cl}^- \text{ из р-ра В}) = 1,995 / (35,5 + 39) = 0,027 \text{ моль}$$
$$n(\text{Cl}^-) = n(\text{Cl}^- \text{ из р-ра А}) + n(\text{Cl}^- \text{ из р-ра В}) = 0,068 + 0,027 = 0,095 \text{ моль}$$
$$C(\text{Na}^+) = 0,068 / 0,125 = 0,544 \text{ М}$$
$$C(\text{K}^+) = 0,027 / 0,125 = 0,216 \text{ М}$$
$$C(\text{Cl}^-) = 0,095 / 0,125 = 0,76 \text{ М}$$



$$n(\text{Cl}^-) = 0,095 / 125 * 25 = 0,019 \text{ моль или } n(\text{Cl}^-) = 0,76 * 0,025 = 0,019 \text{ моль}$$
$$n(\text{Ag}^+) = n(\text{Cl}^-) = 0,019 \text{ моль}$$
$$N(\text{Ag}^+) = 0,019 * 6,02 * 10^{23} = 1,14 * 10^{22}$$

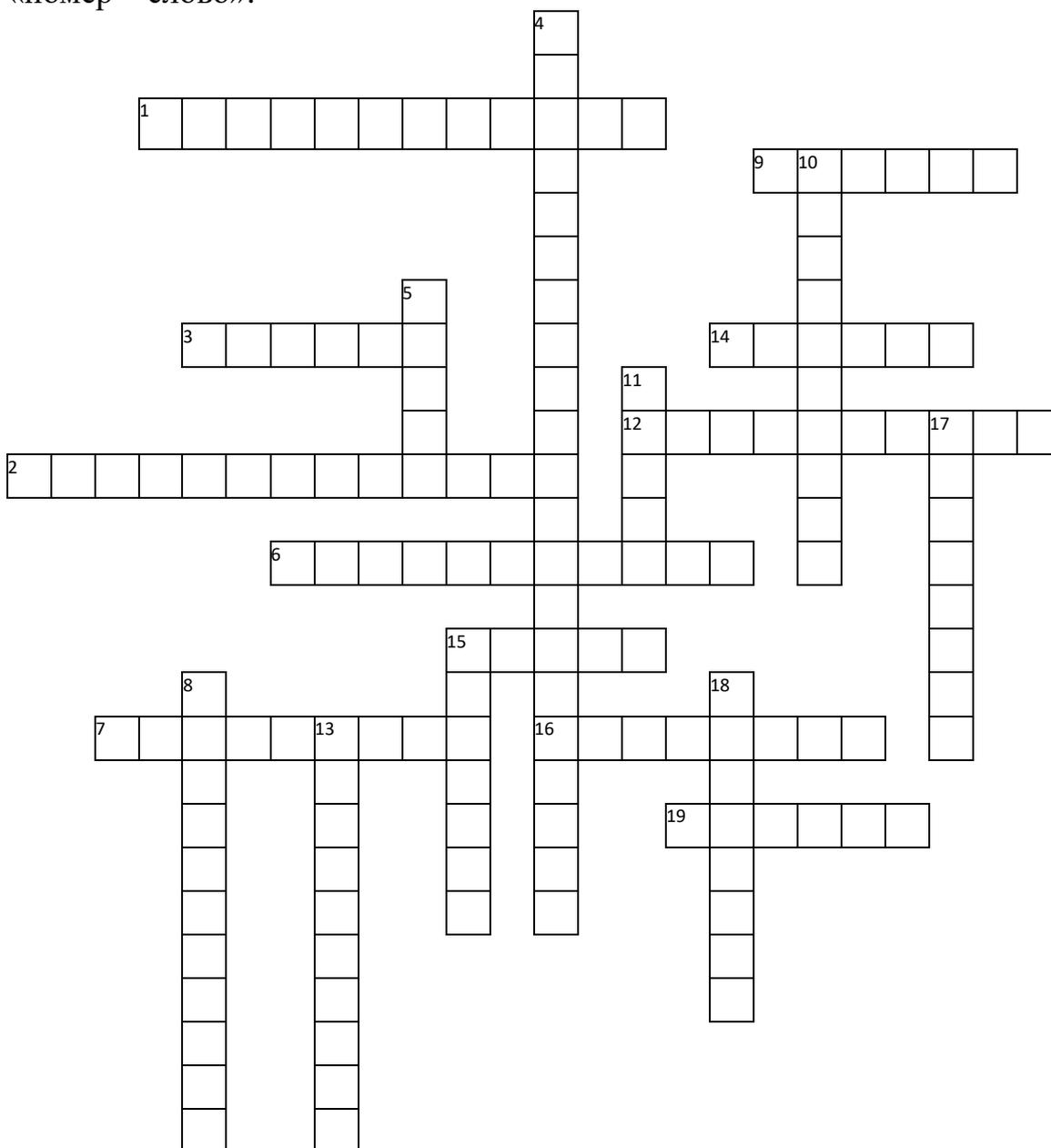
Критерии оценивания:

- За определение массовых долей солей в растворах А и В – по 3 балла – 6 баллов.
- За определение массы раствора В – 1 балл
- За определение массы растворов А и В – по 2,5 балла – 5 баллов
- За определение молярных концентраций ионов – по 2 балла – 6 баллов
- За определение числа ионов серебра – 2 балла

Итого: 20 баллов.

Задание 3. Химия в «клеточках». (20 баллов)

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово».



По горизонтали:

1. Свойство некоторых химических веществ и соединений проявлять в зависимости от условий как кислотные, так и основные свойства.
2. Реакция взаимодействия кислоты и щелочи с образованием соли и воды.
3. Материал, используемый для производства химической посуды.
6. Тип связи в соединении PCl_5 .
7. Горелка для жидкого топлива, содержащая резервуар и снабжённая крышкой, через которую пропущен фитиль, нижний конец которого размещён в резервуаре, а верхний конец вне его.
9. Химический элемент, которому соответствует электронная конфигурация $[Ne]3s^2$.
12. К этому типу реакций относится реакция: $CaCO_3 = CaO + CO_2$.

14. NH_4^+ - однозарядный ... аммония.
15. Название минерала химического состава FeS_2 .
16. Переход вещества из твёрдого состояния сразу в парообразное, минуя стадию плавления.
19. Растворимое в воде сильное основание.

По вертикали:

4. Химическая реакция, в которой один и тот же элемент выступает и в качестве окислителя, и в качестве восстановителя.
5. Стеклообразная химическая посуда с плоским или круглым дном и узким горлом.
8. Прибор, используемый для очищения воды посредством перегонки.
10. Существование двух и более простых веществ одного и того же химического элемента.
11. Благородный газ, используемый в пищевой промышленности как упаковочный газ.
13. Вещество, в состав которого входят атомы, присоединяющие к себе во время химической реакции электроны.
15. Химический элемент 10-й группы (по устаревшей классификации — побочной подгруппы восьмой группы, VIIIВ), благородный металл, используемый в ювелирном деле.
17. Вещество KO_2 называется ... калия.
18. Наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами.

Ответ:

По горизонтали: По вертикали:

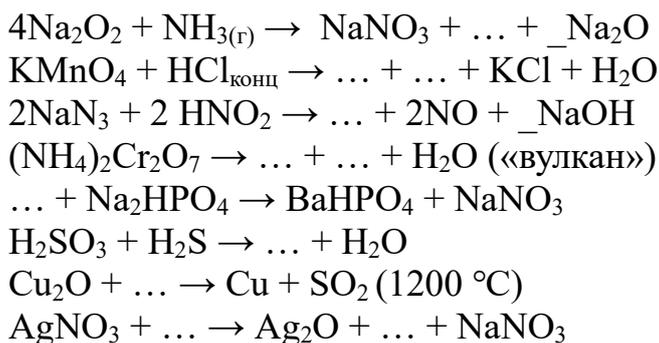
- | | |
|------------------|--------------------------|
| 1. амфотерность | 4. диспропорционирование |
| 2. нейтрализации | 5. колба |
| 3. стекло | 8. дистиллятор |
| 6. ковалентная | 10. аллотропия |
| 7. спиртовка | 11. аргон |
| 9. магний | 13. окислитель |
| 12. разложения | 15. платина |
| 14. катион | 17. надоксид |
| 15. пирит | 18. молекула |
| 16. возгонка | |
| 19. щелочь | |

Критерии оценивания:

- За каждое верно определенное слово кроссворда – по 1 баллу – 20 баллов
Итого: 20 баллов.

Задание 4. Козни волшебников. (25 баллов)

В лаборатории Зельеварения Школы Магии и Совершенства Хоумвартс произошло странное событие — часть химических реакций, написанных на доске, просто исчезла! Остались только фрагменты. Под подозрение попали конкуренты из Института Другостранг, которые хотели помешать получению нового Зелья. Помогите ученикам Хоумвартса завершить исследования. Ваша задача — заполнить пропуски и восстановить реакции. Не забудьте указать окислители и восстановители в ОВР и уравнять все реакции. Учтите, что волшебники из Другостранга стерли и часть коэффициентов.



Ответ:



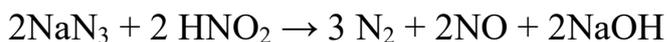
O_2^- - окислитель

NH_3 - восстановитель



MnO_4^- - окислитель

Cl^- - восстановитель



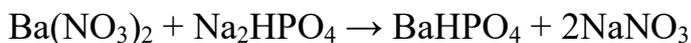
NO_2^- - окислитель

N_3^- - восстановитель



$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ - окислитель

NH_4^+ - восстановитель



He ОВР



SO_3^{2-} - окислитель

S^{2-} - восстановитель



Cu^+ - окислитель

S^{2-} - восстановитель



He ОВР

Критерии оценивания:

За каждую верно написанную реакцию – по 2 балла – 16 баллов (если реакция не уравнена – по 1 баллу)

- За верно указанные окислители и восстановители для каждой ОВР – по 1,5 балла – 9 баллов

Итого: 25 баллов

Задание 5. «Профильтровали, высушили, прокалили, взвесили». (20 баллов)

Гравиметрический метод анализа основан на отделении определяемого компонента в виде малорастворимого соединения, которое после соответствующей обработки (отделение от раствора, промывание, высушивание или прокаливание до постоянной массы) взвешивают. При этом вещество, подлежащее взвешиванию, называют гравиметрической формой. Для пересчета массы осадка в массу определяемого компонента вводят гравиметрический фактор:

$$F = \frac{\text{молярная масса определяемого компонента}}{\text{молярная масса гравиметрической формы}}$$

Тогда содержание определяемого компонента (P, %):

$$P = \frac{m_{\text{гравиметрической формы}} * F * 100\%}{m_{\text{исх. навески}}}$$

Для определения бария в смеси солей $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{KNO}_3$ навеску массой 0,32 г растворили в 150 мл воды, нагрели и осадили барий серной кислотой с концентрацией 2 моль/л. Для расчета количества добавляемой кислоты приняли, что смесь состоит только из $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Полученный результат взяли с 85%-ным избытком для обеспечения полноты осаждения. После добавления серной кислоты полученную суспензию оставили на сутки, осадок профильтровали, высушили, прокалили при 800 °С и взвесили. Масса гравиметрической формы составила 0,2 г.

1. Напишите уравнения реакций, протекающие между компонентами смеси и серной кислотой.
2. Определите объем (в мл) серной кислоты, взятый для осаждения бария. Не забудьте про 85%-ный избыток!
3. Найдите гравиметрический фактор (F) для ионов бария.
4. Рассчитайте содержание ионов бария (P, %) и массовую долю нитрата калия в исходной смеси.

Ответ:

$\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ - не взаимодействуют.

2. Определим объем серной кислоты, взятой для осаждения бария:

Рассчитаем количество серной кислоты, необходимое по уравнению

реакции:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,32 / (137 + 71 + 2 \cdot 18) = 0,0013 \text{ моль}$$

И учтем 85% избыток:

$$0,0013 \cdot 1,85 = 0,0024 \text{ моль}$$

Объем серной кислоты:

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0024 / 2 \cdot 1000 = 1,2 \text{ мл}$$

3. $F = 137 / (137 + 32 + 16 \cdot 4) = 0,59$

4. $P(\text{Ba}) = 0,2 \cdot 0,59 \cdot 100 / 0,32 = 36,9 \%$

Массовая доля бария в $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

$$\omega\%(\text{Ba}) = 137 / (137 + 71 + 2 \cdot 18) \cdot 100 = 56,15 \%$$

Тогда массовая доля $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в смеси = $36,9 \cdot 100 / 56,15 = 65,7 \%$

Отсюда массовая доля KNO_3 в смеси = $100 - 65,7 = 34,3 \%$

Критерии оценивания:

- За уравнение реакции хлорида бария с серной кислотой – 2 балла
- За указание непротекания реакции хлорида натрия с серной кислотой – 1 балл
- За определение количества моль серной кислоты, взятой для осаждения бария – 4 балла
- За расчет объема серной кислоты, взятой для осаждения бария – 3 балла
- За расчет гравиметрического фактора – 3 балла
- За определение содержания ионов бария в смеси – 3 балла
- За определение массовой доли хлорида натрия в смеси – 4 балла

Итого: 20 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1											18							
1	H 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium															Ne 10 20,1798 0 Неон Neon	
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium															Ar 18 39,95 0 Аргон Argon	
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 Криптон Krypton
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 Ксенон Xenon
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +4 Осний Osmium	Ir 77 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 Радон Radon
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннесси Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson

символ — **Po** — атомный номер — **84**

стандартная атомная масса — **208,9824** — устойчивая степень окисления — **+4**

название на русском — **Полоний** — относительный размер атома

на английском — **Polonium** — радиоактивный

полуметалл

s-элементы

p-элементы

d-элементы

f-элементы



Ce 58 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium
Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [260] +3 Лоуренсий Lawrencium

Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	-	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	-	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	-	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается

Химия 9 класс. Вариант 1

Задание 1. Синтез-газ. (20 баллов)

Смесь водорода и монооксида углерода является важным сырьем в органическом синтезе. Данную смесь в массовом отношении $H_2:CO = 6:5$ сожгли в избытке кислорода, а полученные продукты пропустили через раствор едкого натра, взятый в стехиометрическом количестве, что привело к образованию 300 г раствора с массовой долей растворенного вещества 8 %. Известно, что полученный в ходе данной реакции продукт не вступает в реакцию с щелочами.

1. Рассчитайте массовую долю едкого натра в исходном растворе.
2. Напишите уравнения химических реакций монооксида углерода с хлором, оксидом серы (IV), оксидом меди (II), оксидом йода (V).

Ответ:

1. Реакция 1: $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$
Реакция 2: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
Реакция 3: $2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$
 $m(Na_2CO_3) = m_{p-ра} \cdot \omega = 300 \cdot 0,08 = 24 \text{ г}$
 $n(Na_2CO_3) = m/M = 24/106 = 0,23 \text{ моль}$
 $n(CO_2) = n(CO) = n(Na_2CO_3) = 0,23 \text{ моль}$
 $n(NaOH) = 2n(Na_2CO_3) = 0,23 \text{ моль} \cdot 2 = 0,46 \text{ моль}$
 $m(NaOH) = n \cdot M = 0,46 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 18,4 \text{ г}$
 $m(CO_2) = n \cdot M = 0,23 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 10,12 \text{ г}$
 $m(CO) = n \cdot M = 0,23 \text{ моль} \cdot 28 \text{ г/моль} = 6,44 \text{ г}$
По условию задачи $m(H_2): m(CO) = 6:5$
 $m(H_2): 6,44 = 6:5$
 $m(H_2) = 6,44 \cdot 6:5 = 7,728 \text{ г}$
 $n(H_2) = m/M = 7,728/2 = 3,864 \text{ моль}$
 $n(H_2) = n(H_2O)$
 $m(H_2O) = n \cdot M = 3,864 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 69,552 \text{ г}$
 $m(\text{исходного р-ра NaOH}) = m_{p-ра}(NaOH) - m(CO_2) - m(H_2O) = 300 - 10,12 - 69,552 = 220,358 \text{ г}$
 $\omega(NaOH) = m(NaOH)/(m(\text{исходного р-ра NaOH})) = 18,4/220,358 = 8,35 \%$
2. Реакция 4: $CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$
Реакция 5: $2CO + SO_2 \rightarrow 2CO_2 + S$
Реакция 6: $CO + CuO \rightarrow Cu + CO_2$
Реакция 7: $CO + I_2O_5 \rightarrow 5CO_2 + I_2$

Критерии оценивания:

- За написание уравнений реакций 1-3 – по 2 балла – 6 баллов
За верное расчет массовой доли едкого натра в исходном растворе – 6 баллов
За верное написание уравнений реакции 4-7 – по 2 балла – 8 баллов
Итого: 20 баллов.

Задание 2. Профессорская задача. (20 баллов)

Преподаватель по аналитической химии Злодейкин Людомир Сергеевич часто проводил контрольные работы для своих студентов в виде практикума по обнаружению катионов. Для новой контрольной работы Людомир Сергеевич приготовил 5 пробирок, в которых находились растворы $ZnSO_4$, NH_4Cl , $Pb(NO_3)_2$, KOH , HCl , но где какой раствор был приготовлен, Людомир Сергеевич в силу своего почтенного возраста забыл.

1. Помогите Людомиру Сергеевичу распознать растворы в пробирках, используя **ТОЛЬКО** эти же вещества. Ваши ответы обоснуйте, приведя уравнения химических реакций обнаружения каждого из веществ в ионном и молекулярном виде.

2. **ОБЯЗАТЕЛЬНО** укажите признаки химических реакций при сливании растворов в ходе определения. Иначе ни Людомир Сергеевич, ни студенты не приступят к занятию!

Указание: решение удобно приводить в виде таблицы, в которой по вертикали и горизонтали расположены указанные вещества, а на пересечении соответствующих столбцов и строк отмечены эффекты химических реакций.

Ответ:

Все осадки в таблице белого цвета:

№ пробирки	1	2	3	4	5
Вещество	HCl	$NaOH$	$Pb(NO_3)_2$	NH_4Cl	$ZnSO_4$
HCl		-	↓ Раств. при нагревании	-	-
$NaOH$	-		↓ Раств. в избытке $NaOH$	↑	↓ Раств. в избытке $NaOH$
$Pb(NO_3)_2$	↓ Раств. при нагревании	↓ Раств. в избытке $NaOH$		↓ Раств. при нагревании	↓
NH_4Cl	-	↑	↓ Раств. при нагревании		-
$ZnSO_4$	-	↓ Раств. в избытке $NaOH$	↓	-	

Уравнения химических реакций:

- $2\text{HCl} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbCl}_2(\text{малорастворимый}) + 2\text{HNO}_3$
 $2\text{Cl}^- + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbCl}_2$
- $2\text{NaOH} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$
 $\text{OH}^- + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Pb}(\text{OH})_2$
- $2\text{NaOH} + \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
 $2\text{OH}^- + \text{Zn}^{2+} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$
- $\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH}_{\text{изб}} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4]$
 $\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$
- $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_3\uparrow + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaOH}_{\text{изб}} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$
 $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$
- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{PbCl}_2(\text{малорастворимый}) + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$
 $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{PbCl}_2$
- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4\downarrow + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2$
 $\text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4\downarrow$

Критерии оценивания:

За каждое верно определенное вещество в пробирке – по 2 балла (2×5) – 10 баллов;

За верное написание уравнений химических реакций (в молекулярном виде), лежащих в основе определения веществ – по 1 баллу (0,5×8) – 4 балла;

За верное написание уравнений химических реакций (в ионном виде), лежащих в основе определения веществ – по 1 баллу (0,5×8) – 4 балла;

За верное указание признаков протекания химических реакций (изменение цвета, образование/растворение осадка, выделение газа, появление запаха): – по 0,25 балла (0,25×8) – 2 балла

Итого: 20 баллов.

Задание 3. Не пероксид!!! (20 баллов)

X – бинарное соединение, тёмно-коричневый порошок, практически нерастворимый в воде, растворах разбавленных кислот и щелочей. В «старой» литературе очень часто к названию вещества **X** приписывали приставку «пероксид», что в корне неверно, поскольку в структуре этого соединения отсутствуют пероксидные группы -O-O-. В ходе химического анализа установили, что **X** содержит 86,61 мас. % элемента **Y**. **X** растворяется в кипящем концентрированном растворе каустической соды с образованием комплексного соединения (К.Ч. = 6) (реакция 1), взаимодействие **X** с концентрированной соляной кислотой приводит к выделению газа с относительной плотностью по гелию 17,75 (реакция 2), а взаимодействие с горячей концентрированной серной кислотой сопровождается выделением

кислорода (реакция 3). Обладая сильными окислительными свойствами, X окисляет $MnSO_4$ в среде H_2SO_4 до марганцевой кислоты (реакция 4). В промышленности X получают обработкой азотной кислотой оксида Z, который содержит 90,69 мас. % Y (реакция 5). Само же соединение Z может быть получено при прокаливании мелкодисперсного монооксида Y в токе воздуха (реакция 6) или при распылении раскалённого металла в кислороде (реакция 7).

1. Определите формулы X, Y, Z. К какому классу химических соединений принадлежат X и Z? Определите степень окисления элемента Y, входящего в состав X и Z.

2. Напишите уравнения химических реакций 1-7.

Ответ:

1. Установим химическую формулу вещества X, предположив, что формула перекиси X – $MxOy$

MO . $x:y = 86,61/x : 13,39/16 = 86,61/x : 0,836 = 1:1 \rightarrow x = 103,6$ г/моль
(оксида с таким составом нет)

MO_2 . $x:y = 86,61/x : 13,39/16 = 86,61/x : 0,836 = 1:2 \rightarrow x = 207,2$ г/моль (Y – Pb, свинец, значит X – PbO_2)

Установим состав-оксида Z, который содержит 90,89 мас. % Pb:

$x:y = 90,69/207 : 9,34/16 = 0,438:0,584 = 1:1,33 \rightarrow 3:4$ Z – Pb_3O_4

$Pb^{+4}O_2$ – амфотерный оксид

Pb_3O_4 - смешанный оксид свинца (II, IV) или плюмбат свинца ($Pb^{+2}_2Pb^{+4}O_4$). Можно отнести к классу оксидов или, исходя из второго способа написания, к соли.

2. $PbO_2 + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow Na_2[Pb(OH)_6]$ (К.Ч. = 6) (реакция 1)

$PbO_2 + 4HCl \rightarrow PbCl_2 + Cl_2 + H_2O$ (реакция 2) ($M(Cl_2) = 17,75 \cdot 4 = 71$ г/моль)

$4PbO_2 + 4H_2SO_4 \rightarrow 4PbHSO_4 + 3O_2 + 2H_2O$ (реакция 3)

$2MnSO_4 + 3H_2SO_4 + 5PbO_2 \rightarrow 2HMnO_4 + 5PbSO_4 + 2H_2O$ (реакция 4)

$Pb_3O_4 + HNO_3 \rightarrow PbO_2 + 2Pb(NO_3)_2 + 2H_2O$ (реакция 5)

$6PbO + O_2 \rightarrow 2Pb_3O_4$ (реакция 6)

$3Pb + 2O_2 \rightarrow Pb_3O_4$ (реакция 7)

Критерии оценивания:

За установление формулы вещества X, Y, Z – по 1 баллу – 3 балла

За определение степени окисления металла, входящего в состав X и Z – по 1 баллу – 2 балла

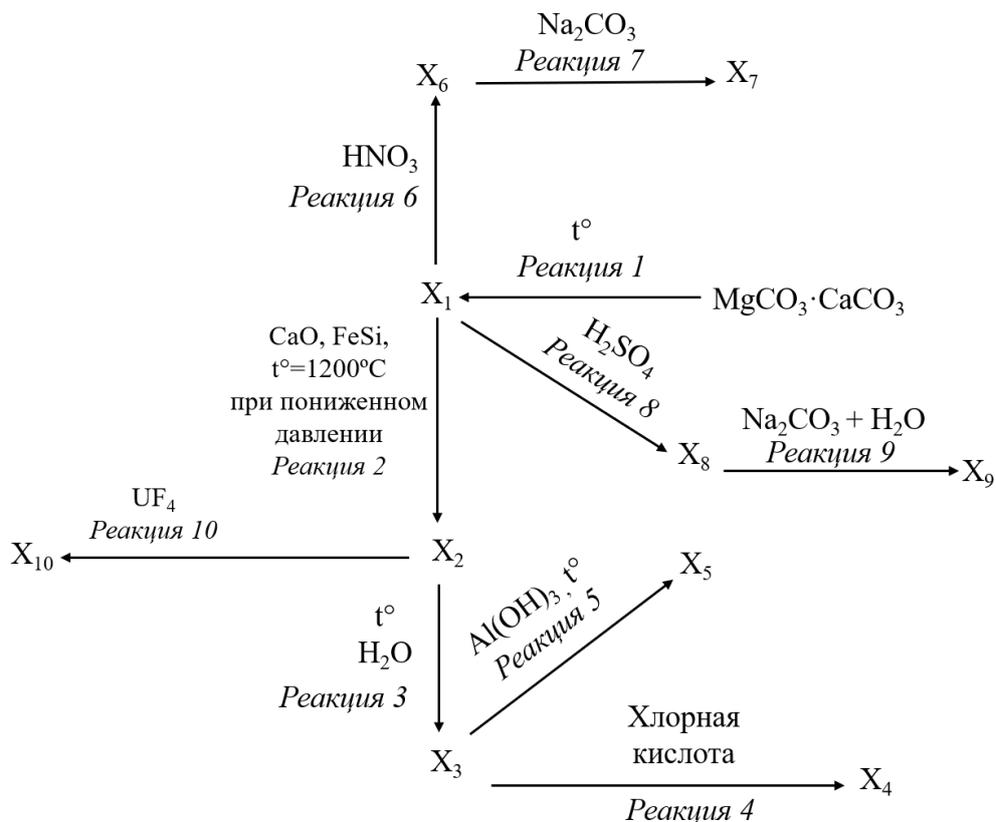
За указание класса хим. соединений, к которым принадлежат X и Z – по 0,5 балла – 1 балл

За написание уравнений реакций 1-7 – по 2 балла – 14 баллов

Итого: 20 баллов.

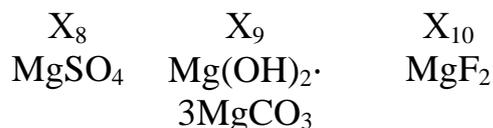
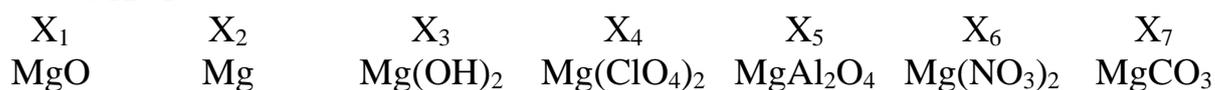
Задание 4. Соединения магния. (20 баллов)

Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и определите вещества X₁-X₁₀:



Известно, что во всех местах зашифрованы соединения магния, X₄ – средняя соль, X₅ – смешанный оксид; соотношение $n(\text{CO}_3^{2-}):n(\text{OH}^-)$ в X₉ равно 1,5.

Ответ:



- $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CaO} + 2\text{CO}_2$
- $2\text{MgO} + 2\text{CaO} + \text{FeSi} \rightarrow 2\text{Mg} + \text{Fe} + \text{Ca}_2\text{SiO}_4$
- $\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 + \text{H}_2$
- $\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{HClO}_4 \rightarrow \text{Mg(ClO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{MgAl}_2\text{O}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
- $\text{MgO} + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Mg(NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 + 2\text{NaNO}_3$
- $\text{MgO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $5\text{MgSO}_4 + 5\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \cdot 3\text{MgCO}_3 + \text{Mg(HCO}_3)_2 + 5\text{Na}_2\text{SO}_4$
 $n(\text{CO}_3^{2-}):n(\text{OH}^-) = 3/2 = 1,5$
- $\text{UF}_4 + 2\text{Mg} \rightarrow \text{U} + 2\text{MgF}_2$

Критерии оценивания:

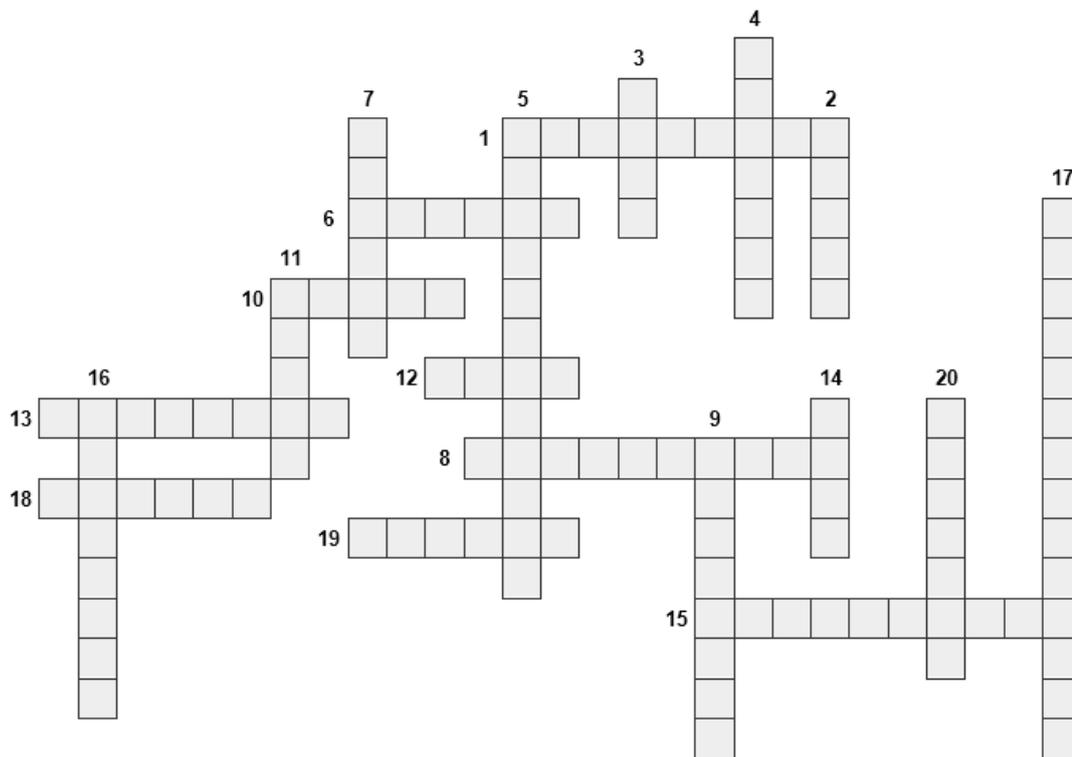
За установление веществ X_1 - X_{10} – по 1 баллу– 10 баллов

За верное написание уравнений реакций 1-10– по 1 баллу – 10 баллов

Итого: 20 баллов

Задание 5. Химия «в клеточку». (20 баллов)

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово».



1. Химическая посуда, в которой поддерживается определённая влажность воздуха (обычно близкая к нулю). Изготавливается из толстого стекла или (реже) пластика.

2. Металл, который при комнатной температуре находится в жидком состоянии.

3. Металл, который входит в состав жемчуга, белой краски и мазей для лечения кожных заболеваний.

4. Электронная конфигурация этого атома может записана как $[\text{Kr}] 4d^7 5s^1$

5. Наука, изучающая химические явления, происходящие при протекании электрического тока через вещества.

6. Один из семи металлов древности, известный с незапамятных времен. «Семь металлов создал свет по числу семи планет». Металл, который обозначал планету Сатурн.

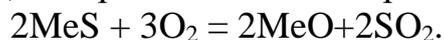
7. Химический элемент, образующий простое вещество, аллотропные модификации которого бывают белого, красного и чёрного цвета.

8. Метод количественного анализа в аналитической химии, основанный на измерении объёма раствора реактива точно известной концентрации, расходуемого для реакции с определяемым веществом.

9. Этот металл может быть получен путем электролиза раствора его оксида в расплавленном криолите.

10. Металл, который при низкой температуре боится «чумой».

11. Названия процесса, который описывается реакцией:



12. Главный компонент вдыхаемого воздуха, которым в чистом виде дышать нельзя.

13. Платиноид, по производству которого Россия занимает 1 место.

14. Металл, который входит в состав малахита и халькопирита.

15. Это свойство было обнаружено практически у всех элементов 18 группы Периодической таблицы — гелия, неона, аргона, ксенона, криптона, радона.

16. Число, обозначающее физическую величину, численно равную количеству атомов, молекул, ионов, или любых других частиц в 1 моле вещества.

17. Общее название группы из 17 элементов, сравнительно редко встречающихся в земной коре, и образующих тугоплавкие, практически не растворимые в воде оксиды.

18. Сырьё, используемое для получения алюминия.

19. Металл, который тает в ладошке.

20. Химический элемент, образующий простое вещество, аллотропные модификации которого, по шкале относительной твёрдости Мооса составляют 1 и 10.

Ответ:

1. эксикатор
2. ртуть
3. цинк
4. рутений
5. электрохимия
6. свинец
7. фосфор
8. титрование
9. алюминий
10. олово
11. обжиг
12. азот
13. палладий
14. медь
15. инертность
16. Авогадро
17. редкоземельные
18. боксит
19. галлий
20. углерод

Критерии оценивания:

За каждое верно отгаданное слово – по 1 баллу – 20 баллов

Итого: 20 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1																	18	
1	H 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 4,0026 0 Гелий Helium
2	Li 6,94 +1 Литий Lithium	Be 9,0122 +2 Бериллий Beryllium															Ne 20,1798 0 Неон Neon	
3	Na 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 24,305 +2 Магний Magnesium															Ar 39,95 0 Аргон Argon	
4	K 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 47,867 +4 Титан Titanium	V 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 54,938 +2 Марганец Manganese	Fe 55,845 +3 Железо Iron	Co 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 63,546 +2 Медь Copper	Zn 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 72,63 +4 Германий Germanium	As 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 78,971 +4 Селен Selenium	Br 79,904 +1 Бром Bromine	Kr 83,798 +2 Криптон Krypton
5	Rb 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 95,95 +4 Молибден Molybdenum	Tc 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 114,818 +3 Индий Indium	Sn 118,71 +4 Олово Tin	Sb 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 126,9045 +1 Иод Iodine	Xe 131,293 +6 Ксенон Xenon
6	Cs 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 137,327 +2 Барий Barium	La 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 190,23 +8 Осмий Osmium	Ir 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 195,084 +4 Платина Platinum	Au 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 208,9824 +4 Полоний Polonium	At [210] -1 Астат Astatine	Rn [222] +2 Радон Radon
7	Fr [223] +1 Франций Francium	Ra 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg [269] (+6) Сибборгий Seaborgium	Bh [270] (+7) Борий Bohrium	Hs [289] (+8) Хассий Hassium	Mt [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh [286] ? Нихоний Nihonium	Fl [290] ? Флеровий Flerovium	Mc [290] ? Московский Moscovium	Lv [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts [294] ? Теннесси Tennessine	Og [294] ? Оганесон Oganesson

символ — **Po** — атомный номер — **84**

стандартная атомная масса — **208,9824** — устойчивая степень окисления — **+4**

название на русском — **Полоний** — относительный размер атома

на английском — **Polonium** — радиоактивный

полуметалл

■ s-элементы

■ p-элементы

■ d-элементы

■ f-элементы



Ce 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm [145] +3 Прометий Promethium	Sm 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 151,964 +3 Европий Europium	Gd 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 174,9668 +3 Лютеций Lutetium
Th 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu [244] +3 Плутоний Plutonium	Am [243] +3 Америций Americium	Cm [247] +3 Кюрий Curium	Bk [247] +3 Берклий Berkelium	Cf [251] +3 Калифорний Californium	Es [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm [257] +3 Фермий Fermium	Md [258] +3 Менделевий Mendelevium	No [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr [260] +3 Лоуренсий Lawrencium

Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	-	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	-	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	-	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается

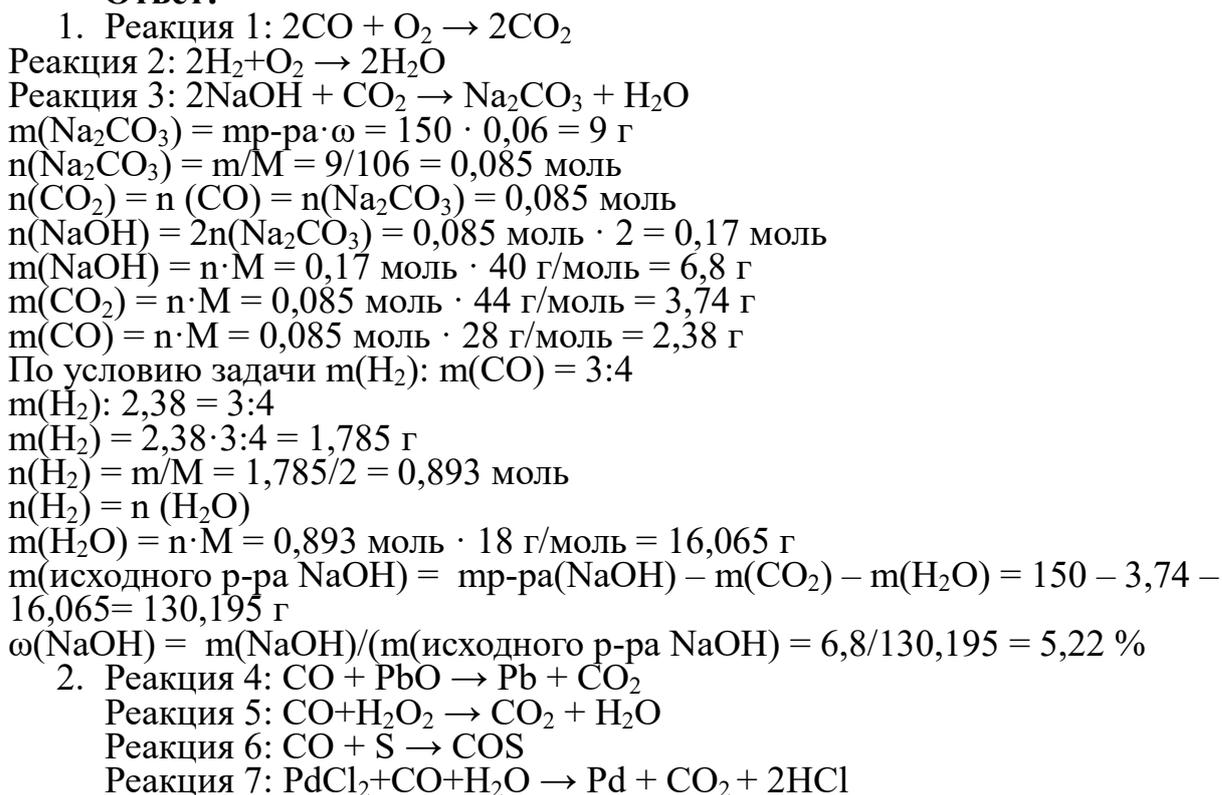
Химия 9 класс. Вариант 2

Задание 1. Синтез-газ. (20 баллов)

Смесь водорода и монооксида углерода является важным сырьем в органическом синтезе. Данную смесь в массовом отношении $H_2:CO = 3:4$ сожгли в избытке кислорода, а полученные продукты пропустили через раствор едкого натра, взятый в стехиометрическом количестве, что привело к образованию 150 г раствора с массовой долей растворенного вещества 6 %. Известно, что полученный в ходе данной реакции продукт не вступает в реакцию с щелочами.

1. Рассчитайте массовую долю едкого натра в исходном растворе.
2. Напишите уравнения химических реакций монооксида углерода с оксидом свинца(II), пероксидом водорода, плавленной серой и водным раствором хлорида палладия (II).

Ответ:



Критерии оценивания:

- За написание уравнений реакций 1-3 – по 2 балла – 6 баллов
За верное расчет массовой доли едкого натра в исходном растворе – 6 баллов
За верное написание уравнений реакции 4-7 – по 2 балла – 8 баллов

Итого: 20 баллов

Задание 2. Профессорская задача. (20 баллов)

Преподаватель по аналитической химии Злодейкин Людомир Сергеевич решил провести контрольную работу для своих студентов в виде практикума по разделению катионов. Для проведения контрольной работы Людомир Сергеевич приготовил раствор, содержащий катионы Fe^{3+} , Pb^{2+} , Ba^{2+} , Al^{3+} , который он разлили всем студентам в химические стаканы. Студент Антон, получив заветный химический стакан с образцом, сперва испугался, но Людомир Сергеевич успокоил нашего друга, сказав, что разделять данные катионы надо будет **ТОЛЬКО** с использованием K_2SO_4 , KOH , KCl и HNO_3 , потому что Людомир Сергеевич, в силу своего почтенного возраста, забыл, где лежит ключ от шкафа с остальными реактивами.

1. Помогите Антону разделить находящиеся в растворе катионы. Приведите уравнения реакций обнаружения каждого катиона в ионном виде.

2. Опишите порядок добавления реагентов и порядок выделения катионов. **ОБЯЗАТЕЛЬНО** укажите признаки химических реакций при обнаружении каждого катиона.

Ответ:

1. Сперва необходимо провести отделение катиона Pb^{2+} действием KCl :

Реакция 1: $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{PbCl}_2\downarrow$ образуется белый осадок.

Затем следует проверить полноту осаждения PbCl_2 . Для этого необходимо добавить избыток раствора KCl . Если осадок не образуется, значит Pb^{2+} полностью осел

Дадим некоторое время осадку PbCl_2 отстояться, декантируем, а затем используем надосадочный раствор для проведения отделения Ba^{2+} добавлением K_2SO_4 :

Реакция 2: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$ образуется белый осадок.

Затем следует проверить на полноту осаждения BaSO_4 . Для этого необходимо добавить избыток раствора K_2SO_4 . Если осадок не образуется, значит Ba^{2+} полностью осел.

Дадим некоторое время осадку BaSO_4 отстояться, декантируем, сольем надосадочный раствор и подействуем на него избытком раствора KOH :

Реакция 3: $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$ образуется бурый осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$, а образующийся белый осадок $\text{Al}(\text{OH})_3$ (**Реакция 4:** $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow$), который растворится в избытке KOH (**Реакция 5:** $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{OH}^- \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$ или $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$)

Дадим осадку $\text{Fe}(\text{OH})_3$ отстояться, декантируем, сольем надосадочный раствор и немного подкислим его разбавленным раствором HNO_3 :

Реакция 6: $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-} + 3\text{H}^+ \rightarrow 3\text{H}_2\text{O} + \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow$ или $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$

2. Порядок добавления реагентов: KCl , K_2SO_4 , KOH , HNO_3

Порядок выделения катионов: Pb^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{3+} и Al^{3+}

Критерии оценивания:

За каждый разделенный катион с указанием оценки полноты осаждения – по 2 балла (2×4) – 8 баллов

За верное написание уравнений реакций разделения катионов в ионном виде – по 1 баллу (1×6) – 6 баллов;

За верно указанный порядок добавления реагентов – 3 балла;

За верно указанный порядок выделения катионов – 3 балла.

Итого: 20 баллов.

Задание 3. Не пероксид!!! (20 баллов)

X – бинарное соединение, тёмно-коричневый порошок, нерастворимый в воде, содержащий 63,22 мас. % элемента **Y**. **X** – весьма активное соединение: окисляет концентрированную соляную кислоту до хлора (реакция 1), при сплавлении с CaO образует соль, которая имеет кубическую структуру перовскита ABO_3^* (реакция 2), а при действии порошкообразного алюминия на **X** образуется простое вещество элемента **Y** (реакция 3), в ходе данной реакции выделяется большое количество теплоты. При взаимодействии с сильными окислителями, например, $KClO_3$ в присутствии NaOH, **X** окисляется до соединения, в котором **Y** проявляет степень окисления +6 (реакция 4). В лабораторных условиях **X** может быть получен термическим разложением соли **Z**, содержащей 34,81 мас. % **Y**, 24,68 мас.% металла, ионы которого придают пламени фиолетовый цвет, и 40,51 мас. % кислорода (реакция 5). Известны и другие способы получения **X**, например, разложение оксида элемента **Y**, содержащего 50,45 мас. % кислорода. В данной реакции помимо **X** образуется еще два газа, а сама реакция может сопровождаться взрывом (реакция 6). Образуется **X** и при сгорании порошкообразного **Y** в кислороде (реакция 7)

1. Определите формулы **X**, **Y**, **Z**. К какому классу химических соединений принадлежат **X** и **Z**? Определите степени окисления металлов, входящих в состав **X** и **Z**.

2. Напишите уравнения химических реакций 1-7

* *Перовскит - это любой материал с кристаллической структурой, следующей формуле ABO_3 , которая была впервые обнаружена как минерал под названием перовскит, состоящий из оксида кальция и титана ($CaTiO_3$)*

Ответ:

1. Установим химическую формулу вещества **X**, предположив, что формула **X** – $MxOy$

$MO \quad 63,22/x : 36,78/16 = 1:1; \quad 63,22/x : 2,298 = 1; \quad 63,22/x = 2,298; \quad x = 27,5$

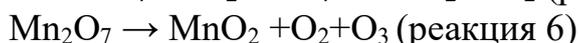
(под значение подходит алюминий, однако это не удовлетворяет условиям задачи)

$MO_2 \quad x:y = 63,22/x : 36,78/16 = 1:2; \quad 63,22/x : 2,298 = 0,5; \quad 63,22/x = 1,149; \quad x = 55,0 \rightarrow Y - Mn, \quad X - MnO_2$

Установим состав соли Z, содержит 34,81 мас. % металла Y и 24,68 мас.% металла, ионы которого придают пламени фиолетовый цвет.
 $x:y:z = 24,68/39,1 : 34,81/54,9 : 40,51/16 = 0,63: 0,63 : 2,53 = 1:1:4 \rightarrow Z - \text{KMnO}_4$

Mn^{+4}O_2 – амфотерный оксид

$\text{K}^{+1}\text{Mn}^{+7}\text{O}_4$ – калиевая соль марганцовой кислоты



Критерии оценивания:

За установление формулы вещества X, Y, Z – по 1 баллу – 3 балла

За определение степени окисления металлов, входящих в состав X и Z – по 1 баллу – 2 балла

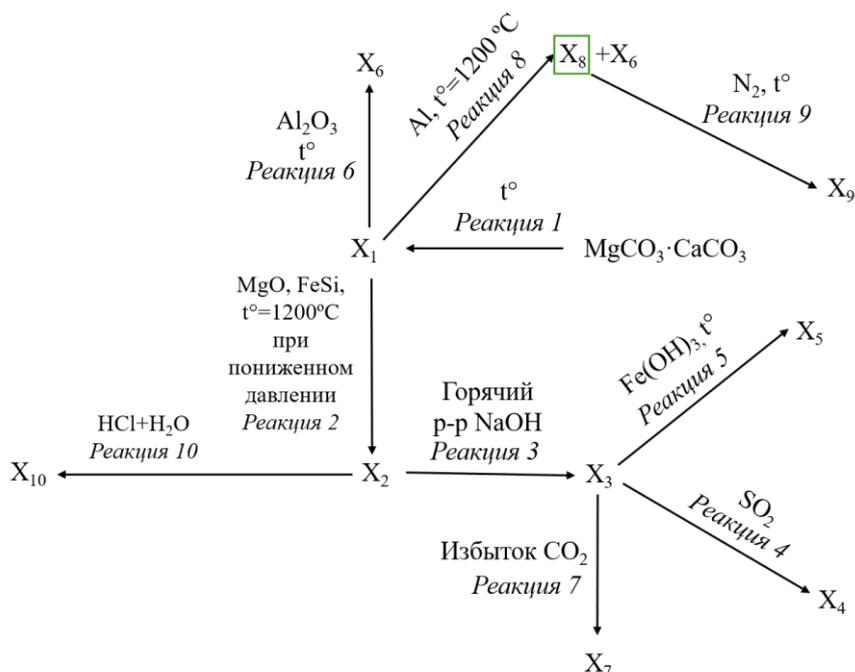
За указание класса хим. соединений, к которым принадлежат X и Z – по 0,5 балла – 1 балл

За написание уравнений реакций 1-7– по 2 балла – 14 баллов

Итого: 20 баллов

Задание 4. Соединения кальция. (20 баллов)

Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и определите вещества X₁-X₁₀.



Известно, что везде зашифрованы соединения кальция, X_5 и X_6 – смешанные оксиды, X_8 – простое вещество, а массовая доля кальция в X_2 равна 46,51 масс. %.

Ответ:

X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7
 CaO Ca_2SiO_4 $Ca(OH)_2$ $CaSO_3$ $CaFe_2O_4$ $Ca(AlO_2)_2$ $Ca(HCO_3)_2$

X_8 X_9 X_{10}
 Ca Ca_3N_2 $CaCl_2$

1. $MgCO_3 \cdot CaCO_3 \rightarrow MgO + CaO + 2CO_2$
2. $2MgO + 2CaO + FeSi \rightarrow 2Mg + Fe + Ca_2SiO_4$
3. $Ca_2SiO_4 + 4NaOH \rightarrow 2Ca(OH)_2 \downarrow + Na_4SiO_4 (Na_2SiO_3)$
4. $Ca(OH)_2 + SO_2 \rightarrow CaSO_3 + H_2O$
5. $Ca(OH)_2 + 2Fe(OH)_3 \rightarrow CaFe_2O_4 + 4H_2O$
6. $CaO + Al_2O_3 \rightarrow Ca(AlO_2)_2$
7. $Ca(OH)_2 + 2CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$
8. $4CaO + 2Al \rightarrow 3Ca + CaAl_2O_4$
9. $3Ca + N_2 \rightarrow Ca_3N_2$
10. $Ca_2SiO_4 + 4HCl + (n-2)H_2O \rightarrow 2CaCl_2 + SiO_2 \cdot nH_2O \downarrow$ (или $H_4SiO_4 \downarrow$ или $H_2SiO_3 \downarrow + H_2O$)

Критерии оценивания:

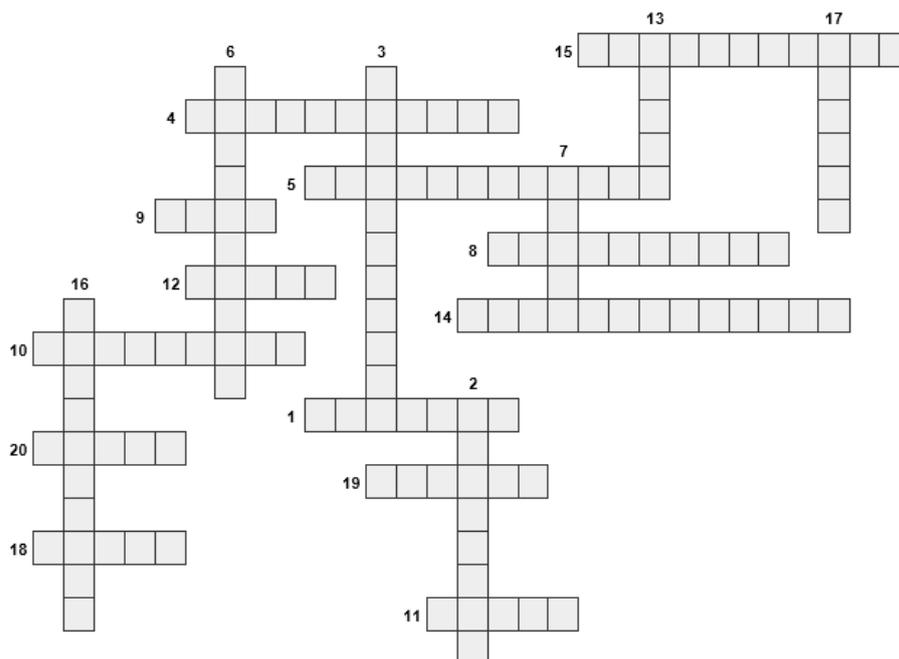
За установление веществ X_1 - X_{10} – по 1 баллу – 10 баллов

За верное написание уравнений реакций 1-10 – по 1 баллу – 10 баллов

Итого: 20 баллов

Задание 5. Химия «в клеточку». (20 баллов)

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово».



1. Лабораторный сосуд для точного определения небольших объёмов газов и жидкостей, который представляет собой тонкую градуированную стеклянную трубку, открытую на одном конце и снабжённую запорным краном или зажимом на другом.
2. Самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой.
3. Химическое вещество, ускоряющее реакцию, но не расходующееся в процессе реакции.
4. Ученый химик Я. Х. Вант-Гофф установил зависимость скорости химической реакции от этого фактора.
5. Свойство вещества изменять форму под внешним воздействием и сохранять принятую форму после прекращения этого воздействия.
6. Название процесса извлечения металла путём вытеснения из раствора его соли другим металлом, имеющим более отрицательный стандартный потенциал.
7. Вязкая маслянистая бесцветная жидкость, являющаяся раствором серного ангидрида в 100%-й серной кислоте H_2SO_4 .
8. Раствор или расплав солей, проводящий электрический ток.
9. Принцип работы первой зажигалки «дэберейнеровская лампа» (1823 г.) основан на выделении водорода при взаимодействии металла с серной кислотой. О каком металле идет речь?
10. Шведский химик, который установил закон постоянных пропорций - элементы в неорганических веществах связаны вместе в определённых пропорциях по весу.
11. Металл, который при комнатной температуре имеет плотность в 2 раза меньше плотности воды.
12. Электронная конфигурация этого атома может записана как $[\text{Rn}] 7s^2$.
13. Один из семи металлов древности, известный с незапамятных времен. «Семь металлов создал свет по числу семи планет». Металл, который обозначал планету Меркурий.
14. Способ получения металлов (титан, ниобий, цирконий и др.) из их оксидов металлическим алюминием (изобретенный Н. Н. Бекетовым) и применяемый для сварки рельсов и деталей стального литья.
15. Сплав на основе алюминия, содержащий медь, магний, марганец и никель, используемый в авиа- и автомобилестроении.
16. Индикатор, применяемый в аналитической химии и меняющий свой цвет в зависимости от кислотности среды от красного (кислотная среда) до жёлтого (щелочная среда).
17. Металл входящий в состав «метеоритного железа».
18. Соли какого щелочного металла окрашивают пламя в фиолетовый цвет?
19. Ионы какого металла наиболее распространены в водах мирового океана.
20. Металл, который входит в состав бронзы.

Ответ:

1. бюретка
2. коррозия
3. катализатор
4. температура
5. пластичность
6. цементация
7. олеум
8. электролит
9. цинк
10. Берцелиус
11. литий
12. радий
13. ртуть
14. алюминотермия
15. дюралюминий
16. метилоранж
17. никель
18. калий
19. натрий
20. олово

Критерии оценивания:

За каждое верно отгаданное слово – по 1 баллу – 20 баллов

Итого: 20 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1																	18	
1	H 1 1,008 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 Гелий Helium
2	Li 3 6,94 Литий Lithium	Be 4 9,0122 Бериллий Beryllium															Ne 10 20,1798 Неон Neon	
3	Na 11 22,9898 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 Магний Magnesium															Ar 18 39,95 Аргон Argon	
4	K 19 39,0983 Калий Potassium	Ca 20 40,078 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 Титан Titanium	V 23 50,9415 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 Хром Chromium	Mn 25 54,938 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 Железо Iron	Co 27 58,9332 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 Никель Nickel	Cu 29 63,546 Медь Copper	Zn 30 65,38 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 Германий Germanium	As 33 74,9216 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 Селен Selenium	Br 35 79,904 Бром Bromine	Kr 36 83,798 Криптон Krypton
5	Rb 37 85,4678 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 Молибден Molybdenum	Tc 43 98,9064 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 Серебро Silver	Cd 48 112,414 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 Индий Indium	Sn 50 118,71 Олово Tin	Sb 51 121,76 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 Иод Iodine	Xe 54 131,293 Ксенон Xenon
6	Cs 55 132,9055 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 Барий Barium	La 57 138,9055 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 Тантал Tantalum	W 74 183,84 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 Рений Rhenium	Os 76 190,23 Осмий Osmium	Ir 77 192,22 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 Платина Platinum	Au 79 196,9666 Золото Gold	Hg 80 200,592 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 Полоний Polonium	At 85 [210] Астат Astatine	Rn 86 [222] Радон Radon
7	Fr 87 [223] Франций Francium	Ra 88 226,0254 Радий Radium	Ac 89 227,0278 Актиний Actinium	Rf 104 [261] Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] Дубний Dubnium	Sg 106 [269] Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] Борий Bohrium	Hs 108 [277] Хассий Hassium	Mt 109 [278] Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] Нихоний Nihonium	Fl 114 [289] Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] Московский Moscovium	Lv 116 [293] Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] Теннессиин Tennessine	Og 118 [294] Оганесон Oganesson

СИМВОЛ — Po
 стандартная атомная масса — 208,9824
 название на русском — Полоний
 на английском — Polonium
 полуметалл

атомный номер — 84
 устойчивая степень окисления — +4
 относительный размер атома —
 радиоактивный

s-элементы
 p-элементы
 d-элементы
 f-элементы



Ce 58 140,116 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] Прометий Promethium	Sm 62 150,36 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 Европий Europium	Gd 64 157,25 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 Лютеций Lutetium
Th 90 232,0377 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 Уран Uranium	Np 93 237,0482 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] Плутоний Plutonium	Am 95 [243] Америций Americium	Cm 96 [247] Кюрий Curium	Bk 97 [247] Берклий Berkelium	Cf 98 [251] Калифорний Californium	Es 99 [252] Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] Фермий Fermium	Md 101 [258] Менделевий Mendelevium	No 102 [259] Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] Лоуренсий Lawrencium

Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	–	–	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	–	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	–	–	–	H	–	–	H	–	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	–	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	–	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	–	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	–	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P	–	P	P	P	P	P	–	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«–» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается

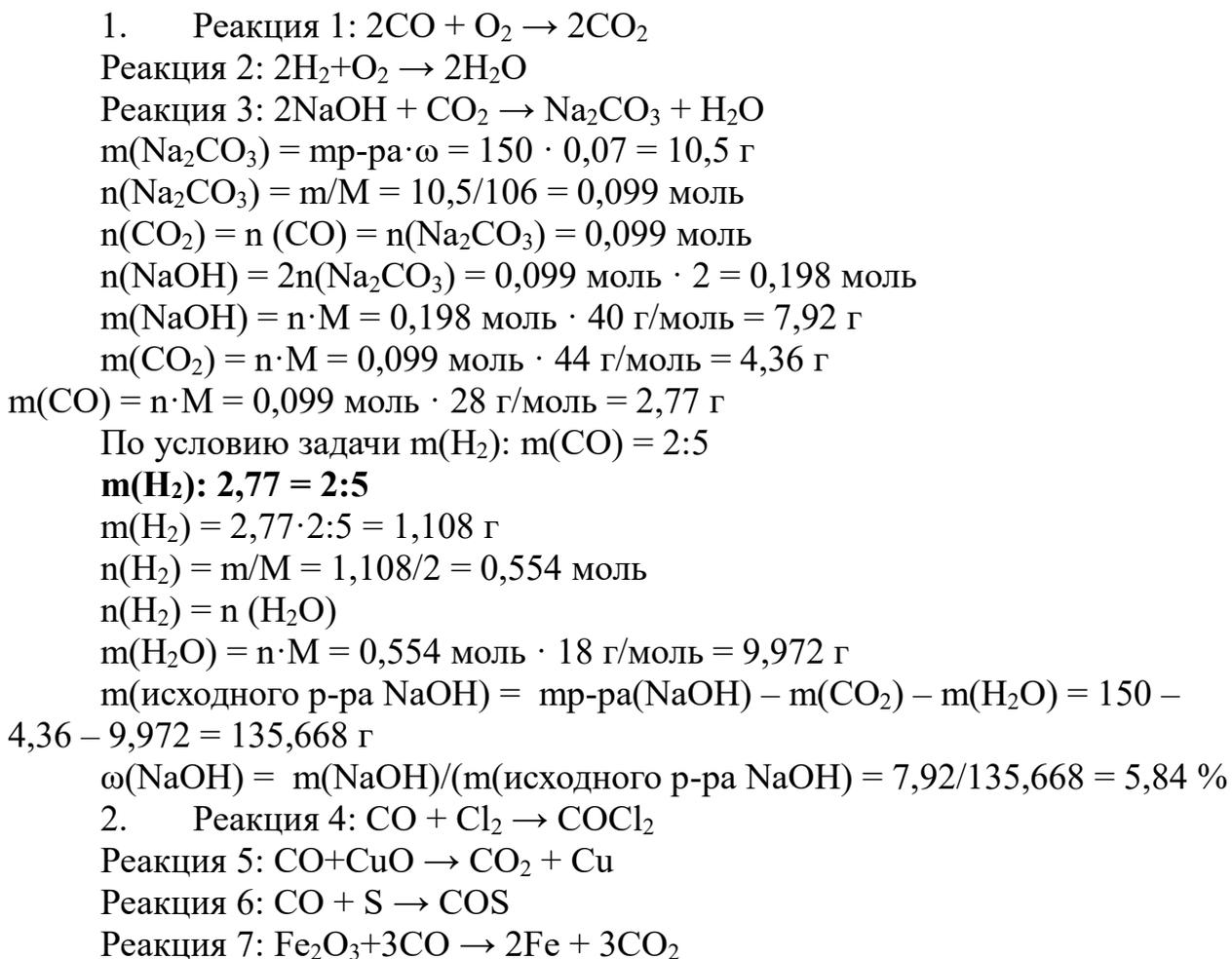
Химия 9 класс. Вариант 3

Задание 1. Синтез-газ. (20 баллов)

Смесь водорода и монооксида углерода является важным сырьем в органическом синтезе. Данную смесь в массовом отношении $H_2:CO = 2:5$ сожгли в избытке кислорода, а полученные продукты пропустили через раствор едкого натра, взятый в стехиометрическом количестве, что привело к образованию 150 г раствора с массовой долей растворенного вещества 7 %. Известно, что полученный в ходе данной реакции продукт не вступает в реакцию с щелочами.

1. Рассчитайте массовую долю едкого натра в исходном растворе.
2. Напишите уравнения химических реакций монооксида углерода с хлором (при 130 °С, $C_{акт}$), оксидом меди (II) (при нагревании), плавленной серой и оксидом железа (III).

Ответ:



Критерии оценивания:

За написание уравнений реакций 1-3 – по 2 балла – 6 баллов

За верное расчет массовой доли едкого натра в исходном растворе – 6 баллов
За верное написание уравнений реакции 4-7 – по 2 балла – 8 баллов

Итого: 20 баллов

Задание 2. Профессорская задача. (20 баллов)

Преподаватель аналитической химии Злодейкин Людомир Сергеевич решил провести контрольную работу для своих студентов в виде практикума по разделению катионов. Для проведения контрольной работы Людомир Сергеевич приготовил раствор, содержащий катионы Fe^{3+} , Pb^{2+} , Ba^{2+} , Al^{3+} , который он разлил всем студентам в химические стаканы. Студент Антон, получив заветный химический стакан с образцом, сперва испугался, но Людомир Сергеевич успокоил нашего друга, сказав, что разделять данные катионы надо будет **ТОЛЬКО** с использованием K_2SO_4 , KOH , KCl и HNO_3 , потому что Людомир Сергеевич в силу своего почтенного возраста забыл, где лежит ключ от шкафа с остальными реактивами.

1. Помогите Антону разделить находящиеся в растворе катионы. Приведите уравнения реакций обнаружения каждого катиона в ионном виде.

2. Опишите порядок добавления реагентов и порядок разделения катионов. **ОБЯЗАТЕЛЬНО** укажите признаки химических реакций при обнаружении каждого катиона.

Ответ:

1. Сперва необходимо провести отделение катиона Pb^{2+} действием KCl :
Реакция 1: $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{PbCl}_2\downarrow$ образуется белый осадок.

Затем следует проверить полноту осаждения PbCl_2 . Для этого необходимо добавить избыток раствора KCl . Если осадок не образуется, значит Pb^{2+} полностью осел

Дадим некоторое время осадку PbCl_2 отстояться, декантируем, а затем используем надосадочный раствор для проведения отделения Ba^{2+} добавлением K_2SO_4 :

Реакция 2: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$ образуется белый осадок.

Затем следует проверить на полноту осаждения BaSO_4 . Для этого необходимо добавить избыток раствора K_2SO_4 . Если осадок не образуется, значит Ba^{2+} полностью осел.

Дадим некоторое время осадку BaSO_4 отстояться, декантируем, сольем надосадочный раствор и подействуем на него избытком раствора KOH :

Реакция 3: $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$ образуется бурый осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$, а образующийся белый осадок $\text{Al}(\text{OH})_3$ (**Реакция 4:** $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow$), который растворится в избытке KOH (**Реакция 5:** $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{OH}^- \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$ или $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$)

Дадим осадку $\text{Fe}(\text{OH})_3$ отстояться, декантируем, сольем надосадочный раствор и немного подкислим его разбавленным раствором HNO_3 :

Реакция 6: $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-} + 3\text{H}^+ \rightarrow 3\text{H}_2\text{O} + \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow$ или $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$

2. Порядок добавления реагентов: KCl , K_2SO_4 , KOH , HNO_3

Порядок выделения катионов: Pb^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{3+} и Al^{3+}

Критерии Оценивания:

За каждый разделенный катион с указанием оценки полноты осаждения – по 2 балла (2×4) – 8 баллов

За верное написание уравнений реакций разделения катионов в ионном виде – по 1 баллу (1×6) – 6 баллов;

За верно указанный порядок добавления реагентов – 3 балла;

За верно указанный порядок выделения катионов – 3 балла.

Итого: 20 баллов.

Задание 3. Не пероксид!!! (20 баллов)

Вещество **X** – бинарное соединение, тёмно-коричневый порошок, нерастворимый в воде. В ходе химического анализа установлено, что **X** содержит 63,22 мас. % элемента **Y**. **X** – весьма активное соединение: окисляет концентрированную соляную кислоту до хлора (реакция 1), при сплавлении с CaO образует соль, которая имеет кубическую структуру перовскита ABO_3^* (реакция 2), а при действии порошкообразного алюминия на **X** образуется простое вещество элемента **Y** (реакция 3), в ходе данной реакции выделяется большое количество теплоты. При взаимодействии с сильными окислителями, например, $KClO_3$ в присутствии NaOH, **X** окисляется до соединения, в котором **Y** проявляет степень окисления +6 (реакция 4). В лабораторных условиях **X** может быть получен термическим разложением соли **Z**, содержащей 34,81 мас. % **Y**, 24,68 мас. % металла, ионы которого придают пламени фиолетовый цвет, и 40,51 мас. % кислорода (реакция 5). Известны и другие способы получения **X**, например, разложение оксида элемента **Y**, содержащего 50,45 мас. % кислорода. В данной реакции помимо **X** образуется еще два газа, а сама реакция может сопровождаться взрывом (реакция 6). Образуется **X** и при сгорании порошкообразного **Y** в кислороде (реакция 7).

1. Определите формулы **X**, **Y**, **Z**. К какому классу химических соединений принадлежат **X** и **Z**? Определите степени окисления элементов, входящих в состав **X** и **Z**.

2. Напишите уравнения химических реакций 1-7

* *Перовскит - это любой материал с кристаллической структурой, следующей формуле ABO_3 , которая была впервые обнаружена как минерал под названием перовскит, состоящий из оксида кальция и титана ($CaTiO_3$)*

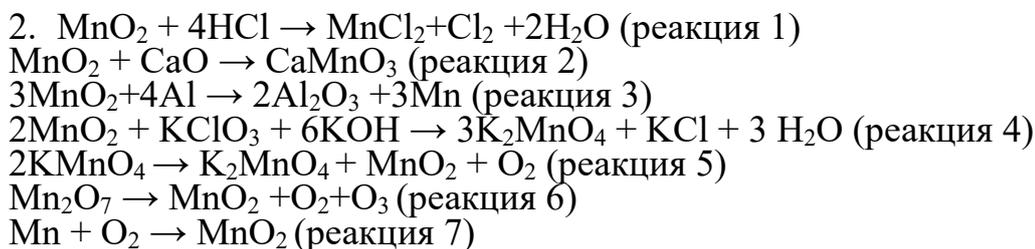
Ответ:

1. Установим химическую формулу вещества **X**, предположив, что формула **X** – $MxOy$

$MO \ 63,22/x : 36,78/16 = 1:1$; $63,22/x : 2,298 = 1$; $63,22/x = 2,298$; $x = 27,5$
(под значение подходит алюминий, однако это не удовлетворяет условиям задачи)

$MO_2 \ x:y = 63,22/x : 36,78/16 = 1:2$; $63,22/x : 2,298 = 0,5$; $63,22/x = 1,149$;
 $x = 55,0 \rightarrow Y - Mn, X - MnO_2$

Установим состав соли Z, содержит 34,81 мас. % металла Y и 24,68 мас. % металла, ионы которого придают пламени фиолетовый цвет.
 $x:y:z = 24,68/39,1 : 34,81/54,9 : 40,51/16 = 0,63 : 0,63 : 2,53 = 1:1:4 \rightarrow Z - \text{KMnO}_4$
 Mn^{+4}O_2 – амфотерный оксид
 $\text{K}^{+1}\text{Mn}^{+7}\text{O}_4$ – калиевая соль марганцевой кислоты



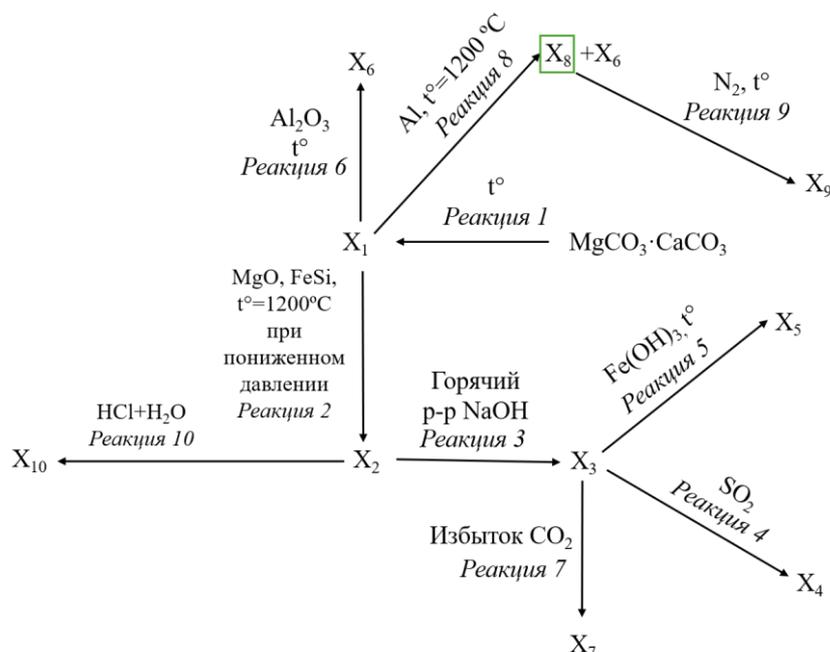
Критерии оценивания:

- За установление формулы вещества X, Y, Z – по 1 баллу – 3 балла
- За определение степени окисления металлов, входящих в состав X и Z – по 1 баллу – 2 балла
- За указание класса хим. соединений, к которым принадлежат X и Z – по 0,5 балла – 1 балл
- За написание уравнений реакций 1-7 – по 2 балла – 14 баллов

Итого: 20 баллов

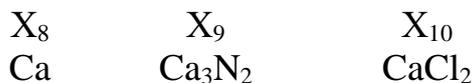
Задание 4. Соединения кальция. (20 баллов)

Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и определите вещества X₁-X₁₀.



Известно, что везде зашифрованы соединения кальция, X₅ и X₆ – смешанные оксиды, X₈ – простое вещество, а массовая доля кальция в X₂ равна 46,51 масс. %.

Ответ:



1. $MgCO_3 \cdot CaCO_3 \rightarrow MgO + CaO + 2CO_2$
2. $2MgO + 2CaO + FeSi \rightarrow 2Mg + Fe + Ca_2SiO_4$
3. $Ca_2SiO_4 + 4NaOH \rightarrow 2Ca(OH)_2 \downarrow + Na_4SiO_4 (Na_2SiO_3)$
4. $Ca(OH)_2 + SO_2 \rightarrow CaSO_3 + H_2O$
5. $Ca(OH)_2 + 2Fe(OH)_3 \rightarrow CaFe_2O_4 + 4H_2O$
6. $CaO + Al_2O_3 \rightarrow Ca(AlO_2)_2$
7. $Ca(OH)_2 + 2CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$
8. $4CaO + 2Al \rightarrow 3Ca + CaAl_2O_4$
9. $3Ca + N_2 \rightarrow Ca_3N_2$
10. $Ca_2SiO_4 + 4HCl + (n-2)H_2O \rightarrow 2CaCl_2 + SiO_2 \cdot nH_2O \downarrow$ (или $H_4SiO_4 \downarrow$ или $H_2SiO_3 \downarrow + H_2O$)

Критерии оценивания:

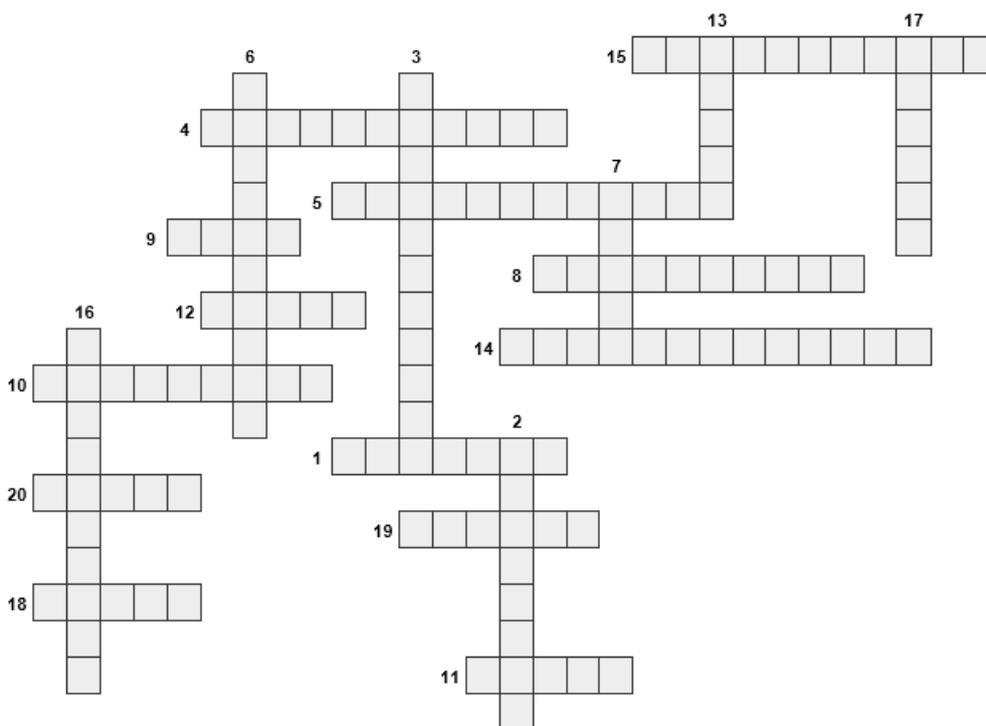
За установление веществ X₁-X₁₀ – по 1 баллу – 10 баллов

За верное написание уравнений реакций 1-10 – по 1 баллу – 10 баллов

Итого: 20 баллов

Задание 5. Химия «в клеточку». (20 баллов)

Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы запишите в формате «номер – слово».



1. Лабораторный сосуд для точного определения небольших объёмов газов и жидкостей, который представляет собой тонкую градуированную стеклянную трубку, открытую на одном конце и снабжённую запорным краном или зажимом на другом.
2. Самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой.
3. Химическое вещество, ускоряющее реакцию, но не расходующееся в процессе реакции.
4. Ученый химик Я. Х. Вант-Гофф установил зависимость скорости химической реакции от этого фактора.
5. Свойство вещества изменять форму под внешним воздействием и сохранять принятую форму после прекращения этого воздействия.
6. Название процесса извлечения металла путём вытеснения из раствора его соли другим металлом, имеющим более отрицательный стандартный потенциал.
7. Вязкая маслянистая бесцветная жидкость, являющаяся раствором серного ангидрида в 100%-й серной кислоте H_2SO_4 .
8. Раствор или расплав солей, проводящий электрический ток.
9. Принцип работы первой зажигалки «дэберейнеровская лампа» (1823 г.) основан на выделении водорода при взаимодействии металла с серной кислотой. О каком металле идет речь?
10. Шведский химик, который установил закон постоянных пропорций - элементы в неорганических веществах связаны вместе в определённых пропорциях по весу.
11. Металл, который при комнатной температуре имеет плотность в 2 раза меньше плотности воды.
12. Электронная конфигурация этого атома может записана как $[Rn] 7s^2$.
13. Один из семи металлов древности, известный с незапамятных времен. «Семь металлов создал свет по числу семи планет». Металл, который обозначал планету Меркурий.
14. Способ получения металлов (титан, ниобий, цирконий и др.) из их оксидов металлическим алюминием (изобретенный Н. Н. Бекетовым) и применяемый для сварки рельсов и деталей стального литья.
15. Сплав на основе алюминия, содержащий медь, магний, марганец и никель, используемый в авиа- и автомобилестроении.
16. Индикатор, применяемый в аналитической химии и меняющий свой цвет в зависимости от кислотности среды от красного (кислотная среда) до жёлтого (щелочная среда).
17. Металл входящий в состав «метеоритного железа».
18. Соли какого щелочного металла окрашивают пламя в фиолетовый цвет?
19. Ионы какого металла наиболее распространены в водах мирового океана.
20. Металл, который входит в состав бронзы.

Ответ:

1. бюретка
2. коррозия
3. катализатор
4. температура
5. пластичность
6. цементация
7. олеум
8. электролит
9. цинк
10. Берцелиус
11. литий
12. радий
13. ртуть
14. алюминотермия
15. дюралюминий
16. метилоранж
17. никель
18. калий
19. натрий
20. олово

Критерии оценивания:

За каждое верно отгаданное слово – по 1 баллу – 20 баллов

Итого: 20 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1	1																	18
1	H 1 Водород Hydrogen																	He 2 Гелий Helium
2	Li 3 Литий Lithium	Be 4 Бериллий Beryllium															Ne 10 Неон Neon	
3	Na 11 Натрий Sodium	Mg 12 Магний Magnesium															Ar 18 Аргон Argon	
4	K 19 Калий Potassium	Ca 20 Кальций Calcium	Sc 21 Скандий Scandium	Ti 22 Титан Titanium	V 23 Ванадий Vanadium	Cr 24 Хром Chromium	Mn 25 Марганец Manganese	Fe 26 Железо Iron	Co 27 Кобальт Cobalt	Ni 28 Никель Nickel	Cu 29 Медь Copper	Zn 30 Цинк Zinc	Ga 31 Галлий Gallium	Ge 32 Германий Germanium	As 33 Мышьяк Arsenic	Se 34 Селен Selenium	Br 35 Бром Bromine	Kr 36 Криптон Krypton
5	Rb 37 Рубидий Rubidium	Sr 38 Стронций Strontium	Y 39 Иттрий Yttrium	Zr 40 Цирконий Zirconium	Nb 41 Ниобий Niobium	Mo 42 Молибден Molybdenum	Tc 43 Технеций Technetium	Ru 44 Рутений Ruthenium	Rh 45 Родий Rhodium	Pd 46 Палладий Palladium	Ag 47 Серебро Silver	Cd 48 Кадмий Cadmium	In 49 Индий Indium	Sn 50 Олово Tin	Sb 51 Сурьма Antimony	Te 52 Теллур Tellurium	I 53 Иод Iodine	Xe 54 Ксенон Xenon
6	Cs 55 Цезий Caesium	Ba 56 Барий Barium	La 57 Лантан Lanthanum	Hf 72 Гафний Hafnium	Ta 73 Тантал Tantalum	W 74 Вольфрам Tungsten	Re 75 Рений Rhenium	Os 76 Осмий Osmium	Ir 77 Иридий Iridium	Pt 78 Платина Platinum	Au 79 Золото Gold	Hg 80 Ртуть Mercury	Tl 81 Таллий Thallium	Pb 82 Свинец Lead	Bi 83 Висмут Bismuth	Po 84 Полоний Polonium	At 85 Астат Astatine	Rn 86 Радон Radon
7	Fr 87 Франций Francium	Ra 88 Радий Radium	Ac 89 Актиний Actinium	Rf 104 Резерфордий Rutherfordium	Db 105 Дубний Dubnium	Sg 106 Сибборгий Seaborgium	Bh 107 Борий Bohrium	Hs 108 Хассий Hassium	Mt 109 Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 Рентгений Roentgenium	Cn 112 Коперниций Copernicium	Nh 113 Нихоний Nihonium	Fl 114 Флеровий Flerovium	Mc 115 Московский Moscovium	Lv 116 Ливерморий Livermorium	Ts 117 Теннесси Tennessine	Og 118 Оганесон Oganesson

символ — **Po** — атомный номер — **84**
 стандартная атомная масса — **208,9824** — устойчивая степень окисления — **+4**
 название на русском — **Полоний** — относительный размер атома —
 на английском — **Polonium** — радиоактивный

s-элементы (розовый)
p-элементы (оранжевый)
d-элементы (голубой)
f-элементы (зеленый)



Ce 58 Церий Cerium	Pr 59 Празеодим Praseodymium	Nd 60 Неодим Neodymium	Pm 61 Прометий Promethium	Sm 62 Самарий Samarium	Eu 63 Европий Europium	Gd 64 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 Тербий Terbium	Dy 66 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 Гольмий Holmium	Er 68 Эрбий Erbium	Tm 69 Тулий Thulium	Yb 70 Иттербий Ytterbium	Lu 71 Лютеций Lutetium
Th 90 Торий Thorium	Pa 91 Протактиний Protactinium	U 92 Уран Uranium	Np 93 Нептуний Neptunium	Pu 94 Плутоний Plutonium	Am 95 Америций Americium	Cm 96 Кюрий Curium	Bk 97 Берклий Berkelium	Cf 98 Калифорний Californium	Es 99 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 Фермий Fermium	Md 101 Менделевий Mendelevium	No 102 Нобелий Nobelium	Lr 103 Лоуренсий Lawrencium

Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺	
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H	
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	-	H	P	P	
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P	
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P	
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?	
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H	
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	?	M	H	H	H	?	?	
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P	
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?	
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	?	M	H	
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	?	-	?	
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	?	H	
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	?	P	?	
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	-	P	
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?	
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?	
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P	
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H	
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P	
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды); «-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

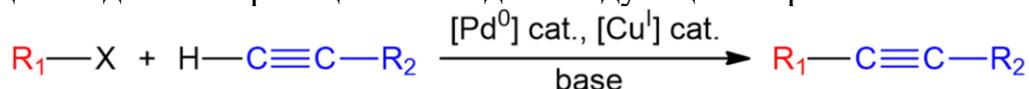
активность металлов уменьшается →

Химия 10 класс. Вариант 1

Во всех задачах необходимо привести полное обоснованное решение.

Задание 1. E pluribus unum. (16 баллов)

Реакция Соногаширы – это реакция кросс-сочетания арил- и винилгалогенидов (как правило, иодидов, бромидов или хлоридов, но не фторидов) с терминальными алкинами (алкинами с концевой тройной связью), катализируемая соединениями Pd⁰ и Cu^I в присутствии оснований. В общем виде схема реакции выглядит следующим образом:



R₁ – арил или винил.

R₂ – арил, винил, алкил, Si(CH₃)₃ и др.

X – I, Br, Cl, OTf (трифлат – CF₃-SO₃⁻).

[Pd⁰] cat. – катализатор на основе комплексов Pd⁰ (как правило, с фосфиновыми лигандами; часто образуется *in situ* из солей Pd²⁺).

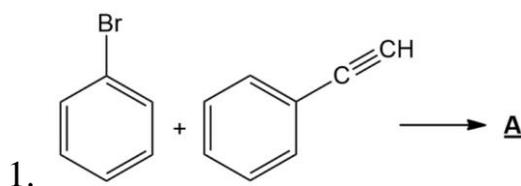
[Cu^I] cat. – сокатализатор на основе Cu^I: как правило, CuI.

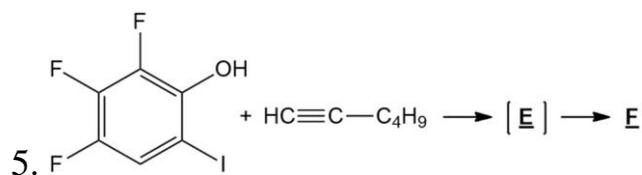
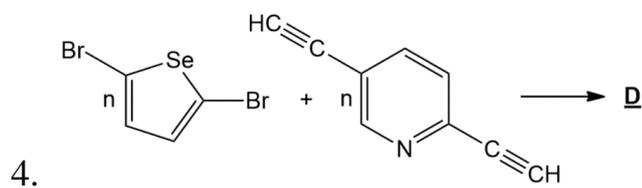
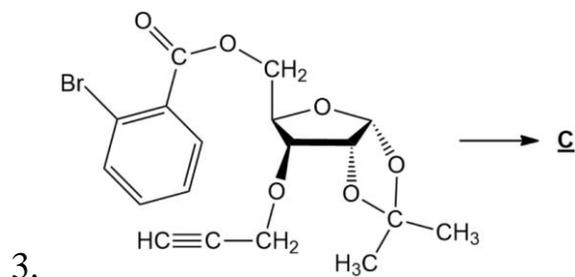
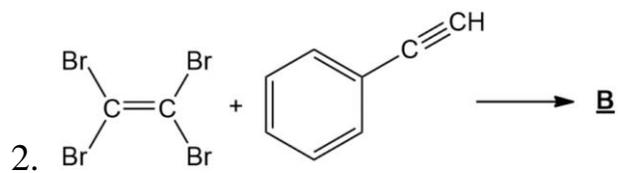
base – основание: вторичные или третичные амины, карбонаты K или Cs и др.

Руководствуясь указанной выше схемой, установите строение соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**. Известно, что при получении соединения **B** фенилацетилен берут в избытке; получение соединения **C** проводят в разбавленных растворах; соединение **D** является полимером; соединение **E** содержит ароматическую систему из 6 π-электронов, в то время как **F** – из 10; превращение **E** → **F** не является реакцией кросс-сочетания, но катализируется основаниями, поскольку они увеличивают нуклеофильные свойства OH-группы.

Примечание: при изображении структурных формул органических соединений связи, нарисованные жирными линиями, расширяющимися к одному из концов, “смотрят” на наблюдателя из плоскости рисунка, в то время как связи, обозначенные расширяющимися штрихами, “смотрят” от наблюдателя. Это необходимо для изображения конфигурации асимметрических атомов углерода в хиральных молекулах или для наглядного изображения объёмных многоатомных структур.

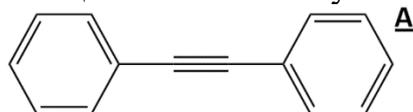
Для изображения монозамещённого бензольного кольца в ходе решения задачи допускается использовать сокращение Ph.





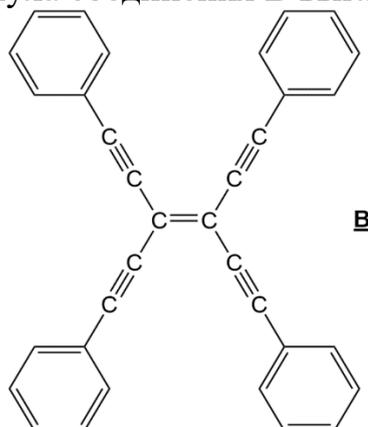
Ответ:

1) Взаимодействие фенилацетилена с бромбензолом – это классический пример реакции Соногаширы. Образуется дифенилацетилен **A**, при этом формально в ходе реакции отщепляется молекула HBr :



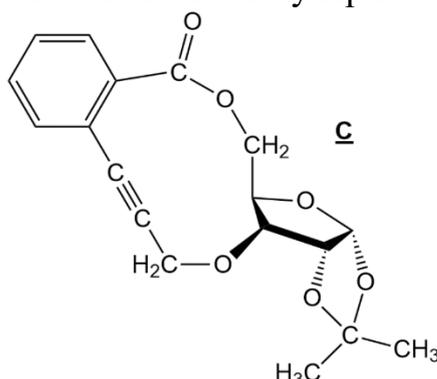
(1 балл)

2) При взаимодействии тетрабромэтилена с терминальными ацетиленами все четыре атома брома могут “замещаться” на алкины. Таким образом, структурная формула соединения **B** выглядит следующим образом:



(1 балл)

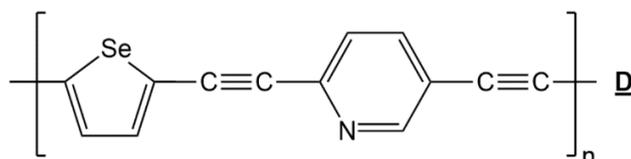
3) Реакция образования соединения **C** – чудесный пример использования реакции Соногаширы для синтеза макроциклов. Поскольку и терминальная тройная связь, и арилгалогенид являются частью одной молекулы, а реакцию проводят в разбавленном растворе, процесс протекает внутримолекулярно и приводит к циклизации. При проведении реакции в концентрированном растворе возрастает вероятность межмолекулярного сочетания.



Источник: <https://doi.org/10.1039/c3ra43827a>

(3 балла)

4) При взаимодействии диinov с органическими дигалогенидами может происходить полимеризация. Таким образом, соединение **D** имеет следующую структуру:



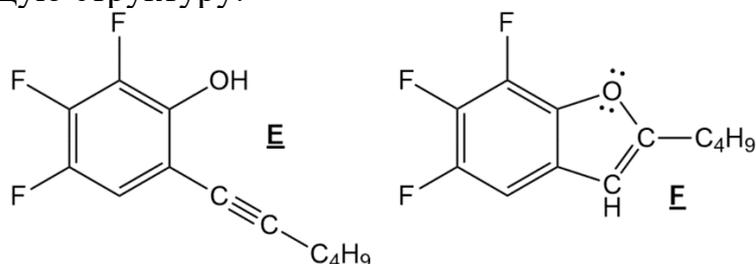
В качестве ответа принимается любой из возможных корректных изомеров соединения **D**.

Источник: <https://doi.org/10.1021/ma00100a055>

(4 балла)

5) В данном случае реакция кросс-сочетания идёт по атому углерода, содержащему в качестве заместителя иод, поскольку арилфториды, как правило, малоактивны в реакции Соногаширы. Образующийся продукт **E**

далее подвергается внутримолекулярной циклизации путём нуклеофильного присоединения ОН-группы, находящейся в орто-положении, к тройной связи. Получившееся соединение **F** является производным бензофурана и содержит ароматическую систему из 10 электронов. Таким образом, соединения **E** и **F** имеют следующую структуру:



Источник: Политанская Л.В. Разработка универсальных подходов к синтезу полифторированных азот-, кислород- и серосодержащих бензоаннелированных гетероциклов: Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора химических наук: 1.4.3 “Органическая химия” / Л.В. Политанская. – Новосибирск, 2022. – 47 с.

(7 баллов)

Критерии оценивания:

1. За установление структурных формул соединений **A**, **B** по 1 баллу – всего **2 балла**.
2. За установление структурных формул соединений **C**, **E** по 3 балла – всего **6 баллов**.
3. За установление структурных формул соединений **D**, **F** по 4 балла – всего **8 баллов**.

Итого: 16 баллов

Задание 2. Изобилие изомеров (*isos* – равный (греч.), *meros* – часть (греч.)). (24 балла)

Всем изучавшим химию известно такое явление как изомерия, придающее различные свойства одинаковым по составу молекулам. Все также знают, что открыто несколько видов изомерии, а число изомеров бывает очень большим. Так, для одного из самых токсичных и самых сложных по структуре веществ, обнаруженных в живой природе, палитоксина теоретически возможны 10^{21} изомеров.

1. Сколько всего существует структурных изомеров *n*-гептана? Запишите структурные формулы трех любых из них.

2. Установите, какие из перечисленных соединений способны существовать как в *цис*-, так и в *транс*-формах. Для соединений **B**, **E**, **G**, **H** напишите их тривиальные названия (имейте в виду, что тривиальные названия некоторых соединений могут отличаться для *цис*- и *транс*-форм).

А) $C_6H_{10}Cl_2$ (шестичленное циклическое соединение, в котором заместители находятся у соседних атомов углерода);

В) $C_{10}H_{18}$ (насыщенный бициклический углеводород, каждое из колец которого имеет по шесть атомов углерода);

С) C_2H_3Cl ;

Д) $CHBr=CHBr$;

Е) C_2H_2 ;

Ф) C_6H_8 (сопряженный триен);

Г) $C_{17}H_{33}COOH$ (9-октадеценовая кислота);

Н) $C_{17}H_{35}COOH$ (октадекановая кислота).

Для мостиковых бициклических соединений известен еще один вид изомерии, который получил название *in/out* изомерии или гомеоморфной изомерии. *In/out* изомеры имеют разную ориентацию заместителей в голове моста. Так, для *in,in*-изомера заместители направлены внутрь циклической системы, а в случае *out,out*-изомера – наружу (рисунок 1):

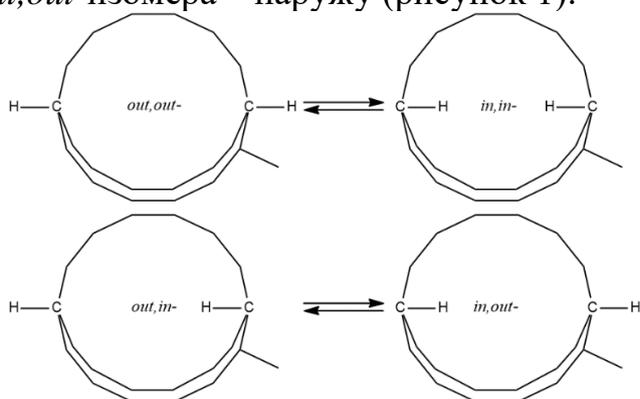


Рисунок 1 – Гомеоморфная изомеризация *out,out*- в *in,in*-форму и *out,in*- в *in,out*-форму

3. Установите, сколько изомерных продуктов образуется при последовательном протонировании макроциклического диамина, представленного на рисунке 2.

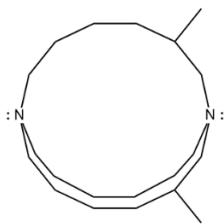
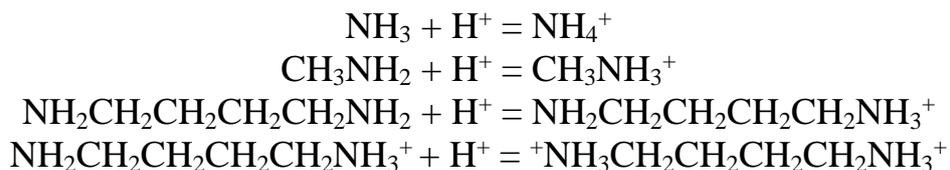


Рисунок 2 – Макроциклический диамин

Способность аминного азота к присоединению H^+ обусловлена наличием у него неподеленной электронной пары. К примеру, схема протонирования простейшего амина, метиламина, в сущности, ничем не отличается от протонирования аммиака, а протонирование диаминов происходит поэтапно:



Зачастую бывает так, что один изомер крайне затруднительно превратить в другой (представьте, к примеру, количество стадий синтеза для получения 1,2,3-триметилциклопропана из гексена-1). Тем не менее, существуют так называемые реакции изомеризации. Вам, вероятно, хорошо известна реакция изомеризации н-бутана в изобутан при нагревании в присутствии хлористого алюминия.

К еще одной реакции подобного типа (часто их называют перегруппировками) стоит отнести перегруппировку Коупа (рисунок 3), протекающую по схеме (для удобства атомы углерода пронумерованы):

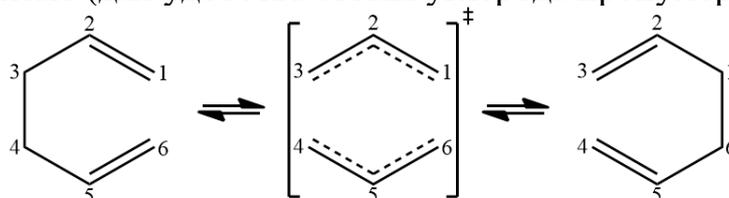


Рисунок 3 – Общая схема перегруппировки Коупа

Замена одного или нескольких атомов углерода в диене на азот приводит к соответствующим аза-диеновым системам, перегруппировка которых носит название аза-перегруппировки Коупа:

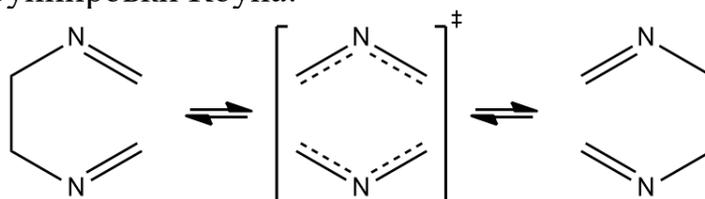
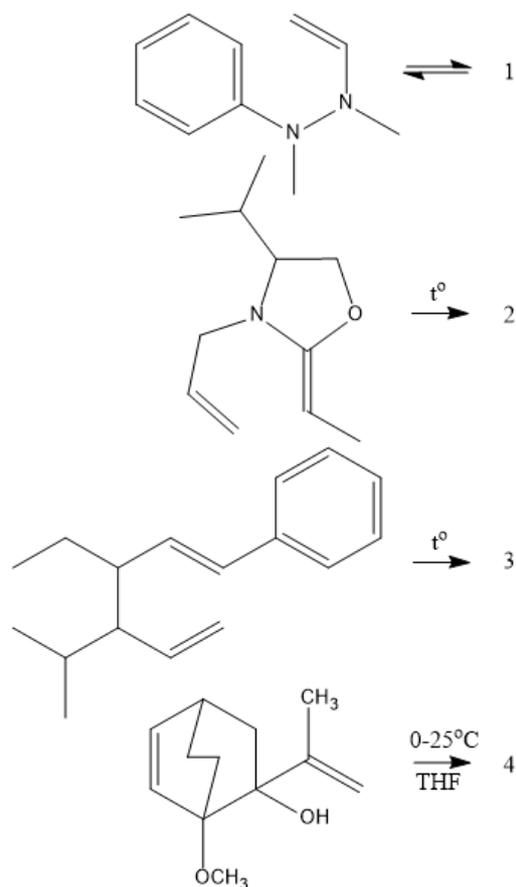
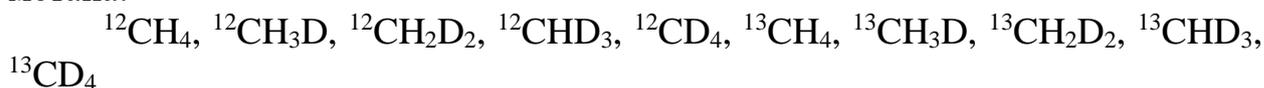


Рисунок 4 – Общая схема аза-перегруппировки Коупа

4. Пользуясь схемами на рисунках 3 и 4, предложите продукты перегруппировок следующих соединений:



Если соединения отличаются только своим изотопным составом (положение изотопной метки не важно), то они носят название *изотопологов*. К примеру, если рассматривать два изотопа водорода (^1H , D) и два изотопа углерода (^{12}C и ^{13}C), то можно записать десять различных изотопологов метана:



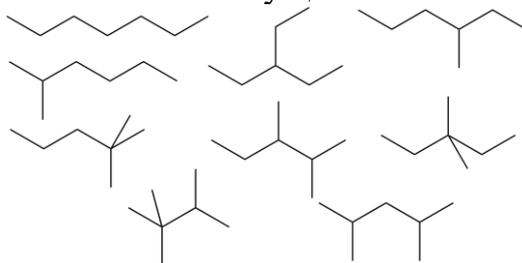
5. Сколько изотопологов может существовать у этанола ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), если при их составлении ограничиться следующими нуклидами: ^1H , D , ^{12}C , ^{13}C , ^{16}O ?

В случае же, когда молекулы отличаются друг от друга только лишь положением изотопной метки, они называются *изотопомерами* (к примеру, $\text{CH}_3\text{-OD}$ и $\text{CH}_2\text{D-OH}$).

6. Сколько изотопомеров существует для тридейтерированного этанола?

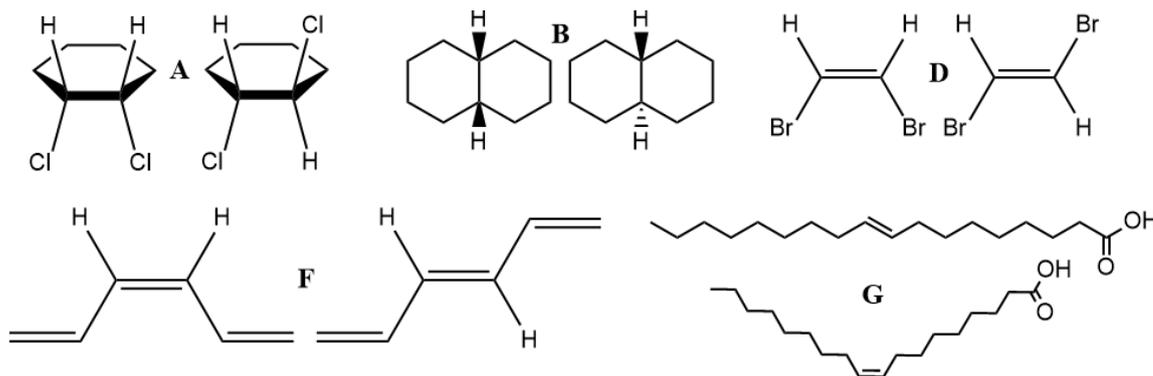
Ответ:

1) Для н-гептана возможно существование 9 структурных изомеров:



(2,5 балла)

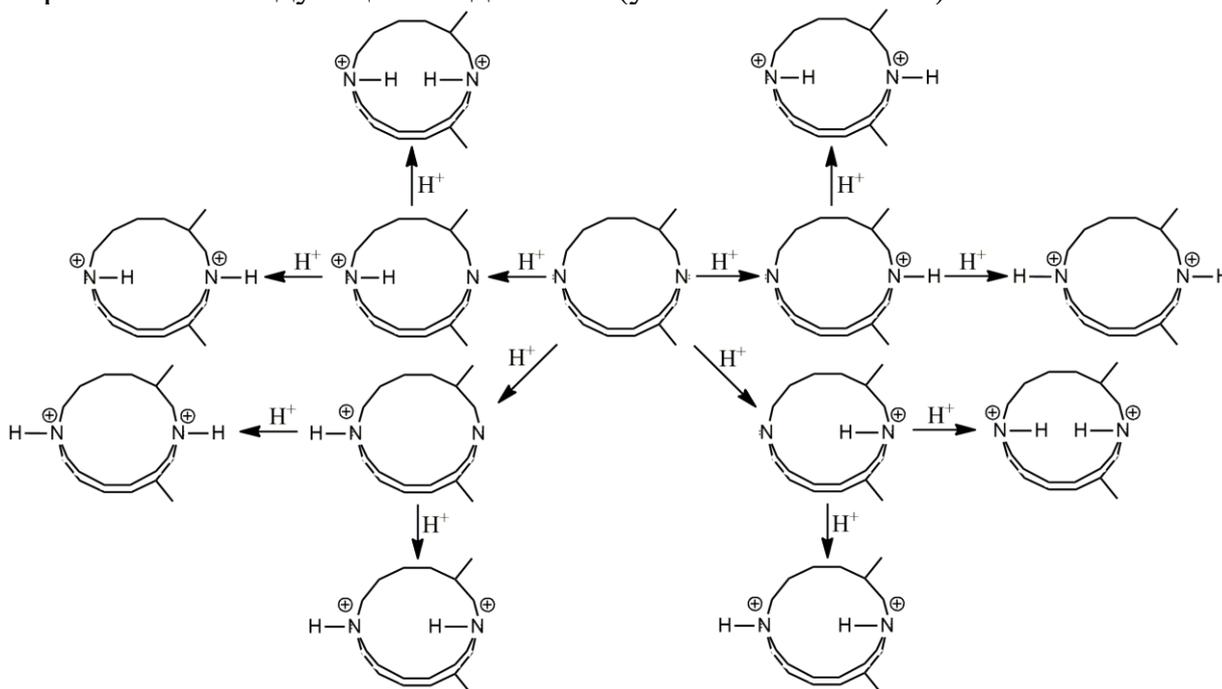
2) В цис- и транс-формах могут существовать соединения А, В, D, F, G:



В	Декалин
Е	Ацетилен
Г	Олеиновая кислота (цис-) Элаидиновая кислота (транс-)
Н	Стеариновая кислота

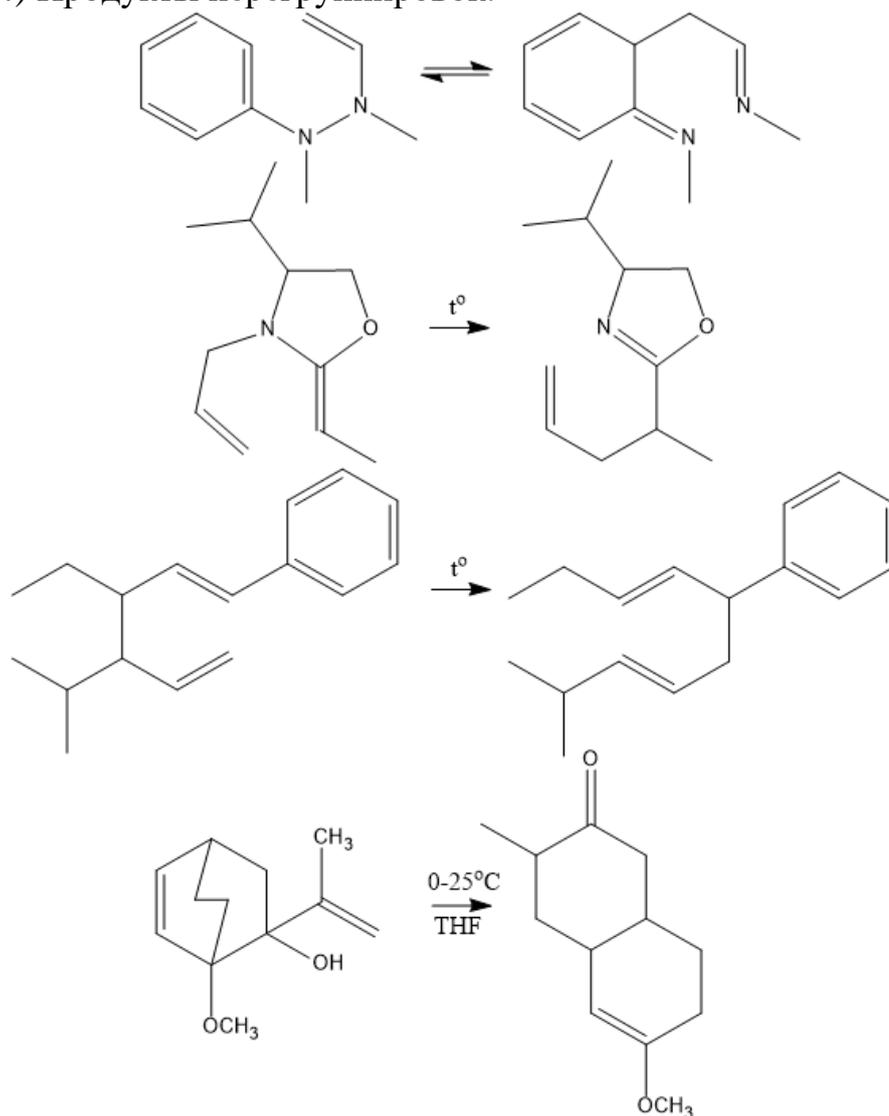
(5 баллов)

3) Протонирование макроциклического диамина приводит к образованию следующих соединений (уникальных – 8 шт).



(8 баллов)

4) Продукты перегруппировок:



(5 баллов)

5) Поскольку при записи изотопологов важен лишь изотопный состав (положение изотопной метки не важно), то комбинируя все возможные варианты, может получиться 21 изотополог:



(2,5 балла)

6) Для тридейтерированного этанола существуют 6 различных изотопомеров: $\text{H}_3\text{C}-\text{CD}_2-\text{OD}$, $\text{D}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$, $\text{DH}_2\text{C}-\text{CD}_2-\text{OH}$, $\text{D}_2\text{HC}-\text{CHD}-\text{OH}$, $\text{D}_2\text{HC}-\text{CH}_2-\text{OD}$, $\text{DH}_2\text{C}-\text{CHD}-\text{OD}$.

(1 балл)

Критерии оценивания:

1. За установление количества структурных изомеров *n*-гептана – **1 балл**.
2. За написание структурных формул трех любых изомеров по 0,5 балла – всего **1,5 балла**.
3. За установление соединений, способных существовать как в цис-, так и в транс-формах по 0,5 балла – всего **2,5 балла**.
4. За написание тривиальных названий по 0,5 балла – всего **2,5 балла**.
5. За написание протонированных форм диамина по 1 баллу – всего **8 баллов**.
6. За установление соединений 1-3 по 0,5 балла – всего **1,5 балла**.
7. За установление соединения 4 – **3,5 балла**.
8. За установление числа изотопологов – **2,5 балла**.
9. За установление числа изотопомеров – **1 балл**.

Итого: 24 балла

Задание 3. Киндер церприз. (20 баллов)

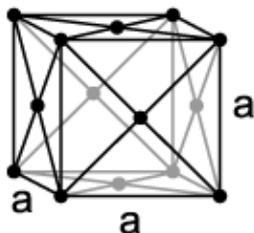
Церий – самый распространенный редкоземельный металл. Металлический церий существует в виде нескольких аллотропных модификаций, устойчивых при различных температурах. Соединения церия широко применяются в металлургии, органическом синтезе и катализе.

При взаимодействии перхлората церия(IV) с сульфатом натрия в соотношениях 1:1 и 1:3 образуются соединения, содержащие комплексные ионы **A** и **B**, соответственно. Если же исходные соединения взаимодействуют в соотношении 1:2, образуется простая соль **B**, которая имеет потенциал применения в качестве катализатора на одном из этапов производства серной кислоты.

В некоторых комплексных соединениях церий, как и многие другие лантаноиды, проявляет аномально высокие координационные числа. Известно, например, что в комплексе **Г** реализуется 12 связей между Ce^{4+} и шестью лигандами NO_3^- .

Церий способен образовывать изоморфные кристаллы, встраиваясь в кристаллическую решетку флюорита.

1. γ -Модификация церия (плотность $8,16 \text{ г/см}^3$) имеет гранецентрированную кубическую решетку. Рассчитайте объем элементарной ячейки для этой модификации. Ответ выразите в м^3 .



Гранецентрированная кубическая решетка

2. Установите формулы комплексных ионов **A** и **B** и приведите сокращенные ионные уравнения реакций образования этих ионов.
3. Укажите, на какой стадии производства серной кислоты в качестве катализатора может применяться соединение **B**? Установите формулу **B**.
4. Установите химическую и структурную формулы соединения **Г**.
5. Что такое изоморфизм? Укажите требования к веществам, образующим изоморфные кристаллы.
6. Рассчитайте количество атомов церия в полый наночастице диоксида церия с внутренним диаметром 150 нм и толщиной $1 \cdot 10^4$ пм ($\rho(\text{CeO}_2) = 7,22 \text{ г/см}^3$).

Справочные данные:

Таблица перевода единиц измерения:

1 пм	10^{-12} м
1 нм	10^{-9} м

В кристаллической решетке можно выделить наименьший параллелепипед, трансляцией (размножением) которого во всех трех измерениях получается кристалл. Такая структурная единица называется элементарной ячейкой. Длина, ширина и высота такой ячейки называются ее параметрами.

Ответ:

1) Поскольку γ -модификация церия представлена гранцентрированной кубической решеткой, количество атомов в одной элементарной ячейке равняется 4. Атомная масса церия равна 140 а.е.м.

Найдем объем элементарной ячейки:

$$a^3 = \frac{z \cdot Ar}{N_A \cdot \rho},$$

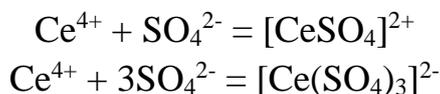
$$a^3 = \frac{4 \cdot 140}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 8,16 \cdot 10^6} = 1,14 \cdot 10^{-28} \text{ м}^3,$$

$$V = a^3,$$

$$V = 1,14 \cdot 10^{-28} \text{ м}^3.$$

(3 балла)

2) Комплексные ионы **A** и **B** имеют брутто-формулы $[\text{CeSO}_4]^{2+}$ и $[\text{Ce}(\text{SO}_4)_3]^{2-}$ соответственно. Сокращенные ионные уравнения образования **A** и **B**:

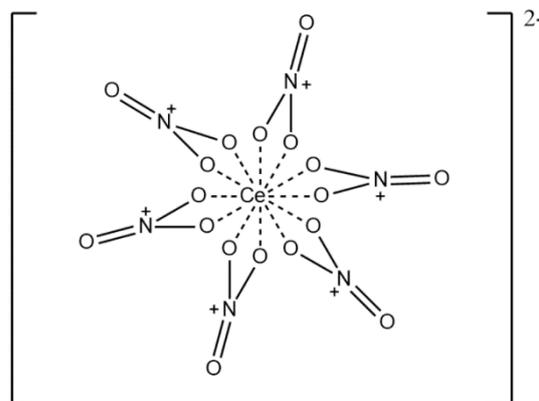


(4 балла)

3) Соединение **В** имеет формулу $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ и может применяться в качестве катализатора на стадии окисления SO_2 до SO_3 .

(2 балла)

4) Химическая формула нитратного комплекса $[\text{Ce}(\text{NO}_3)_6]^{2-}$. Структура комплексного соединения:



(2 балла)

5) Изоморфизм — свойство элементов замещать друг друга в структуре кристалла. Изоморфизм возможен при сходных зарядах, размерах и поляризуемости.

(3 балла)

б) Рассчитаем количество атомов церия, входящего в состав наночастицы:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{шара}} &= \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \\
 V_{\text{внешнего шара}} &= \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (85 \cdot 10^{-7})^3 = 2,57 \cdot 10^{-15} \text{ см}^3 \\
 V_{\text{внутреннего шара}} &= \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (75 \cdot 10^{-7})^3 = 1,77 \cdot 10^{-15} \text{ см}^3 \\
 V_{\text{CeO}_2} &= V_{\text{внешнего шара}} - V_{\text{внутреннего шара}} \\
 V_{\text{CeO}_2} &= 2,57 \cdot 10^{-15} - 1,77 \cdot 10^{-15} = 8 \cdot 10^{-16} \text{ см}^3 \\
 m_{\text{CeO}_2} &= \rho \cdot V_{\text{CeO}_2} \\
 m_{\text{CeO}_2} &= 7,22 \cdot 8 \cdot 10^{-16} = 5,776 \cdot 10^{-15} \text{ г} \\
 n_{\text{CeO}_2} &= \frac{m(\text{CeO}_2)}{M(\text{CeO}_2)} \\
 n_{\text{CeO}_2} &= \frac{5,776 \cdot 10^{-15}}{172} = 3,36 \cdot 10^{-17} \text{ моль} \\
 n_{\text{CeO}_2} &= n_{\text{Ce}} \\
 N_{\text{Ce}} &= n_{\text{Ce}} \cdot N_A \\
 N_{\text{Ce}} &= 3,36 \cdot 10^{-17} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,02 \cdot 10^7
 \end{aligned}$$

(6 баллов)

Критерии оценивания:

1. За расчет объема элементарной ячейки – **3 балла**.
2. За установление формул комплексных ионов и написание уравнений по 1 баллу – всего **4 балла**.
3. За установление строения соединения **В** и ответ на вопрос по 1 баллу – всего **2 балла**.
4. За установление структурной и химической формул – **2 балла**.
5. За объяснение понятия изоморфизм и указание критериев изоморфизма по 1 баллу – всего **3 балла**.
6. За расчет количества атомов в наночастице – **6 баллов**.

Итого: 20 баллов**Задание 4. Посвящается Анри Луи Ле Шателье. (20 баллов)**

Синтез аммиака из элементов – процесс Габера-Боша – по праву считают одной из важнейших промышленных химических реакций, когда-либо разработанных. Его реализация привела к значительному увеличению производства минеральных удобрений, что обеспечило резкий рост урожайности, а, значит, способствовало повышению количества населения и снижению голода. Однако этот процесс долгое время оставался нереализованным, поскольку не могли подобрать условия его осуществления. Ситуация улучшилась после работ Анри Луи Ле Шателье, посвященных исследованию равновесия обратимых реакций.

**Анри Луи Ле Шателье**

1850-1936

1. Напишите реакцию синтеза аммиака из элементов. В чем, по - Вашему, причина сложности её промышленной реализации?

2. Рассчитайте равновесный выход аммиака (φ) при различных температурах и давлениях, заполнив таблицу:

№ опыта	Температура, К	Давление, МПа	Кр (МПа ⁻²)	φ , %
1	723	1,01	4,5·10 ⁻⁵	
2	723	30,30	7,9·10 ⁻⁵	
3	573	30,30	7,4·10 ⁻³	

Учтите, что приведенные в таблице константы равновесия (Кр) выражены через парциальные давления реагентов.

3. Сравните результаты, полученные в опытах 1 – 3 и сделайте выводы о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака. Объясните причины такого влияния.

4. Сформулируйте принцип смещения равновесия обратимой реакции, предложенный Ле Шателье.

5. Напишите уравнения реакций взаимодействия аммиака с азотной кислотой, цезием, водным раствором хлорида никеля (II), фосфином, надпероксидом калия.

Для справки:

1. *Парциальное давление (лат. partialis «частичный») - давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объём, равный объёму смеси при той же температуре. Общее давление газовой смеси является суммой парциальных давлений её компонентов. Парциальное давление отдельных компонентов газов в идеальном газе рассчитывается по формуле: $p_i = x_i \cdot P$, где x_i - мольная доля компонента газовой смеси, P - общее давление газовой смеси.*

2. *Равновесный выход продукта – это отношение количества продукта реакции в момент равновесия к начальному количеству одного из реагентов (взятого не в избытке) с учетом стехиометрических коэффициентов.*

Ответ:



Сложность промышленной реализации данной реакции состоит в том, молекула N_2 обладает малой реакционной способностью и имеет большую энергию связи (941,6 кДж/моль), для разрыва этой прочной связи необходимы специальные условия; данная реакция является обратимой, экзотермической, характеризуется большим отрицательным энтальпийным эффектом ($\Delta H_{298} = -91,96$ кДж/моль) и при высоких температурах становится еще более экзотермической ($\Delta H_{725} = -112,86$ кДж/моль); реакция синтеза аммиака протекает с уменьшением объема, максимального выхода аммиака можно достичь, проводя процесс при высоком давлении и низких температурах. Синтез аммиака протекает с заметной скоростью только в присутствии катализатора.

2. При температуре T и давлении P определим парциальные давлений компонентов в равновесной смеси:

$$p_{NH_3} = \chi \cdot p; p_{N_2} = \frac{1}{4} p(1 - \chi); p_{H_2} = \frac{3}{4} p(1 - \chi);$$

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} p_{H_2}^3}$$

$$\begin{aligned}\sqrt{K_p} &= \frac{\sqrt{p_{NH_3}^2}}{\sqrt{p_{N_2} p_{H_2}^3}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\left(\frac{3p(1-\chi)}{4}\right)^3}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\frac{27p^3(1-\chi)^3}{64}}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \frac{\sqrt{27p^3(1-\chi)^3}}{8}} = \frac{\chi \cdot p}{0,1875 \sqrt{3p^4(1-\chi)^4}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{0,1875 p^2 (1-\chi)^2 \sqrt{3}} = \frac{\chi \cdot p}{0,325 p^2 (1-\chi)^2} = \frac{\chi}{0,325 p (1-\chi)^2}\end{aligned}$$

$$\frac{1}{\sqrt{K_p}} = \frac{0,325 p (1-\chi)^2}{\chi}$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p}$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p}$$

$$a(723 \text{ K}; 1,013 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p} = 148,59 \frac{1}{0,325 \cdot 30} = 15,24$$

$$a(723 \text{ K}; 30,3 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p} = 112,10 \frac{1}{0,325 \cdot 30} = 11,497$$

$$a(573 \text{ K}; 30,3 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p} = 11,62 \frac{1}{0,325 \cdot 30} = 1,192$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = a$$

$$(1-\chi)^2 = a\chi$$

$$1 - 2\chi + \chi^2 - a\chi = 0$$

$$1 - \chi(2+a) + \chi^2 = 0$$

При 723 К 1,01 МПа:

$$\chi(723) = \frac{2+15,24 \pm \sqrt{(2+15,24)^2 - 4}}{2} = \frac{17,24 \pm \sqrt{293,2176}}{2} = \frac{17,24 \pm 17,123}{2} =$$

17,182; 0,058 $\chi_1 = 17,182$ – посторонний корень

$$\chi_2 = 0,058$$

При 723 К 30,3 МПа:

$$\chi(723) = \frac{2+11,497 \pm \sqrt{(2+11,497)^2 - 4}}{2} = \frac{13,497 \pm \sqrt{178,181}}{2} = \frac{13,497 \pm 13,348}{2} =$$

13,423; 0,074 $\chi_1 = 13,423$ – посторонний корень

$$\chi_2 = 0,074$$

При 573 К; 30,30 МПа:

$$\chi(573 \text{ К}, 30,3 \text{ МПа}) = \frac{2+1,192 \pm \sqrt{(2+1,192)^2 - 4}}{2} = \frac{3,192 \pm \sqrt{6,189}}{2} = \frac{3,192 \pm 2,488}{2} =$$

2,84; 0,352 $\chi_1 = 2,84$ – посторонний корень

$$\chi_2 = 0,352$$

Расчет равновесного выхода аммиака:

При 723 К, 1,013 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,058$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4} (1 - 0,058) = \frac{0,942}{4} = 0,2355 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4} (1 - 0,058) = \frac{3 \cdot 0,942}{4} = 0,7065 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,058}{2} = 0,029 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} = 0,029 \text{ моль} + 0,2355 \text{ моль} = 0,2645 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,058}{2 \cdot 0,2645} = \frac{0,058}{0,529} \times 100\% = 10,96 \%$$

При 723 К 30,3 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,074$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4} (1 - 0,074) = \frac{0,926}{4} = 0,2315 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4} (1 - 0,074) = \frac{3 \cdot 0,926}{4} = 0,6945 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,074}{2} = 0,037 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} = 0,037 \text{ моль} + 0,2315 \text{ моль} = 0,2685 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,074}{2 \cdot 0,2685} = \frac{0,074}{0,524} \times 100\% = 13,78 \%$$

При 573 К 30,3 МПа: Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,352$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4} (1 - 0,352) = \frac{0,648}{4} = 0,162 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4} (1 - 0,352) = \frac{3 \cdot 0,648}{4} = 0,486 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,352}{2} = 0,176 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} = 0,176 \text{ моль} + 0,162 \text{ моль} = 0,338 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,352}{2 \cdot 0,338} = \frac{0,352}{0,676} \times 100\% = 52,07 \%$$

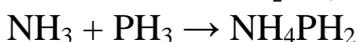
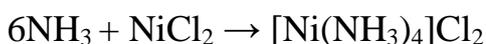
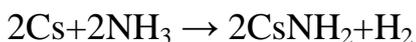
3. При увеличении давления равновесный выход увеличивается, что связано с уменьшением объема системы.

При повышении температуры выход снижается, поскольку реакция $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ - экзотермическая, и равновесие смещается в сторону реакции, идущей с поглощением теплоты. Процесс синтеза аммиака требует высоких давлений и температур, а также использования катализатора, но выход продукта довольно низкий, поэтому в промышленности используют рецикл непрореагировавшей азото-водородной смеси.

N опыта	Температура, К	Давление, МПа	K_p (МПа ⁻²)	φ , %
1	723	1,01	$4,5 \cdot 10^{-5}$	10,9 6
2	723	30,30	$7,9 \cdot 10^{-5}$	13,7 8
3	573	30,30	$7,4 \cdot 10^{-3}$	52,0 7

4. Принцип Ле Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, оказать внешнее воздействие, то равновесие сместится так, чтобы уменьшить эффект внешнего воздействия. Так, повышение давления сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества молекул газа. Добавление в равновесную смесь какого-либо компонента реакции сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества этого компонента. Повышение (или

понижение) температуры сдвигает равновесие в сторону реакции, протекающей с поглощением (выделением) теплоты.



Критерии оценивания:

За написание уравнения реакции синтеза аммиака из элементов – 1 балл

За аргументированный вывод о сложности промышленной реализации синтеза аммиака из элементов – 2 балла

За вычисление равновесного выхода аммиака в опытах 1-3 – по 3 балла – 9 баллов

За аргументированный вывод о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака – 2 балла

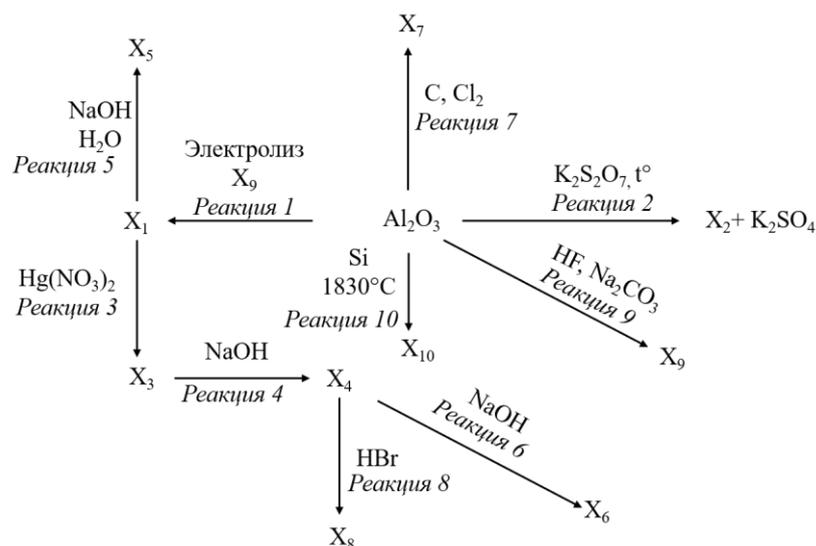
За формулировку принципа Ле Шателье – 1 балл.

За верное написание уравнений реакций аммиака с азотной кислотой, цезием, водным раствором хлорида никеля (II), фосфином, надпероксидом калия – по 1 баллу – 5 баллов

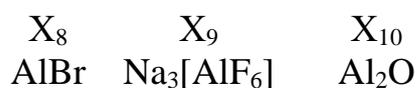
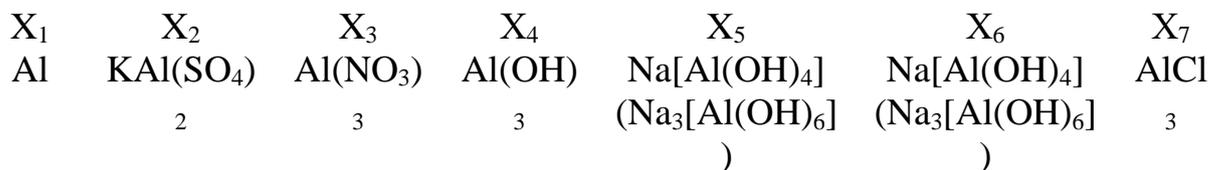
Итого 20 баллов

Задание 5. Забывчивая аспирантка. (20 баллов)

Аспирантка Люся забыла подготовиться к заседанию кафедры, на котором должна была сделать доклад о химических свойствах алюминия. Ее «подруга» Клавдия напомнила Люсе об этом, но сделала это в самый последний момент. Люся успела только схематично изобразить превращения алюминия, но не составила уравнения химических реакций. В спешке она умудрилась забыть, что скрывается под литерами «X». Точно помнила только, что везде зашифрованы соединения алюминия, X_2 называют «жженные квасцы», X_7 – средняя соль, X_9 – комплексное соединение, в котором металл проявляет К.Ч. = 6, а в реакции 10 образуется два оксида. Помогите Люсе написать уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и укажите вещества X_1 - X_{10} .



Ответ:



1. $2\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (электролиз)} \rightarrow 4\text{Al} + 3\text{O}_2$
2. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7 \rightarrow 2\text{KAl(SO}_4)_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4$
3. $3\text{Hg(NO}_3)_2 + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Al(NO}_3)_3 + 3\text{Hg}$
4. $\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Al(OH)}_3 + 3\text{NaCl}$
5. $\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na[Al(OH)}_4] + 3\text{H}_2$ ($2\text{Al} + 6\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}_3[\text{Al(OH)}_6] + 3\text{H}_2$)
6. $\text{Al(OH)}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na[Al(OH)}_4]$ ($\text{Al(OH)}_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Al(OH)}_6]$)
7. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}$
8. $\text{Al(OH)}_3 + \text{HBr} \rightarrow \text{AlBr}_3 + \text{H}_2\text{O}$
9. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 12\text{HF} + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$
10. $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Si} \rightarrow \text{Al}_2\text{O} + \text{SiO}_2$

Критерии оценивания:

За установление веществ X₁-X₁₀ – по 1 баллу – 10 баллов

За верное написание уравнений реакций 1-10 – по 1 баллу – 10 баллов

Итого: 20 баллов

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	-	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	-	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	-	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1	1																	18
1	H 1 Водород Hydrogen																	He 2 Гелий Helium
2	Li 3 Литий Lithium	Be 4 Бериллий Beryllium															Ne 10 Неон Neon	
3	Na 11 Натрий Sodium	Mg 12 Магний Magnesium															Ar 18 Аргон Argon	
4	K 19 Калий Potassium	Ca 20 Кальций Calcium	Sc 21 Скандий Scandium	Ti 22 Титан Titanium	V 23 Ванадий Vanadium	Cr 24 Хром Chromium	Mn 25 Марганец Manganese	Fe 26 Железо Iron	Co 27 Кобальт Cobalt	Ni 28 Никель Nickel	Cu 29 Медь Copper	Zn 30 Цинк Zinc	Ga 31 Галлий Gallium	Ge 32 Германий Germanium	As 33 Мышьяк Arsenic	Se 34 Селен Selenium	Br 35 Бром Bromine	Kr 36 Криптон Krypton
5	Rb 37 Рубидий Rubidium	Sr 38 Стронций Strontium	Y 39 Иттрий Yttrium	Zr 40 Цирконий Zirconium	Nb 41 Ниобий Niobium	Mo 42 Молибден Molybdenum	Tc 43 Технеций Technetium	Ru 44 Рутений Ruthenium	Rh 45 Родий Rhodium	Pd 46 Палладий Palladium	Ag 47 Серебро Silver	Cd 48 Кадмий Cadmium	In 49 Индий Indium	Sn 50 Олово Tin	Sb 51 Сурьма Antimony	Te 52 Теллур Tellurium	I 53 Иод Iodine	Xe 54 Ксенон Xenon
6	Cs 55 Цезий Caesium	Ba 56 Барий Barium	La 57 Лантан Lanthanum	Hf 72 Гафний Hafnium	Ta 73 Тантал Tantalum	W 74 Вольфрам Tungsten	Re 75 Рений Rhenium	Os 76 Осмий Osmium	Ir 77 Иридий Iridium	Pt 78 Платина Platinum	Au 79 Золото Gold	Hg 80 Ртуть Mercury	Tl 81 Таллий Thallium	Pb 82 Свинец Lead	Bi 83 Висмут Bismuth	Po 84 Полоний Polonium	At 85 Астат Astatine	Rn 86 Радон Radon
7	Fr 87 Франций Francium	Ra 88 Радий Radium	Ac 89 Актиний Actinium	Rf 104 Резерфордий Rutherfordium	Db 105 Дубний Dubnium	Sg 106 Сиборгий Seaborgium	Bh 107 Борий Bohrium	Hs 108 Хассий Hassium	Mt 109 Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 Рентгений Roentgenium	Cn 112 Коперниций Copernicium	Nh 113 Нихоний Nihonium	Fl 114 Флеровий Flerovium	Mc 115 Московский Moscovium	Lv 116 Ливерморий Livermorium	Ts 117 Теннессин Tennessine	Og 118 Оганесон Oganesson

символ — **Po** — атомный номер — **84**

стандартная атомная масса — **208,9824** — устойчивая степень окисления — **+4**

название на русском — **Полоний** — относительный размер атома

на английском — **Polonium** — радиоактивный

полуметалл



Ce 58 Церий Cerium	Pr 59 Прасеодим Praseodymium	Nd 60 Неодим Neodymium	Pm 61 Прометий Promethium	Sm 62 Самарий Samarium	Eu 63 Европий Europium	Gd 64 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 Тербий Terbium	Dy 66 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 Гольмий Holmium	Er 68 Эрбий Erbium	Tm 69 Тулий Thulium	Yb 70 Иттербий Ytterbium	Lu 71 Лютеций Lutetium
Th 90 Торий Thorium	Pa 91 Протактиний Protactinium	U 92 Уран Uranium	Np 93 Нептуний Neptunium	Pu 94 Плутоний Plutonium	Am 95 Америций Americium	Cm 96 Кюрий Curium	Bk 97 Берклий Berkelium	Cf 98 Калифорний Californium	Es 99 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 Фермий Fermium	Md 101 Менделевий Mendelevium	No 102 Нобелий Nobelium	Lr 103 Лоуренсий Lawrencium

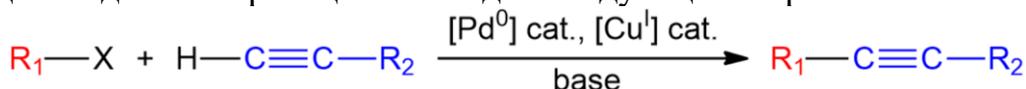
Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

Химия 10 класс. Вариант 2

Во всех задачах необходимо привести полное обоснованное решение.

Задание 1. E pluribus unum. (16 баллов)

Реакция Соногаширы – это реакция кросс-сочетания арил- и винилгалогенидов (как правило, иодидов, бромидов или хлоридов, но не фторидов) с терминальными алкинами (алкинами с концевой тройной связью), катализируемая соединениями Pd⁰ и Cu^I в присутствии оснований. В общем виде схема реакции выглядит следующим образом:



R₁ – арил или винил.

R₂ – арил, винил, алкил, Si(CH₃)₃ и др.

X – I, Br, Cl, OTf (трифлат – CF₃-SO₃⁻).

[Pd⁰] cat. – катализатор на основе комплексов Pd⁰ (как правило, с фосфиновыми лигандами; часто образуется *in situ* из солей Pd²⁺).

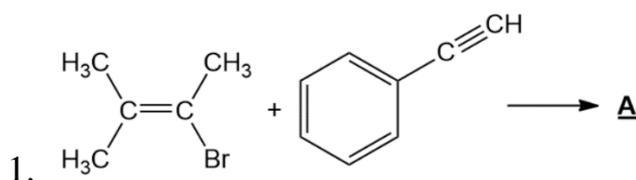
[Cu^I] cat. – сокатализатор на основе Cu^I: как правило, CuI.

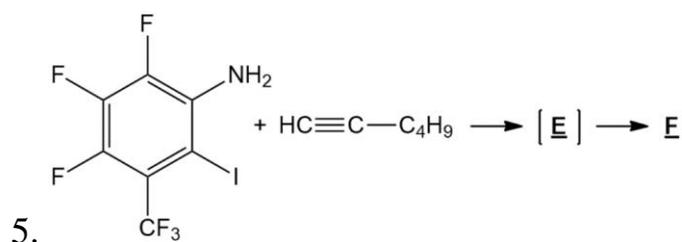
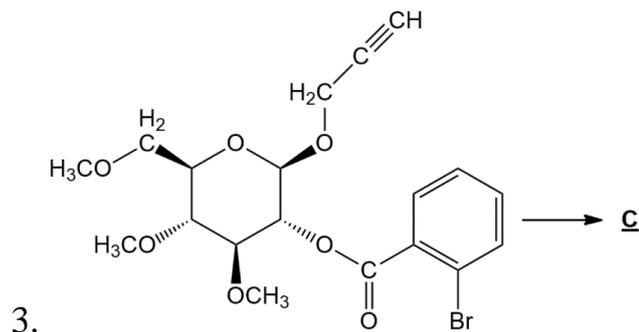
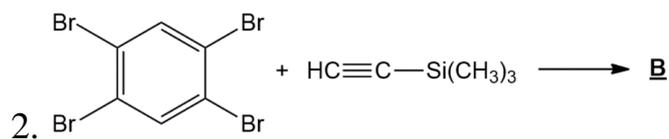
base – основание: вторичные или третичные амины, карбонаты K или Cs и др.

Руководствуясь указанной выше схемой, установите строение соединений А, В, С, D, Е, F. Известно, что при получении соединения В триметилсилилацетилен берут в избытке; получение соединения С проводят в разбавленных растворах; соединение D является полимером; соединение Е содержит ароматическую систему из 6 π-электронов, в то время как F – из 10; превращение E → F в пятом пункте задачи не является реакцией кросс-сочетания, но катализируется основаниями, поскольку они увеличивают нуклеофильные свойства NH₂-группы.

Примечание: при изображении структурных формул органических соединений связи, нарисованные жирными линиями, расширяющимися к одному из концов, “смотрят” на наблюдателя из плоскости рисунка, в то время как связи, обозначенные расширяющимися штрихами, “смотрят” от наблюдателя. Это необходимо для изображения конфигурации асимметрических атомов углерода в хиральных молекулах или для наглядного изображения объёмных многоатомных структур.

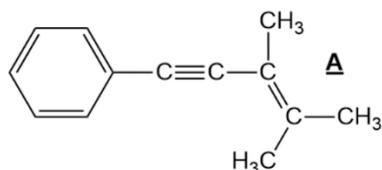
Для изображения монозамещённого бензольного кольца в ходе решения задачи допускается использовать сокращение Ph.





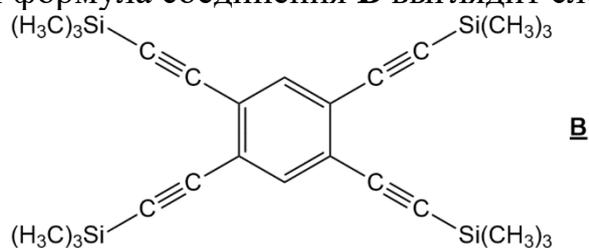
Ответ:

1) Взаимодействие 2-бром-3-метилбутена-2 с фенилацетиленом – это классический пример реакции Соногаширы, при этом формально в ходе реакции отщепляется молекула HBr . Соединение **A** имеет следующую структуру:



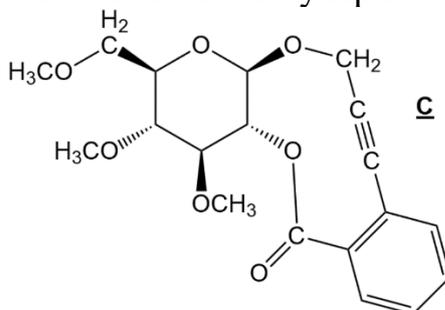
(1 балл)

2) При взаимодействии 1,2,4,5-тетрабромбензола с терминальными ацетиленами все четыре атома брома могут “замещаться” на алкины. Таким образом, структурная формула соединения **B** выглядит следующим образом:



(1 балл)

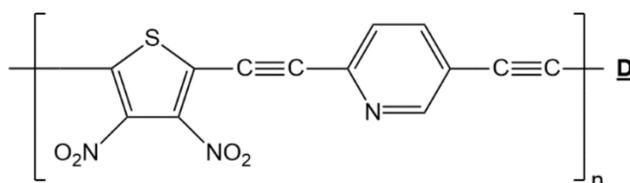
3) Реакция образования соединения **C** – чудесный пример использования реакции Соногаширы для синтеза макроциклов. Поскольку и терминальная тройная связь, и арилгалогенид являются частью одной молекулы, а реакцию проводят в разбавленном растворе, процесс протекает внутримолекулярно и приводит к циклизации. При проведении реакции в концентрированном растворе возрастает вероятность межмолекулярного сочетания.



Источник: <https://doi.org/10.1039/c3ra43827a>

(3 балла)

4) При взаимодействии диенов с органическими дигалогенидами может происходить полимеризация. Таким образом, соединение **D** имеет следующую структуру:

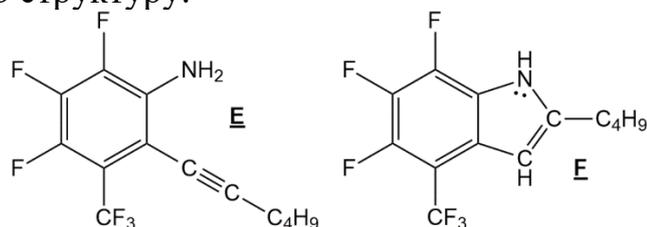


В качестве ответа принимается любой из возможных корректных изомеров соединения **D**.

Источник: <https://doi.org/10.1021/ma00100a055>

(4 балла)

5) В данном случае реакция кросс-сочетания идёт по атому углерода, содержащему в качестве заместителя иод, поскольку арилфториды, как правило, малоактивны в реакции Соногаширы. Образующийся продукт **E** далее подвергается внутримолекулярной циклизации путём нуклеофильного присоединения NH_2 -группы, находящейся в орто-положении, к тройной связи. Получившееся соединение **F** является производным индола и содержит ароматическую систему из 10 электронов. Таким образом, соединения **E** и **F** имеют следующую структуру:



Источник: Политанская Л.В. Разработка универсальных подходов к синтезу полифторированных азот-, кислород- и серосодержащих бензоаннелированных гетероциклов: Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора химических наук: 1.4.3 “Органическая химия” / Л.В. Политанская. – Новосибирск, 2022. – 47 с.

(7 баллов)

Критерии оценивания:

1. За установление структурных формул соединений **A, B** по 1 баллу – всего **2 балла**.
2. За установление структурных формул соединений **C, E** по 3 балла – всего **6 баллов**.
3. За установление структурных формул соединений **D, F** по 4 балла – всего **8 баллов**.

Итого: 16 баллов

Задание 2. Изобилие изомеров (*isos* – равный (греч.), *meros* – часть (греч.)). (24 балла)

Всем изучавшим химию известно такое явление как изомерия, придающее различные свойства одинаковым по составам молекулам. Все также знают, что открыто несколько видов изомерии, а число изомеров бывает очень большим. Так, для одного из самых токсичных и самых сложных по структуре веществ, обнаруженных в живой природе, палитоксина теоретически возможны 10^{21} изомеров.

1. Сколько всего существует структурных изомеров 2-метилгексана? Запишите структурные формулы трех любых из них.

2. Установите, какие из перечисленных соединений способны существовать как в цис-, так и в транс-формах. Для соединений В, Е, G, H напишите их тривиальные названия (имейте в виду, что тривиальные названия некоторых соединений могут отличаться для цис- и транс-форм).

A) $C_5H_8Br_2$ (пятичленное циклическое соединение, в котором заместители находятся у соседних атомов углерода);

B) $C_{10}H_{18}$ (насыщенный бициклический углеводород, каждое из колец которого имеет по шесть атомов углерода);

C) бутен-2;

D) гексен-1;

E) C_2H_2 ;

F) C_6H_8 (сопряженный триен);

G) $C_{17}H_{33}COOH$ (9-октадеценовая кислота);

H) $C_{17}H_{35}COOH$ (октадекановая кислота).

Для мостиковых бициклических соединений известен еще один вид изомерии, который получил название *in/out* изомерии или гомеоморфной изомерии. *In/out* изомеры имеют разную ориентацию заместителей в голове моста. Так, для *in,in*-изомера заместители направлены внутрь циклической системы, а в случае *out,out*-изомера – наружу (рисунок 1):

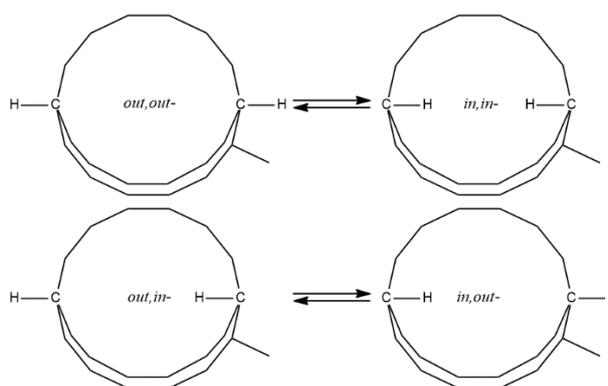


Рисунок 1 – Гомеоморфная изомеризация *out,out-* в *in,in-* форму и *out,in-* в *in,out-* форму

3. Установите, сколько изомерных продуктов образуется при последовательном протонировании макроциклического диамина, представленного на рисунке 2.

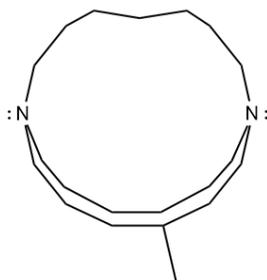
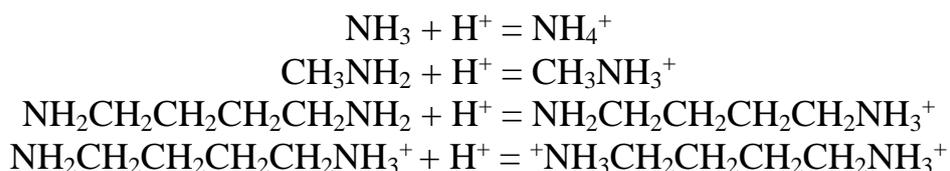


Рисунок 2 – Макроциклический диамин

Способность аминного азота к присоединению H^+ обусловлена наличием у него неподеленной электронной пары. К примеру, схема протонирования простейшего амина, метиламина, в сущности, ничем не отличается от протонирования аммиака, а протонирование диаминов происходит поэтапно:



Зачастую бывает так, что один изомер крайне затруднительно превратить в другой (представьте, к примеру, количество стадий синтеза для получения 1,2,3-триметилциклопропана из гексена-1). Тем не менее, существуют так называемые реакции изомеризации. Вам, вероятно, хорошо известна реакция изомеризации *n*-бутана в изобутан при нагревании в присутствии хлористого алюминия.

К еще одной реакции подобного типа (часто их называют перегруппировками) стоит отнести перегруппировку Коупа (рисунок 3), протекающую по схеме (для удобства атомы углерода пронумерованы):

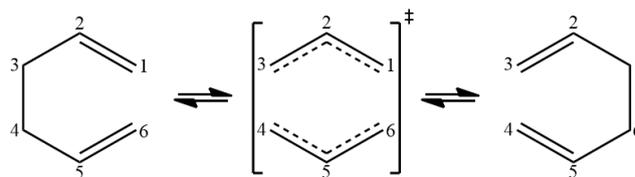


Рисунок 3 – Общая схема перегруппировки Коупа

Замена одного или нескольких атомов углерода в диене на азот приводит к соответствующим аза-диеновым системам, перегруппировка которых носит название аза-перегруппировки Коупа:

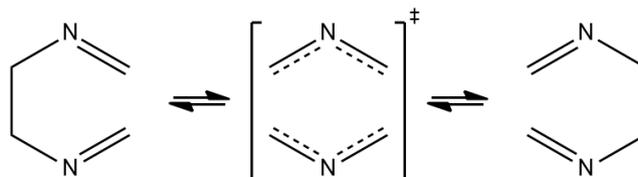
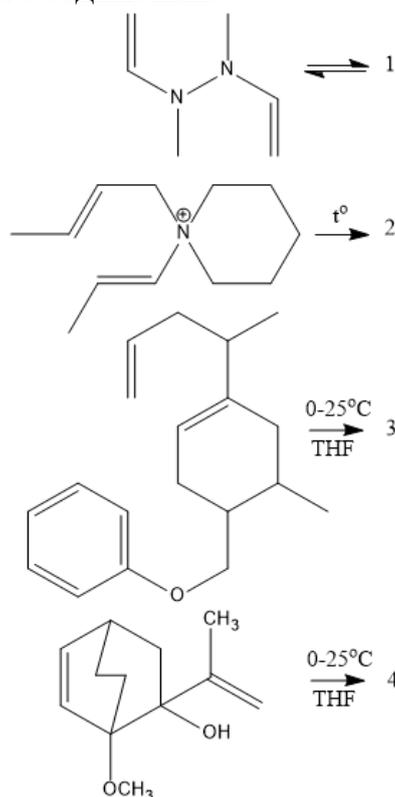
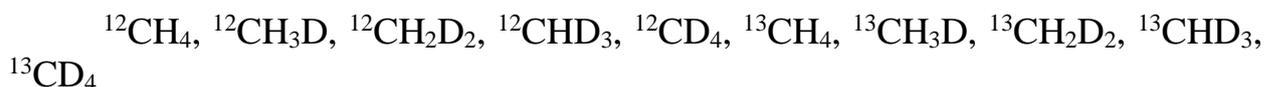


Рисунок 4 – Общая схема аза-перегруппировки Коупа

4. Пользуясь схемами на рисунках 3 и 4, предложите продукты перегруппировок следующих соединений:



Если соединения отличаются только своим изотопным составом (положение изотопной метки не важно), то они носят название *изотопологов*. К примеру, если рассматривать два изотопа водорода (^1H , D) и два изотопа углерода (^{12}C и ^{13}C), то можно записать десять различных изотопологов метана:



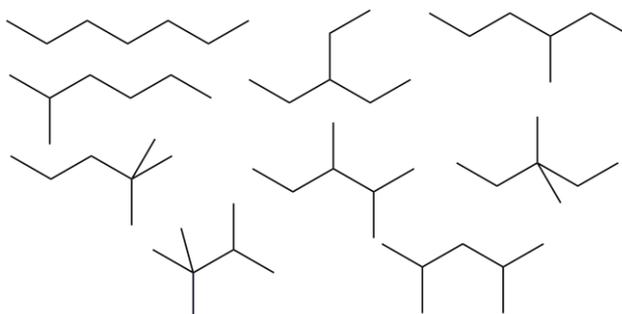
5. Сколько изотопологов может существовать у диметилового эфира (CH_3OCH_3), если при их составлении ограничиться следующими нуклидами: ^{12}C , ^{13}C , ^1H , D , ^{16}O ?

В случае же, когда молекулы отличаются друг от друга только лишь положением изотопной метки, они называются *изотопомерами* (к примеру, $\text{CH}_3\text{-OD}$ и $\text{CH}_2\text{D-OH}$).

6. Сколько изотопомеров существует для тридейтерированного диметилового эфира?

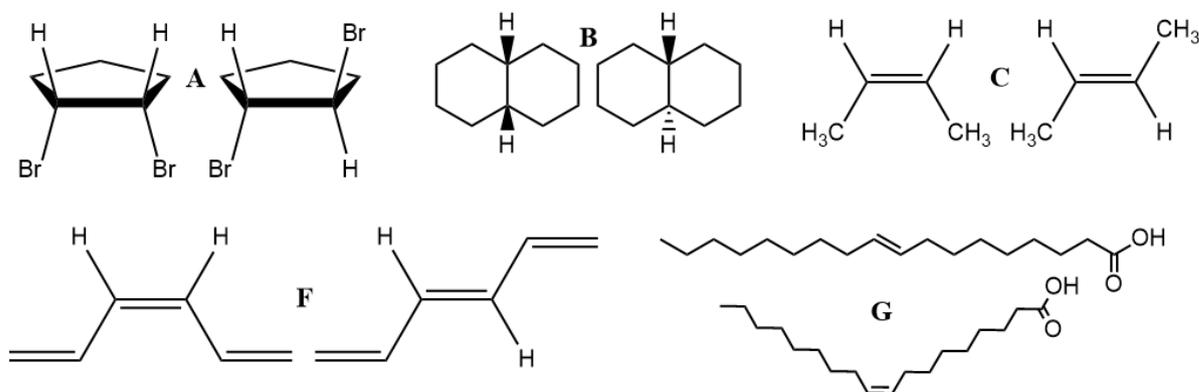
Ответ:

1) Для 2-метилгексана возможно существование 9 структурных изомеров:



(2,5 балла)

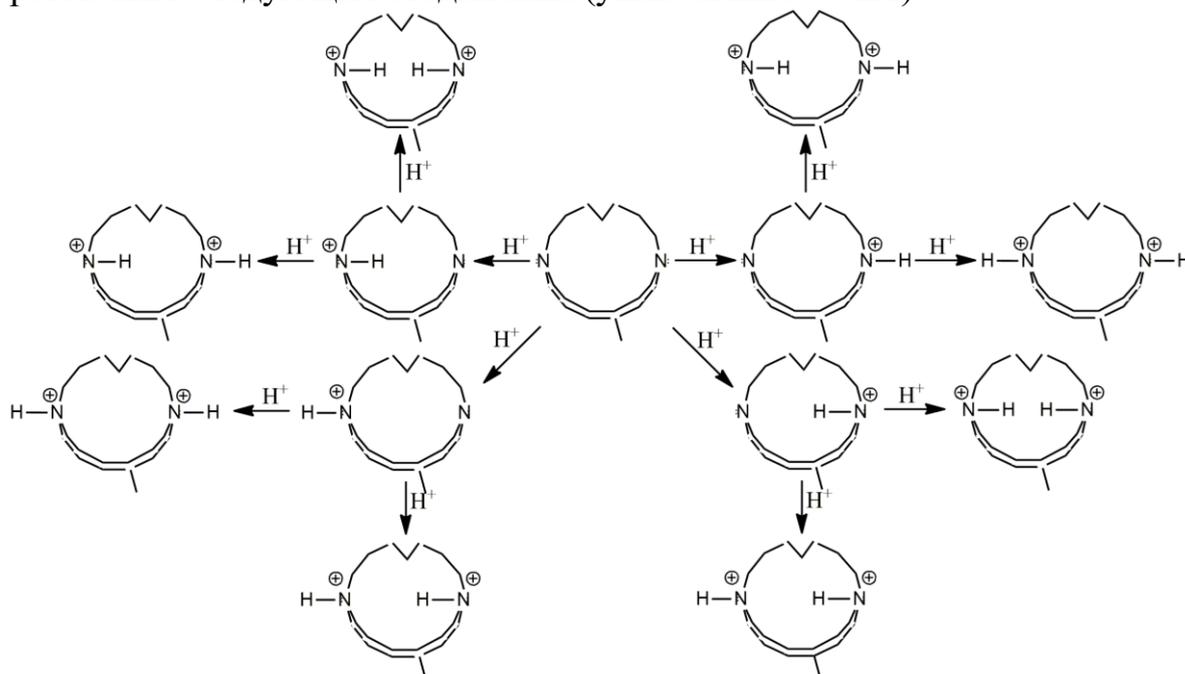
2) В цис- и транс-формах могут существовать соединения А, В, С, F, G:



В	Декалин
Е	Ацетилен
Г	Олеиновая кислота (цис-) Элаидиновая кислота (транс-)
Н	Стеариновая кислота

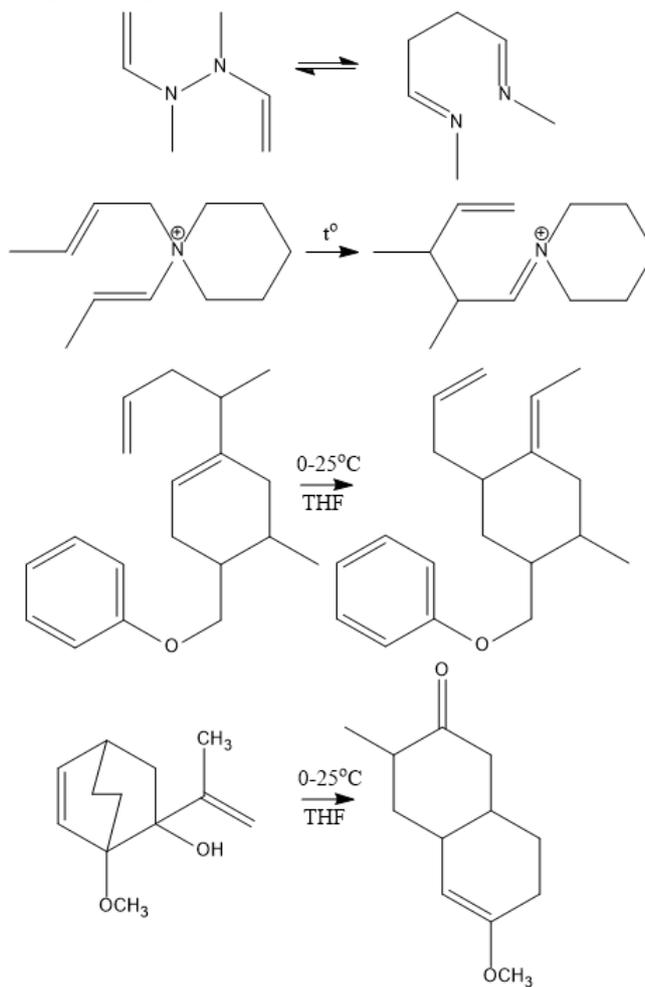
(5 баллов)

3) Протонирование макроциклического диамина приводит к образованию следующих соединений (уникальных – 8 шт).



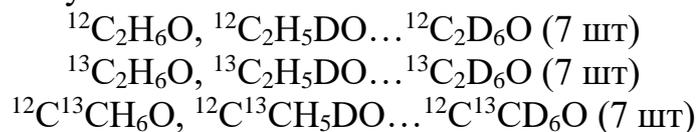
(8 баллов)

4) Продукты перегруппировок:



(5 баллов)

5) Поскольку при записи изотопологов важен лишь изотопный состав (положение изотопной метки не важно), то комбинируя все возможные варианты, может получиться 21 изотополог:



(2,5 балла)

6) Для тридейтерированного диметилового эфира существуют 2 различных изотомера: $\text{DH}_2\text{C-O-CD}_2\text{H}$, $\text{D}_3\text{C-O-CH}_3$.

(1 балл)

Критерии оценивания:

1. За установление количества структурных изомеров 2-метилгексана – **1 балл**.

2. За написание структурных формул трех любых изомеров по 0,5 балла – всего **1,5 балла**.

3. За установление соединений, способных существовать как в цис-, так и в транс-формах по 0,5 балла – всего **2,5 балла**.

4. За написание тривиальных названий по 0,5 балла – всего **2,5 балла**.

5. За написание протонированных форм диамина по 1 баллу – всего **8 баллов**.

6. За установление соединений 1-3 по 0,5 балла – всего **1,5 балла**.

7. За установление соединения 4 – **3,5 балла**.

8. За установление числа изотопологов – **2,5 балла**.

9. За установление числа изотопомеров – **1 балл**.

Итого: 24 балла

Задание 3. Киндер терприз. (20 баллов)

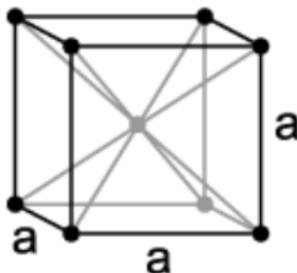
Тербий – это один из редкоземельных элементов. Металлический тербий существует в виде нескольких аллотропных модификаций, устойчивых при различных температурах. Соединения тербия широко применяются в металлургии, катализе и электронике.

При взаимодействии перхлората тербия (III) с сульфатом натрия в соотношениях 1:1 и 1:2 образуются соединения, содержащие комплексные ионы А и Б, соответственно. Если же исходные соединения взаимодействуют в соотношении 2:3, образуется простая соль В, которая применяется при производстве компонентов полупроводниковых приборов.

В некоторых комплексных соединениях тербий, как и многие другие лантаноиды, проявляет аномально высокие координационные числа. Известно, например, что в комплексе Г реализуется 8 связей между Tb^{3+} и четырьмя лигандами NO_3^- .

Моносulfид тербия способен образовывать изоморфные кристаллы, встраиваясь в кристаллическую решетку NaCl.

1. β -Модификация тербия имеет объемноцентрированную кубическую решетку. Рассчитайте объем элементарной ячейки для этой модификации. Плотность решетки примите равной $8,27 \text{ г/см}^3$. Ответ выразите в м^3 .



Объемноцентрированная кубическая решетка

2. Установите формулы комплексных ионов А и Б и приведите сокращенные ионные уравнения реакций образования этих ионов.

3. Для каких целей соединение В добавляют в металлы при производстве полупроводников? Установите формулу В.

4. Установите химическую и структурную формулы соединения Г.

5. Что такое изоморфизм? Укажите требования к веществам, образующим изоморфные кристаллы.

6. Рассчитайте количество атомов тербия в полый монодисперсной наночастице оксида тербия(III) с внутренним диаметром 50 нм и толщиной $2 \cdot 10^4 \text{ пм}$ ($\rho(\text{Tb}_2\text{O}_3) = 8,64 \text{ г/см}^3$).

Справочные данные:

Таблица перевода единиц измерения:

1 пм	10^{-12} м
1 нм	10^{-9} м

В кристаллической решетке можно выделить наименьший параллелепипед, трансляцией (размножением) которого во всех трех измерениях получается кристалл. Такая структурная единица называется элементарной ячейкой. Длина, ширина и высота такой ячейки называются ее параметрами.

Ответ:

1) β -Модификация представлена объемноцентрированной кубической решеткой. Количество атомов в одной элементарной ячейке равняется 2. Атомная масса тербия равна 159 а.е.м.

Найдем объем элементарной ячейки:

$$a^3 = \frac{z \cdot Ar}{N_A \cdot \rho},$$

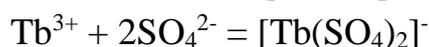
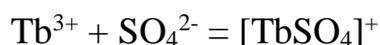
$$a^3 = \frac{2 \cdot 159}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 8,27 \cdot 10^6} = 6,39 \cdot 10^{-29} \text{ м}^3,$$

$$V = a^3,$$

$$V = 6,39 \cdot 10^{-29} \text{ м}^3.$$

(3 балла)

2) Комплексные ионы **A** и **B** имеют брутто-формулы $[\text{TbSO}_4]^+$ и $[\text{Tb}(\text{SO}_4)_2]^-$ соответственно. Сокращенные ионные уравнения образования **A** и **B**:

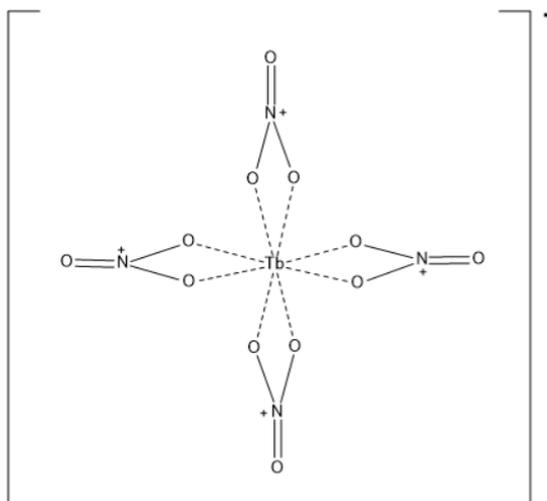


(4 балла)

3) Соединение **B** имеет формулу $\text{Tb}_2(\text{SO}_4)_3$ и используется для легирования материалов при производстве полупроводников

(2 балла)

4) Химическая формула нитратного комплекса $[\text{Tb}(\text{NO}_3)_4]^-$. Структура комплексного соединения:



(2 балла)

5) Изоморфизм — свойство элементов замещать друг друга в структуре кристалла. Изоморфизм возможен при сходных зарядах, размерах и поляризуемости.

(3 балла)

б) Рассчитаем количество атомов церия, входящего в состав наночастицы:

$$\begin{aligned}V_{\text{шара}} &= \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \\V_{\text{внешнего шара}} &= \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (45 \cdot 10^{-7})^3 = 3,81 \cdot 10^{-16} \text{ см}^3 \\V_{\text{внутреннего шара}} &= \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (25 \cdot 10^{-7})^3 = 6,54 \cdot 10^{-17} \text{ см}^3 \\V_{\text{Tb}_2\text{O}_3} &= V_{\text{внешнего шара}} - V_{\text{внутреннего шара}} \\V_{\text{Tb}_2\text{O}_3} &= 3,81 \cdot 10^{-16} - 6,54 \cdot 10^{-17} = 3,16 \cdot 10^{-16} \text{ см}^3 \\m_{\text{Tb}_2\text{O}_3} &= \rho \cdot V_{\text{Tb}_2\text{O}_3} \\m_{\text{Tb}_2\text{O}_3} &= 8,64 \cdot 3,16 \cdot 10^{-16} = 2,73 \cdot 10^{-15} \text{ г} \\n_{\text{Tb}_2\text{O}_3} &= \frac{m_{\text{Tb}_2\text{O}_3}}{M_{\text{Tb}_2\text{O}_3}} \\n_{\text{Tb}_2\text{O}_3} &= \frac{2,73 \cdot 10^{-15}}{366} = 7,45 \cdot 10^{-18} \text{ моль} \\n_{\text{Tb}_2\text{O}_3} &= 2n_{\text{Tb}} \\N_{\text{Tb}} &= n_{\text{Tb}} \cdot N_A \\N_{\text{Tb}} &= 2 \cdot 7,45 \cdot 10^{-18} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 8,97 \cdot 10^9\end{aligned}$$

(6 баллов)

Критерии оценивания:

1. За расчет объема элементарной ячейки – **3 балла**.
2. За установление формул комплексных ионов и написание уравнений по 1 баллу – всего **4 балла**.
3. За установление строения соединения **В** и ответ на вопрос по 1 баллу – всего **2 балла**.
4. За установление структурной и химической формул – **2 балла**.
5. За объяснение понятия изоморфизм и указание критериев изоморфизма по 1 баллу – всего **3 балла**.
6. За расчет количества атомов в наночастице – **6 баллов**.

Итого: 20 баллов

Задание 4. Посвящается Анри Луи Ле Шателье. (20 баллов)

Синтез аммиака из элементов – процесс Габера-Боша - по праву считают одной из важнейших промышленных химических реакций, когда-либо разработанных. Его реализация привела к значительному увеличению производства минеральных удобрений, что обеспечило резкий рост урожайности, а, значит, способствовало повышению количества населения и снижению голода. Однако этот процесс долгое время оставался нереализованным, поскольку не могли подобрать условия его осуществления. Ситуация улучшилась после работ Анри Луи Ле Шателье, посвященных исследованию равновесия обратимых реакций.



Анри Луи Ле Шателье
1850-1936

1. Напишите реакцию синтеза аммиака из элементов. В чем, по - Вашему, причина сложности её промышленной реализации?
2. Рассчитайте равновесный выход аммиака (φ) при различных температурах и давлениях, закончив таблицу:

N опыта	Температура, К	Давление, МПа	K_p (МПа ⁻²)	φ , %
1	873	10,00	$2,2 \cdot 10^{-6}$	
2	873	30,00	$3,6 \cdot 10^{-6}$	
3	573	30,30	$7,4 \cdot 10^{-3}$	

Учтите, что приведенные в таблице константы равновесия (K_p) выражены через парциальные давления реагентов.

3. Сравните результаты, полученные в опытах 1 – 2 и сделайте выводы о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака. Объясните причины такого влияния.
4. Сформулируйте принцип смещения равновесия обратимой реакции, предложенный Ле Шателье.
5. Напишите уравнения реакций взаимодействия аммиака с серной кислотой, магнием (при нагревании), водным раствором нитрата меди (II), фосфином, супероксидом калия.

Для справки:

1. *Парциальное давление (лат. partialis «частичный») - давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объём, равный объёму смеси при той же температуре. Общее давление газовой смеси является суммой парциальных давлений её компонентов.*

Парциальное давление отдельных компонентов газов в идеальном газе рассчитывается по формуле: $p_i = x_i \cdot P$, где x_i - мольная доля компонента газовой смеси, P - общее давление газовой смеси.

2. Равновесный выход продукта – это отношение количества продукта реакции в момент равновесия к начальному количеству одного из реагентов (взятого не в избытке) с учетом стехиометрических коэффициентов.

Ответ:



Сложность промышленной реализации данной реакции состоит в том, молекула N_2 обладает малой реакционной способностью и имеет большую энергию связи (941,6 кДж/моль), для разрыва этой прочной связи необходимы специальные условия; данная реакция является обратимой, экзотермической, характеризуется большим отрицательным энтальпийным эффектом ($\Delta H_{298} = -91,96$ кДж/моль) и при высоких температурах становится еще более экзотермической ($\Delta H_{725} = -112,86$ кДж/моль); реакция синтеза аммиака протекает с уменьшением объема, максимального выхода аммиака можно достичь, проводя процесс при высоком давлении и низких температурах. Синтез аммиака протекает с заметной скоростью только в присутствии катализатора.

2. При температуре T и давлении P определим парциальные давлений компонентов в равновесной смеси:

$$p_{NH_3} = \chi \cdot p; p_{N_2} = \frac{1}{4} p(1 - \chi); p_{H_2} = \frac{3}{4} p(1 - \chi);$$

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} p_{H_2}^3}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{K_p} &= \frac{\sqrt{p_{NH_3}^2}}{\sqrt{p_{N_2} p_{H_2}^3}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\left(\frac{3p(1-\chi)}{4}\right)^3}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\frac{27p^3(1-\chi)^3}{64}}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \frac{\sqrt{27p^3(1-\chi)^3}}{8}} = \frac{\chi \cdot p}{0,1875 \sqrt{3p^4(1-\chi)^4}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{0,1875 p^2 (1-\chi)^2 \sqrt{3}} = \frac{\chi \cdot p}{0,325 p^2 (1-\chi)^2} = \frac{\chi}{0,325 p (1-\chi)^2} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\sqrt{K_p}} = \frac{0,325 p (1-\chi)^2}{\chi}$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p}$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p}$$

$$a(873 \text{ K}; 10,00 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p} = 674,19 \frac{1}{0,325 \cdot 10} = 207,44$$

$$a(873 \text{ K}; 30,00 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p} = 527,04 \frac{1}{0,325 \cdot 30} = 54,05$$

$$a(573 \text{ K}; 30,30 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p} = 11,62 \frac{1}{0,325 \cdot 30,3} = 1,18$$

$$\frac{(1 - \chi)^2}{\chi} = a$$

$$(1 - \chi)^2 = a\chi$$

$$1 - 2\chi + \chi^2 - a\chi = 0$$

$$1 - \chi(2 + a) + \chi^2 = 0$$

При 873 К; 10 МПа:

$$\chi(873 \text{ K}, 10 \text{ МПа}) = \frac{2+207,44 \pm \sqrt{(2+207,44)^2 - 4}}{2} = \frac{209,44 \pm \sqrt{43861,1136}}{2} = \frac{209,44 \pm 209,43}{2} = 209,44; 0,005$$

$\chi_1 = 209,44$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,005$

При 873 К; 30 МПа:

$$\chi(873 \text{ K}, 30 \text{ МПа}) = \frac{2+54,05 \pm \sqrt{(2+54,05)^2 - 4}}{2} = \frac{56,05 \pm \sqrt{3127,60}}{2} = \frac{56,05 \pm 56,01}{2} = 56,030; 0,020$$

$\chi_1 = 56,030$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,020$

При 573 К; 30,3 МПа:

$$\chi(573 \text{ K}, 30,3 \text{ МПа}) = \frac{2+1,18 \pm \sqrt{(2+1,18)^2 - 4}}{2} = \frac{3,18 \pm \sqrt{6,1124}}{2} = \frac{3,18 \pm 2,472}{2} = 2,826; 0,354$$

$\chi_1 = 2,826$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,354$

Равновесный выход аммиака:

При 873 К; 10 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,005$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4} (1 - 0,005) = \frac{0,995}{4} = 0,2487 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4} (1 - 0,005) = \frac{3 \cdot 0,995}{4} = 0,7463 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,005}{2} = 0,0025 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} = 0,0025 \text{ моль} + 0,2487 \text{ моль} = 0,2512 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,005}{2 \cdot 0,2512} = \frac{0,005}{0,5024} \times 100\% = 0,99 \%$$

При 873 К; 30 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,020$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4} (1 - 0,020) = \frac{0,98}{4} = 0,245 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4} (1 - 0,020) = \frac{3 \cdot 0,98}{4} = 0,735 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,02}{2} = 0,01 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} = 0,01 \text{ моль} + 0,245 \text{ моль} = 0,255 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,020}{2 \cdot 0,255} = \frac{0,020}{0,51} \times 100\% = 3,92 \%$$

При 573 К 30,3 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,354$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4} (1 - 0,354) = \frac{0,646}{4} = 0,162 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4} (1 - 0,354) = \frac{3 \cdot 0,646}{4} = 0,485 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,354}{2} = 0,177 \text{ моль}$$

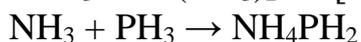
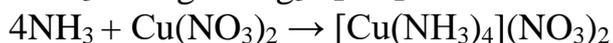
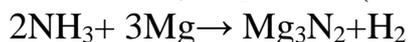
$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} = 0,177 \text{ моль} + 0,162 \text{ моль} = 0,339 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,354}{2 \cdot 0,339} = \frac{0,354}{0,678} \times 100\% = 52,21 \%$$

3. При увеличении давления равновесный выход увеличивается, что связано с уменьшением объема системы. При повышении температуры выход снижается, поскольку реакция $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ - экзотермическая, и равновесие смещается в сторону реакции, идущей с поглощением теплоты. Процесс синтеза аммиака требует высоких давлений и температур, а также использования катализатора, но выход продукта довольно низкий, поэтому в промышленности используют рецикл непрореагировавшей азото-водородной смеси.

N опыта	Температура, К	Давление, МПа	Kp (МПа ⁻²)	φ, %
1	873	10,00	$2,2 \cdot 10^{-6}$	2,95
2	873	30,00	$3,6 \cdot 10^{-6}$	3,92
3	573	30,30	$7,4 \cdot 10^{-3}$	52,07

4. Принцип Ле Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, оказать внешнее воздействие, то равновесие сместится так, чтобы уменьшить эффект внешнего воздействия. Так, повышение давления сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества молекул газа. Добавление в равновесную смесь какого-либо компонента реакции сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества этого компонента. Повышение (или понижение) температуры сдвигает равновесие в сторону реакции, протекающей с поглощением (выделением) теплоты.



Критерии оценивания:

За написание уравнения реакции синтеза аммиака из элементов – 1 балл

За аргументированный вывод о сложности промышленной реализации синтеза аммиака из элементов – 2 балла

За вычисление равновесного выхода аммиака в опытах 1-3 – по 3 балла – 9 баллов

За аргументированный вывод о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака – 2 балла

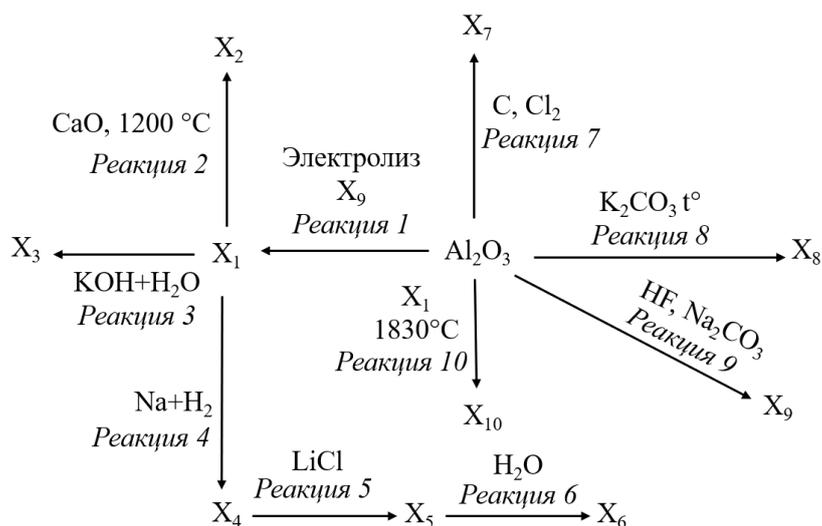
За верное написание уравнений реакций аммиака с серной кислотой, магнием (при нагревании), водным раствором нитрата меди (II), фосфином, супероксидом калия – по 1 баллу – 5 баллов

За формулировку принципа Ле Шателье – 1 балл.

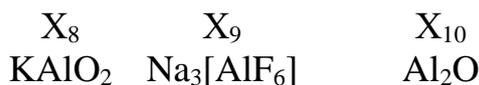
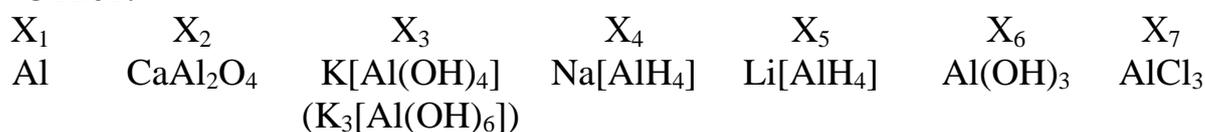
Итого 20 баллов

Задание 5. Забывчивая аспирантка. (20 баллов)

Аспирантка Люся забыла подготовиться к заседанию кафедры, на котором должна была сделать доклад о химических свойствах алюминия. Ее «подруга» Клавдия напомнила Люсе об этом, но сделала это в самый последний момент. Люся успела только схематично изобразить превращения алюминия, но не составила уравнения химических реакций. В спешке Люся умудрилась забыть, что скрывается под литерами «X». Точно помнила только, что везде зашифрованы соединения алюминия, X_2 – смешанный оксид, X_7 – средняя соль, X_3, X_4, X_5, X_9 – комплексные соединения, а в реакции 10 образуется оксид с необычной степенью окисления для входящего в его состав металла. Помогите Люсе написать уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и укажите вещества X_1 - X_{10}



Ответ:



1. $2Al_2O_3$ (электролиз) $\rightarrow 4Al + 3O_2$
2. $2Al + 4CaO \rightarrow 3Ca + CaAl_2O_4$
3. $Al + 2KOH + 6H_2O \rightarrow 2K[Al(OH)_4] + 3H_2$ ($2Al + 6KOH + 6H_2O \rightarrow 2K_3[Al(OH)_6] + 3H_2$)
4. $Na + Al + 2H_2 \rightarrow Na[AlH_4]$
5. $Na[AlH_4] + LiCl \rightarrow Li[AlH_4] + NaCl$
6. $Li[AlH_4] + 4H_2O \rightarrow LiOH + Al(OH)_3 + 4H_2$
7. $Al_2O_3 + 3C + 3Cl_2 \rightarrow 2AlCl_3 + 3CO$
8. $Al_2O_3 + K_2CO_3 \rightarrow 2KAlO_2 + CO_2$
9. $Al_2O_3 + 12HF + 3Na_2CO_3 \rightarrow 2Na_3AlF_6 + 6H_2O + 3CO_2$
10. $Al_2O_3 + 4Al \rightarrow Al_2O$

Критерии оценивания:

За установление веществ X₁-X₁₀ – по 1 баллу – 10 баллов

За верное написание уравнений реакций 1-10 – по 1 баллу – 10 баллов

Итого: 20 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1																	18	
1	H 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium															Ne 10 20,1798 0 Неон Neon	
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium															Ar 18 39,95 0 Аргон Argon	
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 Криптон Krypton
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 Ксенон Xenon
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 Радон Radon
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сиборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннессин Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson

символ — **Po** — атомный номер — **84**

стандартная атомная масса — **208,9824** — устойчивая степень окисления — **+4**

название на русском — **Полоний** — относительный размер атома

на английском — **Polonium** — радиоактивный

полуметалл

■ s-элементы

■ p-элементы

■ d-элементы

■ f-элементы



Ce 58 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium
Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium

Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	-	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	-	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	-	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

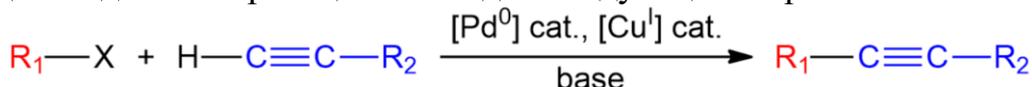
Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается

Химия 10 класс. Вариант 3

Задание 1. “E pluribus unum”. (16 баллов)

Реакция Соногаширы – это реакция кросс-сочетания арил- и винилгалогенидов (как правило, иодидов, бромидов или хлоридов, но не фторидов) с терминальными алкинами (алкинами с концевой тройной связью), катализируемая соединениями Pd⁰ и Cu^I в присутствии оснований. В общем виде схема реакции выглядит следующим образом:



R₁ – арил или винил.

R₂ – арил, винил, алкил, Si(CH₃)₃ и др.

X – I, Br, Cl, OTf (трифлат – CF₃-SO₃⁻).

[Pd⁰] cat. – катализатор на основе комплексов Pd⁰ (как правило, с фосфиновыми лигандами; часто образуется *in situ* из солей Pd²⁺).

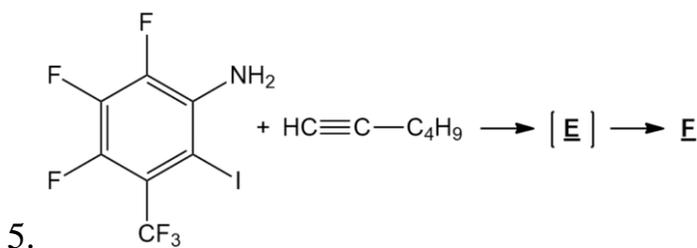
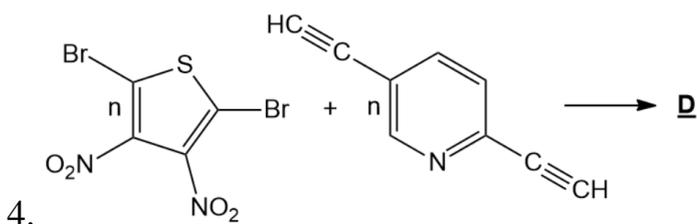
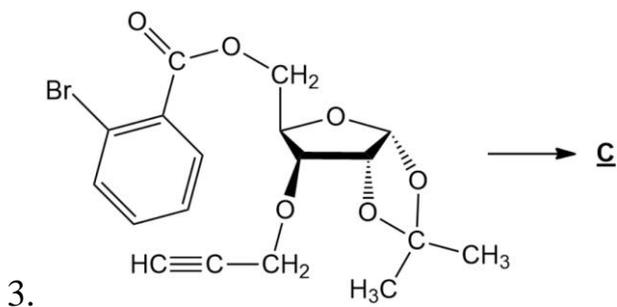
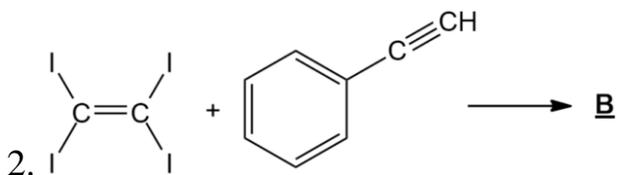
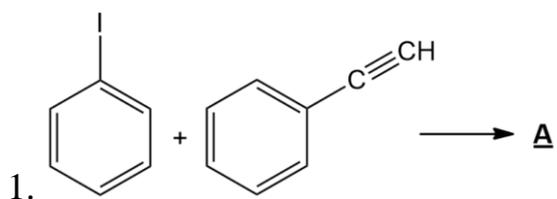
[Cu^I] cat. – сокатализатор на основе Cu^I: как правило, CuI.

base – основание: вторичные или третичные амины, карбонаты K или Cs и др.

Руководствуясь указанной выше схемой, установите строение соединений **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**. Известно, что при получении соединения **B** фенилацетилен берут в избытке; получение соединения **C** проводят в разбавленных растворах; соединение **D** является полимером; соединение **E** содержит ароматическую систему из 6 π-электронов, в то время как **F** – из 10; превращение **E** → **F** не является реакцией кросс-сочетания, но катализируется основаниями, поскольку они увеличивают нуклеофильные свойства NH₂-группы.

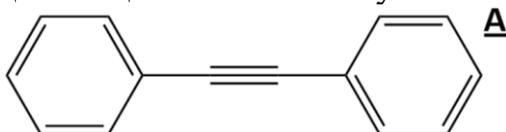
Примечание: при изображении структурных формул органических соединений связи, нарисованные жирными линиями, расширяющимися к одному из концов, “смотрят” на наблюдателя из плоскости рисунка, в то время как связи, обозначенные расширяющимися штрихами, “смотрят” от наблюдателя. Это необходимо для изображения конфигурации асимметрических атомов углерода в хиральных молекулах или для наглядного изображения объёмных многоатомных структур.

Для изображения монозамещённого бензольного кольца в ходе решения задачи допускается использовать сокращение Ph.



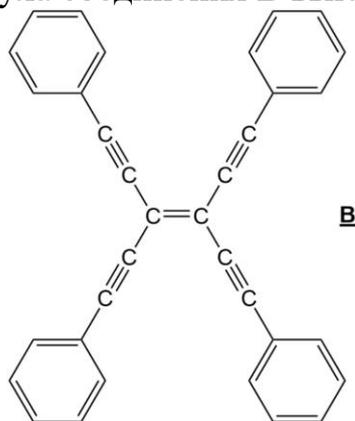
Ответ:

1) Взаимодействие фенилацетилена с иодбензолом – это классический пример реакции Соногаширы. Образуется дифенилацетилен **A**, при этом формально в ходе реакции отщепляется молекула HI:



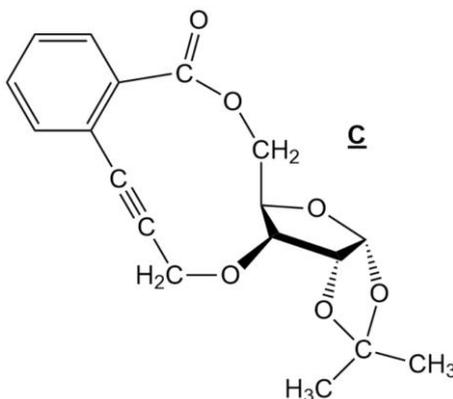
(1 балл)

2) При взаимодействии тетраиодэтилена с терминальными ацетиленами все четыре атома иода могут “замещаться” на алкины. Таким образом, структурная формула соединения **B** выглядит следующим образом:



(1 балл)

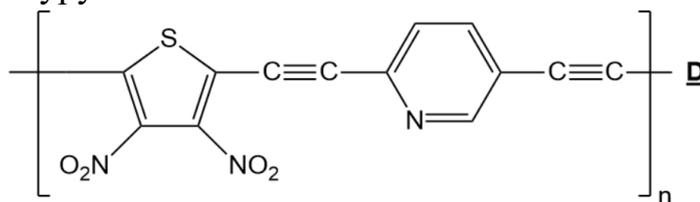
3) Реакция образования соединения **C** – чудесный пример использования реакции Соногашеры для синтеза макроциклов. Поскольку и терминальная тройная связь, и арилгалогенид являются частью одной молекулы, а реакцию проводят в разбавленном растворе, процесс протекает внутримолекулярно и приводит к циклизации. При проведении реакции в концентрированном растворе возрастает вероятность межмолекулярного сочетания.



Источник: <https://doi.org/10.1039/c3ra43827a>

(3 балла)

4) При взаимодействии диенов с органическими дигалогенидами может происходить полимеризация. Таким образом, соединение **D** имеет следующую структуру:

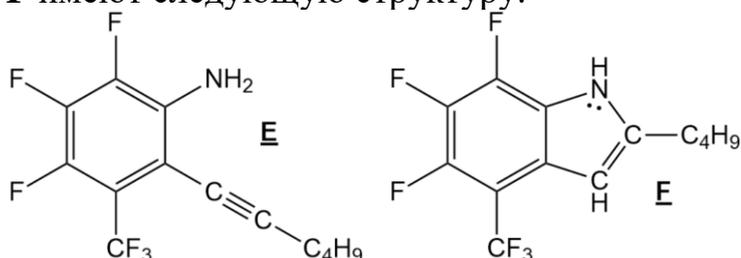


В качестве ответа принимается любой из возможных корректных изомеров соединения **D**.

Источник: <https://doi.org/10.1021/ma00100a055>

(4 балла)

5) В данном случае реакция кросс-сочетания идёт по атому углерода, содержащему в качестве заместителя иод, поскольку арилфториды, как правило, малоактивны в реакции Соногаширы. Образующийся продукт **E** далее подвергается внутримолекулярной циклизации путём нуклеофильного присоединения NH_2 -группы, находящейся в орто-положении, к тройной связи. Получившееся соединение **F** является производным индола и содержит ароматическую систему из 10 электронов. Таким образом, соединения **E** и **F** имеют следующую структуру:



Источник: Политанская Л.В. Разработка универсальных подходов к синтезу полифторированных азот-, кислород- и серосодержащих бензоаннелированных гетероциклов: Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора химических наук: 1.4.3 “Органическая химия” / Л.В. Политанская. – Новосибирск, 2022. – 47 с.

(7 баллов)

Критерии оценивания:

1. За установление структурных формул соединений **A**, **B** по 1 баллу – всего **2 балла**.
2. За установление структурных формул соединений **C**, **E** по 3 балла – всего **6 баллов**.
3. За установление структурных формул соединений **D**, **F** по 4 балла – всего **8 баллов**.

Итого: 16 баллов

Задание 2. Изобилие изомеров (isos – равный (греч.),meros – часть (греч.)) (24 балла)

Всем изучавшим химию известно такое явление как изомерия, придающее различные свойства одинаковым по составам молекулам. Все также знают, что открыто несколько видов изомерии, а число изомеров бывает очень большим. Так, для одного из самых токсичных и самых сложных по структуре веществ, обнаруженных в живой природе, палитоксина теоретически возможны 10^{21} изомеров.

1. Сколько всего существует структурных изомеров 2,4 - диметилпентана? Запишите структурные формулы трех любых из них.
2. Установите, какие из перечисленных соединений способны существовать как в цис-, так и в транс-формах. Для соединений **B**, **E**, **G**, **H**

напишите их тривиальные названия (имейте в виду, что тривиальные названия некоторых соединений могут отличаться для цис- и транс-форм).

А) $C_6H_{10}Cl_2$ (шестичленное циклическое соединение, в котором заместители находятся у соседних атомов углерода);

В) $C_{10}H_{18}$ (насыщенный бициклический углеводород, каждое из колец которого имеет по шесть атомов углерода);

С) C_2H_3Br ;

Д) $CHBr=CHBr$;

Е) C_2H_2 ;

Ф) C_6H_8 (сопряженный триен);

Г) $C_{17}H_{33}COOH$ (9-октадеценовая кислота);

Н) $C_{17}H_{35}COOH$ (октадекановая кислота).

Для мостиковых бициклических соединений известен еще один вид изомерии, который получил название *in/out* изомерии или гомеоморфной изомерии. *In/out* изомеры имеют разную ориентацию заместителей в голове моста. Так, для *in,in*-изомера заместители направлены внутрь циклической системы, а в случае *out,out*-изомера – наружу (рисунок 1):

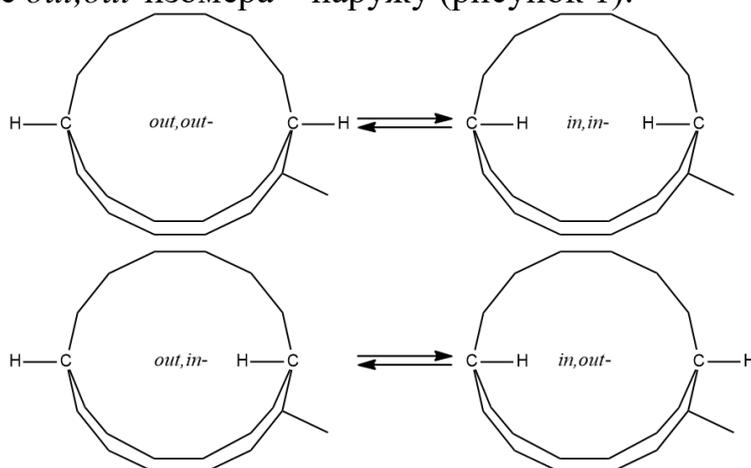


Рисунок 1 – Гомеоморфная изомеризация *out,out*- в *in,in*-форму и *out,in*- в *in,out*-форму

3. Установите, сколько изомерных продуктов образуется при последовательном протонировании макроциклического диамина, представленного на рисунке 2.

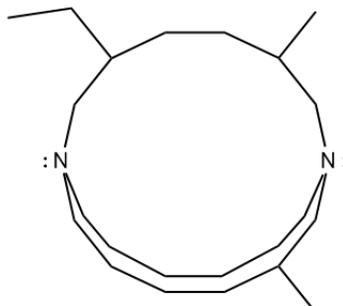
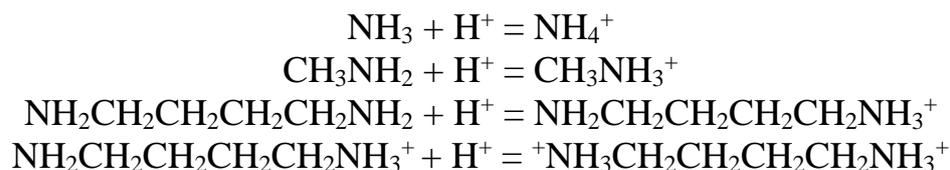


Рисунок 2 – Макроциклический диамин

Способность аминного азота к присоединению H^+ обусловлена наличием у него неподеленной электронной пары. К примеру, схема

протонирования простейшего амина, метиламина, в сущности, ничем не отличается от протонирования аммиака, а протонирование диаминов происходит поэтапно:



Зачастую бывает так, что один изомер крайне затруднительно превратить в другой (представьте, к примеру, количество стадий синтеза для получения 1,2,3-триметилциклопропана из гексена-1). Тем не менее, существуют так называемые реакции изомеризации. Вам, вероятно, хорошо известна реакция изомеризации н-бутана в изобутан при нагревании в присутствии хлористого алюминия.

К еще одной реакции подобного типа (часто их называют перегруппировками) стоит отнести перегруппировку Коупа (рисунок 3), протекающую по схеме (для удобства атомы углерода пронумерованы):

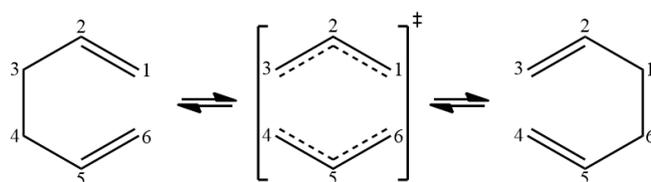


Рисунок 3 – Общая схема перегруппировки Коупа

Замена одного или нескольких атомов углерода в диене на азот приводит к соответствующим аза-диеновым системам, перегруппировка которых носит название аза-перегруппировки Коупа:

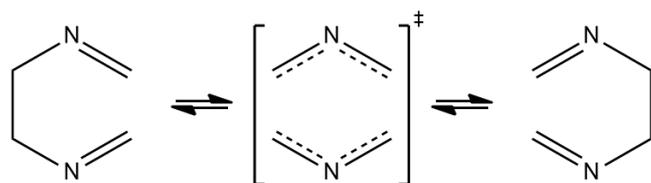
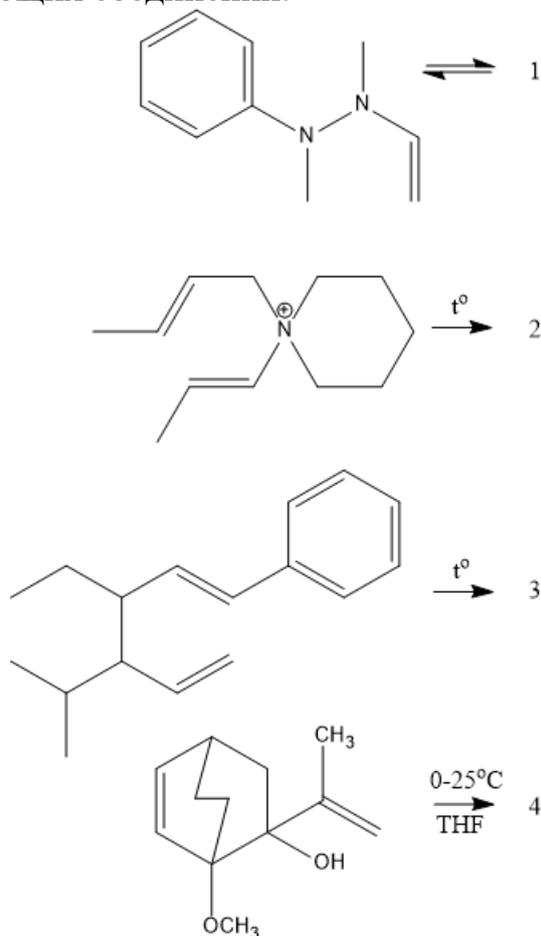


Рисунок 4 – Общая схема аза-перегруппировки Коупа

4. Пользуясь схемами на рисунках 3 и 4, предложите продукты перегруппировок следующих соединений:



Если соединения отличаются только своим изотопным составом (положение изотопной метки не важно), то они носят название *изотопологов*. К примеру, если рассматривать два изотопа водорода (^1H , D) и два изотопа углерода (^{12}C и ^{13}C), то можно записать десять различных изотопологов метана:



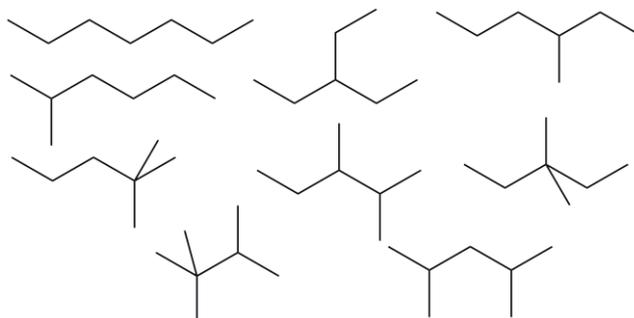
5. Сколько изотопологов может существовать у этанола ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), если при их составлении ограничиться следующими нуклидами: ^1H , D , ^{12}C , ^{13}C , ^{16}O ?

В случае же, когда молекулы отличаются друг от друга только лишь положением изотопной метки, они называются *изотопомерами* (к примеру, $\text{CH}_3\text{-OD}$ и $\text{CH}_2\text{D-OH}$).

6. Сколько изотопомеров существует для тридейтерированного этанола?

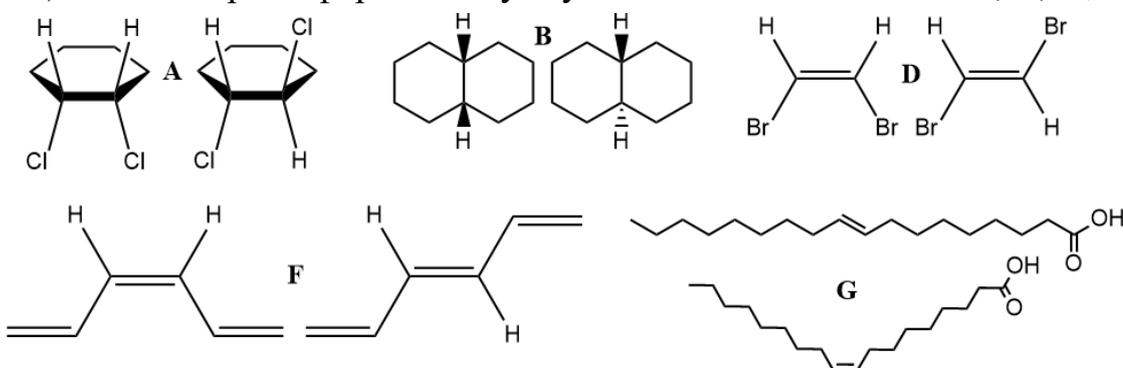
Ответ:

1) Для 2,4-диметилпентана возможно существование 9 структурных изомеров:



(2,5 балла)

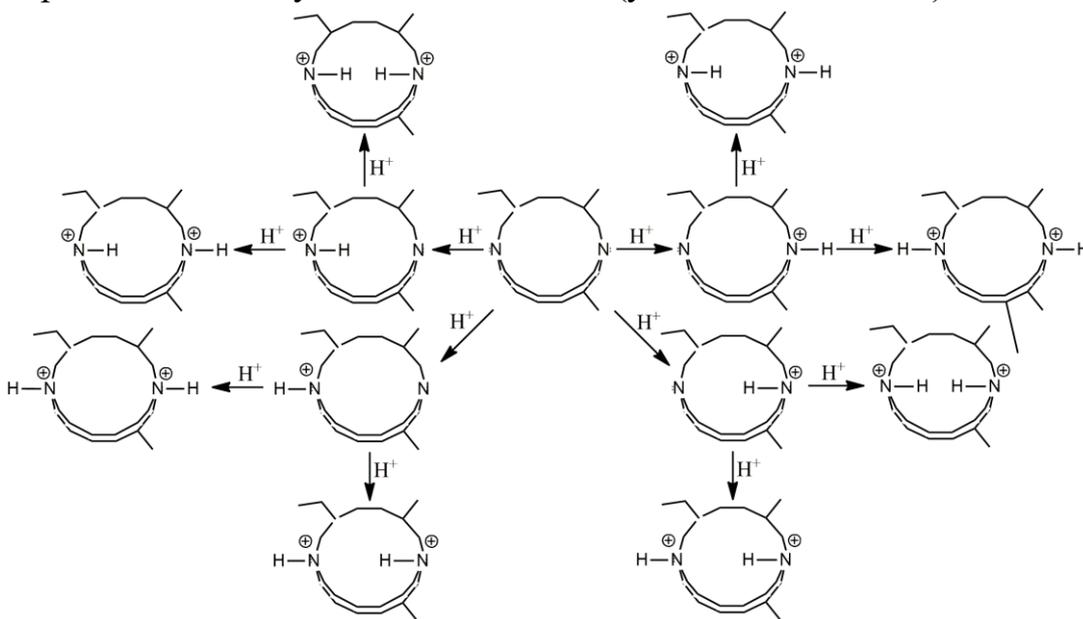
2) В цис- и транс-формах могут существовать соединения А, В, D, F, G:



В	Декалин
Е	Ацетилен
Г	Олеиновая кислота (цис-) Элаидиновая кислота (транс-)
Н	Стеариновая кислота

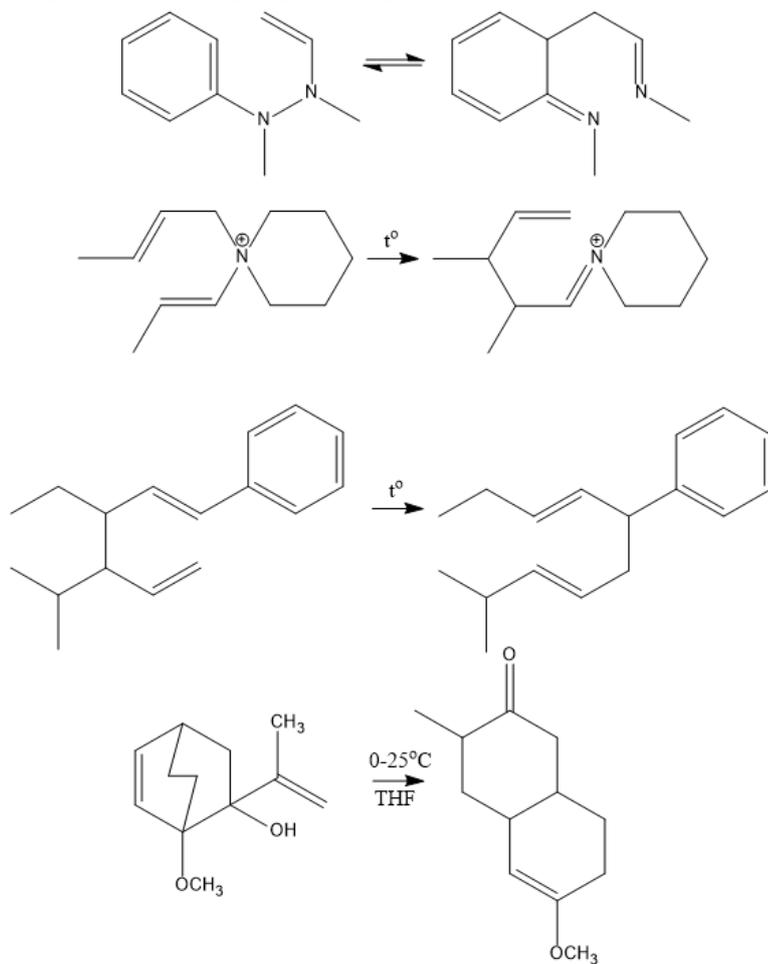
(5 баллов)

3) Протонирование макроциклического диамина приводит к образованию следующих соединений (уникальных – 8 шт).



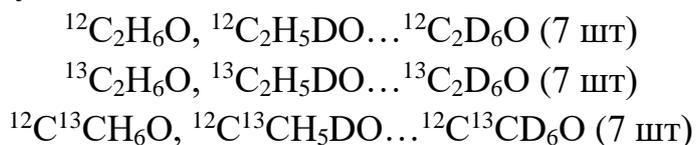
(8 баллов)

4) Продукты перегруппировок:



(5 баллов)

5) Поскольку при записи изотопологов важен лишь изотопный состав (положение изотопной метки не важно), то комбинируя все возможные варианты, может получиться 21 изотополог:



(2,5 балла)

б) Для тридейтерированного этанола существуют 6 различных изотопомеров: $\text{H}_3\text{C-CD}_2\text{-OD}$, $\text{D}_3\text{C-CH}_2\text{-OH}$, $\text{DH}_2\text{C-CD}_2\text{-OH}$, $\text{D}_2\text{HC-CHD-OH}$, $\text{D}_2\text{HC-CH}_2\text{-OD}$, $\text{DH}_2\text{C-CHD-OD}$.

(1 балл)

Критерии оценивания:

1. За установление количества структурных изомеров 2,4-диметилпентана – **1 балл**.
2. За написание структурных формул трех любых изомеров по 0,5 балла – всего **1,5 балла**.
3. За установление соединений, способных существовать как в цис-, так и в транс-формах по 0,5 балла – всего **2,5 балла**.
4. За написание тривиальных названий по 0,5 балла – всего **2,5 балла**.
5. За написание протонированных форм диамина по 1 баллу – всего **8 баллов**.
6. За установление соединений 1-3 по 0,5 балла – всего **1,5 балла**.
7. За установление соединения 4 – **3,5 балла**.
8. За установление числа изотопологов – **2,5 балла**.
9. За установление числа изотопомеров – **1 балл**.

Итого: 24 балла

Задание 3. Киндер церприз. (20 баллов)

Церий – самый распространенный редкоземельный металл. Металлический церий существует в виде нескольких аллотропных модификаций, устойчивых при различных температурах.

Соединения церия широко применяются в металлургии, органическом синтезе и катализе.

При взаимодействии перхлората церия(IV) с сульфатом калия в соотношениях 1:1 и 1:3 образуются соединения, содержащие комплексные ионы **A** и **B** соответственно. Если же исходные соединения взаимодействуют в соотношении 1:2, образуется простая соль **B**, которая в лабораторной практике используется в методе окислительно-восстановительного титрования, называемом цериметрией.

В некоторых комплексных соединениях церий, как и многие другие лантаноиды, проявляет аномально высокие координационные числа. Известно, например, что в комплексе Г реализуется 12 связей между Ce^{4+} и шестью лигандами NO_3^- .

Церий способен образовывать изоморфные кристаллы, встраиваясь в кристаллическую решетку флюорита.

1. γ -Модификация церия имеет гранецентрированную кубическую решетку. Рассчитайте объем элементарной ячейки для этой модификации. Плотность решетки примите равной $8,16 \text{ г/см}^3$. Ответ выразите в м^3 .

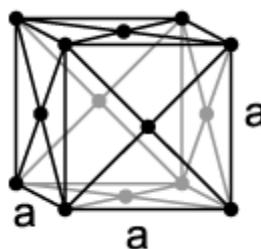


Рисунок 5 – Гранецентрированная кубическая решетка

2. Установите формулы комплексных ионов А и Б и приведите сокращенные ионные уравнения реакций образования этих ионов.

3. Укажите, для количественного определения каких ионов в методе периметрии применяется соединение В? Установите формулу В.

4. Установите химическую и структурную формулы соединения Г.

5. Что такое изоморфизм? Укажите требования к веществам, образующим изоморфные кристаллы.

6. Рассчитайте количество атомов церия в полый наночастице диоксида церия с внутренним диаметром 170 нм и толщиной $2 \cdot 10^4$ пм ($\rho(CeO_2) = 7,22 \text{ г/см}^3$).

Справочные данные:

Таблица перевода единиц измерения:

1 пм	10^{-12} м
1 нм	10^{-9} м

В кристаллической решетке можно выделить наименьший параллелепипед, трансляцией (размножением) которого во всех трех измерениях получается кристалл. Такая структурная единица называется элементарной ячейкой. Длина, ширина и высота такой ячейки называются ее параметрами.

Ответ:

1) Поскольку γ -модификация церия представлена гранецентрированной кубической решеткой, количество атомов в одной элементарной ячейке равняется 4. Атомная масса церия равна 140 а.е.м.

Найдем объем элементарной ячейки:

$$a^3 = \frac{z \cdot Ar}{N_A \cdot \rho},$$

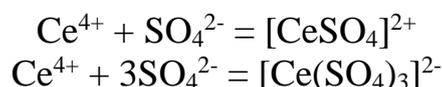
$$a^3 = \frac{4 \cdot 140}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 8,16 \cdot 10^6} = 1,14 \cdot 10^{-28} \text{ м}^3,$$

$$V = a^3,$$

$$V = 1,14 \cdot 10^{-28} \text{ м}^3.$$

(3 балла)

2) Комплексные ионы **A** и **B** имеют брутто-формулы $[\text{CeSO}_4]^{2+}$ и $[\text{Ce}(\text{SO}_4)_3]^{2-}$ соответственно. Сокращенные ионные уравнения образования **A** и **B**:

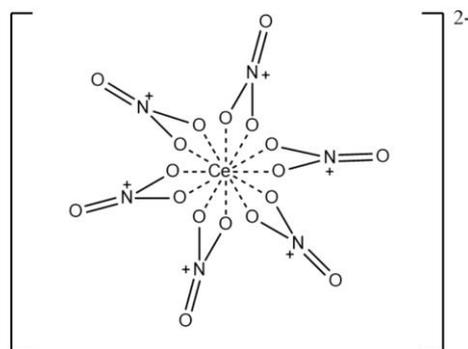


(4 балла)

3) Соединение **B** имеет формулу $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$. Прямым цериметрическим титрованием определяют ионы-восстановители Fe^{2+} , Sn^{2+} , Sb^{3+} , As^{3+} , U^{4+} , а титрованием по остатку — окислители MnO_2 , PbO_2 . Кроме того, можно определять органические вещества: щавелевую, винную, лимонную и яблочную кислоты, спирты и кетоны. Принимается любой разумный ответ.

(2 балла)

4) Химическая формула нитратного комплекса $[\text{Ce}(\text{NO}_3)_6]^{2-}$. Структура комплексного соединения:



(2 балла)

5) Изоморфизм — свойство элементов замещать друг друга в структуре кристалла. Изоморфизм возможен при сходных зарядах, размерах и поляризуемости.

(3 балла)

б) Рассчитаем количество атомов церия, входящего в состав наночастицы:

$$V_{\text{шара}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

$$V_{\text{внешнего шара}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (105 \cdot 10^{-7})^3 = 4,85 \cdot 10^{-15} \text{ см}^3$$

$$V_{\text{внутреннего шара}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (85 \cdot 10^{-7})^3 = 2,57 \cdot 10^{-15} \text{ см}^3$$

$$V_{\text{CeO}_2} = V_{\text{внешнего шара}} - V_{\text{внутреннего шара}}$$

$$V_{\text{CeO}_2} = 2,28 \cdot 10^{-15} \text{ см}^3$$

$$m_{\text{CeO}_2} = \rho \cdot V_{\text{CeO}_2}$$

$$m_{\text{CeO}_2} = 7,22 \cdot 2,28 \cdot 10^{-15} = 1,64 \cdot 10^{-14} \text{ г}$$

$$n_{\text{CeO}_2} = \frac{m(\text{CeO}_2)}{M(\text{CeO}_2)}$$

$$n_{\text{CeO}_2} = 9,56 \cdot 10^{-17} \text{ моль}$$

$$n_{\text{CeO}_2} = n_{\text{Ce}}$$

$$N_{\text{Ce}} = n_{\text{Ce}} \cdot N_A$$

$$N_{\text{Ce}} = 9,56 \cdot 10^{-17} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 5,75 \cdot 10^7$$

(6 баллов)

Критерии оценивания:

1. За расчет объема элементарной ячейки – **3 балла**.
2. За установление формул комплексных ионов и написание уравнений по 1 баллу – всего **4 балла**.
3. За установление строения соединения **В** и ответ на вопрос по 1 баллу – всего **2 балла**.
4. За установление структурной и химической формул – **2 балла**.
5. За объяснение понятия изоморфизм и указание критериев изоморфизма по 1 баллу – всего **3 балла**.
6. За расчет количества атомов в наночастице – **6 баллов**.

Итого: 20 баллов

4. Посвящается Анри Луи Ле Шателье. (20 баллов)

Синтез аммиака из элементов – процесс Габера-Боша – по праву считают одной из важнейших промышленных химических реакций, когда-либо разработанных. Его реализация привела к значительному увеличению производства минеральных удобрений, что обеспечило резкий рост урожайности, а, значит, способствовало повышению количества населения и снижению голода. Однако этот процесс долгое время оставался



Анри Луи Ле Шателье

1850-1936

нереализованным, поскольку не могли подобрать условия его осуществления. Ситуация улучшилась после работ Анри Луи Ле Шателье, посвященных исследованию равновесия обратимых реакций.

1. Напишите реакцию синтеза аммиака из элементов. В чем, по Вашему, причина сложности её промышленной реализации?

2. Рассчитайте равновесный выход аммиака (φ) при различных температурах и давлениях, закончив таблицу:

№ опыта	Температура, К	Давление, МПа	K_p (МПа ⁻²)	φ , %
1	723	1,01	$4,5 \cdot 10^{-5}$	
2	723	30,30	$7,9 \cdot 10^{-5}$	
3	573	30,30	$7,4 \cdot 10^{-3}$	

Учтите, что приведенные в таблице константы равновесия (K_p) выражены через парциальные давления реагентов.

3. Сравните результаты, полученные в опытах 1 – 2 и сделайте выводы о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака. Объясните причины такого влияния.

4. Сформулируйте принцип смещения равновесия обратимой реакции, предложенный Ле Шателье.

5. Напишите уравнения реакций взаимодействия аммиака с серной кислотой, магнием (при нагревании), водным раствором нитрата меди (II), фосфином, супероксидом калия.

Для справки:

1. *Парциальное давление (лат. partialis «частичный») - давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объём, равный объёму смеси при той же температуре. Общее давление газовой смеси является суммой парциальных давлений её компонентов.*

Парциальное давление отдельных компонентов газов в идеальном газе рассчитывается по формуле: $p_i = x_i \cdot P$, где x_i - мольная доля компонента газовой смеси, P - общее давление газовой смеси.

2. *Равновесный выход продукта – это отношение количества продукта реакции в момент равновесия к начальному количеству одного из реагентов (взятого не в избытке) с учетом стехиометрических коэффициентов.*

Ответ:



Сложность промышленной реализации данной реакции состоит в том, молекула N_2 обладает малой реакционной способностью и имеет большую

энергию связи (941,6 кДж/моль), для разрыва этой прочной связи необходимы специальные условия; данная реакция является обратимой, экзотермической, характеризуется большим отрицательным энтальпийным эффектом ($\Delta H_{298} = -91,96$ кДж/моль) и при высоких температурах становится еще более экзотермической ($\Delta H_{725} = -112,86$ кДж/моль); реакция синтеза аммиака протекает с уменьшением объема, максимального выхода аммиака можно достичь, проводя процесс при высоком давлении и низких температурах. Синтез аммиака протекает с заметной скоростью только в присутствии катализатора.

2. При температуре T и давлении P определим парциальные давлений компонентов в равновесной смеси:

$$p_{NH_3} = \chi \cdot p; p_{N_2} = \frac{1}{4} p(1 - \chi); p_{H_2} = \frac{3}{4} p(1 - \chi);$$

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} p_{H_2}^3}$$

$$\sqrt{K_p} = \frac{\sqrt{p_{NH_3}^2}}{\sqrt{p_{N_2} p_{H_2}^3}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\left(\frac{3p(1-\chi)}{4}\right)^3}}$$

$$= \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\frac{27p^3(1-\chi)^3}{64}}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\frac{27p^3(1-\chi)^3}{8}}}$$

$$= \frac{\chi \cdot p}{0,1875 \sqrt{3p^4(1-\chi)^4}} = \frac{\chi \cdot p}{0,1875 p^2 (1-\chi)^2 \sqrt{3}}$$

$$= \frac{\chi \cdot p}{0,325 p^2 (1-\chi)^2} = \frac{\chi}{0,325 p (1-\chi)^2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{K_p}} = \frac{0,325 p (1-\chi)^2}{\chi}$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p}$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p}$$

$$a(723 \text{ K}; 1,01 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p} = 148,59 \frac{1}{0,325 \cdot 1,01} = 452,67$$

$$a(723 \text{ K}; 30,3 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p} = 112,10 \frac{1}{0,325 \cdot 30,3} = 11,383$$

$$a(573 \text{ K}; 30,3 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p} = 11,62 \frac{1}{0,325 \cdot 30,3} = 1,179$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = a$$

$$(1 - \chi)^2 = a\chi$$

$$1 - 2\chi + \chi^2 - a\chi = 0$$

$$1 - \chi(2 + a) + \chi^2 = 0$$

При 723 К 1,01 МПа:

$$\chi(723) = \frac{2+452,67 \pm \sqrt{(2+452,67)^2 - 4}}{2} = \frac{454,67 \pm \sqrt{206720,81}}{2} = \frac{454,67 \pm 454,66}{2} =$$

454,665; 0,005

$\chi_1 = 454,66$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,005$

При 723 К 30,30 МПа:

$$\chi(723) = \frac{2+11,383 \pm \sqrt{(2+11,383)^2 - 4}}{2} = \frac{13,383 \pm \sqrt{175,105}}{2} = \frac{13,383 \pm 13,233}{2} =$$

13,308; 0,075

$\chi_1 = 13,308$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,075$

При 573 К; 30,30 МПа:

$$\chi(573 \text{ К}, 30,3 \text{ МПа}) = \frac{2+1,179 \pm \sqrt{(2+1,192)^2 - 4}}{2} = \frac{3,179 \pm \sqrt{6,106}}{2} = \frac{3,179 \pm 2,471}{2} =$$

2,825; 0,352

$\chi_1 = 2,825$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,354$

Расчет равновесного выхода аммиака:

При 723 К, 1,01 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,005$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{2}(1 - 0,005) = \frac{0,995}{2} = 0,248 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4}(1 - 0,005) = \frac{3 \cdot 0,995}{4} = 0,746 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,005}{2} = 0,0025 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} = 0,0025 \text{ моль} + 0,248 \text{ моль} = 0,251 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,005}{2 \cdot 0,251} = \frac{0,005}{0,501} \times 100\% = 0,99\%$$

При 723 К 30,30 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,075$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{2}(1 - 0,075) = \frac{0,925}{2} = 0,231 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4}(1 - 0,075) = \frac{3 \cdot 0,925}{4} = 0,694 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,075}{2} = 0,038 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} =$$

$$0,038 \text{ моль} + 0,231 \text{ моль} = 0,269 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,074}{2 \cdot 0,269} = \frac{0,074}{0,538} \times 100\% = 13,75 \%$$

При 573 К 30,30 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,354$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4}(1 - 0,354) = \frac{0,646}{4} = 0,162 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4}(1 - 0,354) = \frac{3 \cdot 0,646}{4} = 0,485 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,354}{2} = 0,177 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.}$$

$$= 0,177 \text{ моль} + 0,162 \text{ моль} = 0,339 \text{ моль}$$

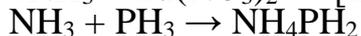
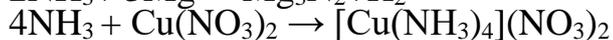
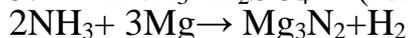
$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,354}{2 \cdot 0,339} = \frac{0,354}{0,678} \times 100\% = 52,21 \%$$

3. При увеличении давления равновесный выход увеличивается, что связано с уменьшением объема системы.

При повышении температуры выход снижается, поскольку реакция $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ - экзотермическая, и равновесие смещается в сторону реакции, идущей с поглощением теплоты. Процесс синтеза аммиака требует высоких давлений и температур, а также использования катализатора, но выход продукта довольно низкий, поэтому в промышленности используют рецикл непрореагировавшей азото-водородной смеси.

№ опыта	Температура, К	Давление, МПа	Кр (МПа ⁻²)	φ, %
1	723	1,01	$4,5 \cdot 10^{-5}$	1 0,96
2	723	30,30	$7,9 \cdot 10^{-5}$	1 3,78
3	573	30,30	$7,4 \cdot 10^{-3}$	5 2,07

4. Принцип Ле Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, оказать внешнее воздействие, то равновесие сместится так, чтобы уменьшить эффект внешнего воздействия. Так, повышение давления сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества молекул газа. Добавление в равновесную смесь какого-либо компонента реакции сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества этого компонента. Повышение (или понижение) температуры сдвигает равновесие в сторону реакции, протекающей с поглощением (выделением) теплоты.



Критерии оценивания:

За верное написание уравнения реакции синтеза аммиака из элементов – 1 балл

За аргументированное объяснение сложности промышленной реализации синтеза аммиака из элементов – 2 балла

За вычисление равновесного выхода аммиака при (723 К; 1,01 МПа); (723 К; 30,3 МПа); (573 К; 30,3 МПа) – по 3 балла – 9 баллов

За аргументированный вывод о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака – 2 балла

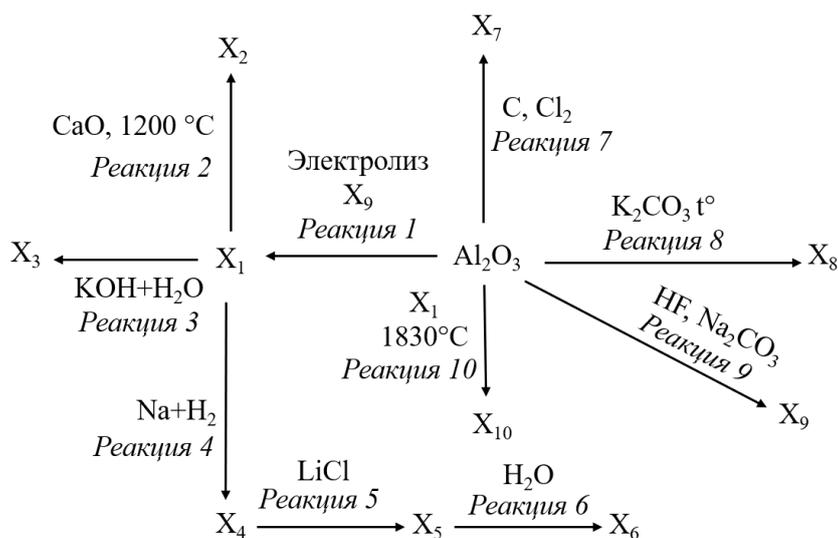
За формулировку принципа Ле Шателье – 1 балл.

За верное написание уравнений реакций аммиака с серной кислотой, магнием (при нагревании), водным раствором нитрата меди (II), фосфином, супероксидом калия – по 1 баллу – 5 баллов

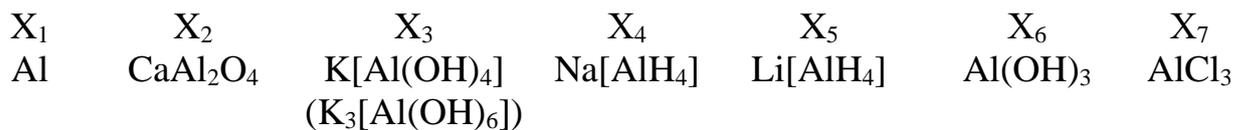
Итого 20 баллов

Задание 5. Забывчивая аспирантка. (20 баллов)

Аспирантка Люся забыла подготовиться к заседанию кафедры, на котором должна была сделать доклад о химических свойствах алюминия. Ее «подруга» Клавдия напомнила Люсе об этом, но сделала это в самый последний момент. Люся успела только схематично изобразить превращения алюминия, но не составила уравнения химических реакций. В спешке Люся умудрилась забыть, что скрывается под литерами «X». Точно помнила только, что везде зашифрованы соединения алюминия, X_2 – смешанный оксид, X_7 – средняя соль, X_3, X_4, X_5, X_9 – комплексные соединения, а в реакции 10 образуется оксид с необычной степенью окисления для входящего в его состав металла. Помогите Люсе написать уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и укажите вещества X_1 - X_{10}



Ответ:



1. $2\text{Al}_2\text{O}_3$ (электролиз) $\rightarrow 4\text{Al} + 3\text{O}_2$
2. $2\text{Al} + 4\text{CaO} \rightarrow 3\text{Ca} + \text{CaAl}_2\text{O}_4$
3. $\text{Al} + 2\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$ ($2\text{Al} + 6\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2$)
4. $\text{Na} + \text{Al} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{Na}[\text{AlH}_4]$
5. $\text{Na}[\text{AlH}_4] + \text{LiCl} \rightarrow \text{Li}[\text{AlH}_4] + \text{NaCl}$
6. $\text{Li}[\text{AlH}_4] + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{LiOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 + 4\text{H}_2$
7. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}$
8. $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{KAlO}_2 + \text{CO}_2$
9. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 12\text{HF} + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$
10. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 4\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}$

Критерии оценивания:

За установление веществ X₁-X₁₀ – по 1 баллу – 10 баллов

За верное написание уравнений реакций 1-10 – по 1 баллу – 10 баллов

Итого: 20 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1																	18	
1	H 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium																
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium																
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 Криптон Krypton
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 Ксенон Xenon
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +8 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +3 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +4 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 Радон Radon
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сибборгий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннесси Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson
			Ce 58 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий Promethium	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium		
			Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium		

символ — **Po** — атомный номер — **84**

стандартная атомная масса — **208,9824** — устойчивая степень окисления — **+4**

название на русском — **Полоний** — относительный размер атома

на английском — **Polonium** — радиоактивный

полуметалл

■ s-элементы

■ p-элементы

■ d-элементы

■ f-элементы



Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	–	–	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	–	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
Γ	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	–	–	–	H	–	–	H	–	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	–	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	–	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	–	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	–	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P	–	P	P	P	P	P	–	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается

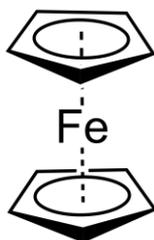
Химия 11 класс. Вариант 1

1. “Неожиданный бутерброд”. (20 баллов)

“Неправильно ты, дядя Фёдор, бутерброд ешь! Ты его колбасой кверху держишь, а его надо колбасой на язык класть. Так вкуснее получится”

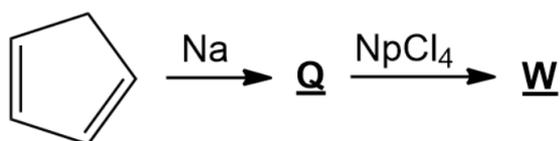
Кот Матроскин

15 декабря 1951 года в журнале Nature была опубликована статья с интригующим названием “A new type of organo-iron compound”. Её авторы – Т. Кили и П. Посон – пытались синтезировать фулвален (бициклопентаденилиден) окислительной димеризацией циклопентаденилмагнийбромида под действием $FeCl_3$, однако вместо искомого углеводорода неожиданно получили необычайно устойчивое металлоорганическое соединение с брутто-формулой $C_{10}H_{10}Fe$, известное на сегодняшний день под названием “ферроцен” (бис(циклопентаденил)железо(II)). Полученное ими соединение оказалось первым представителем класса так называемых “сэндвичевых комплексов”: в них катион металла “зажат” между двумя ароматическими анионами (как правило, циклопентаденильными) и образует с ними связи за счёт взаимодействия с их делокализованными π -электронами – всей ароматической системой целиком.



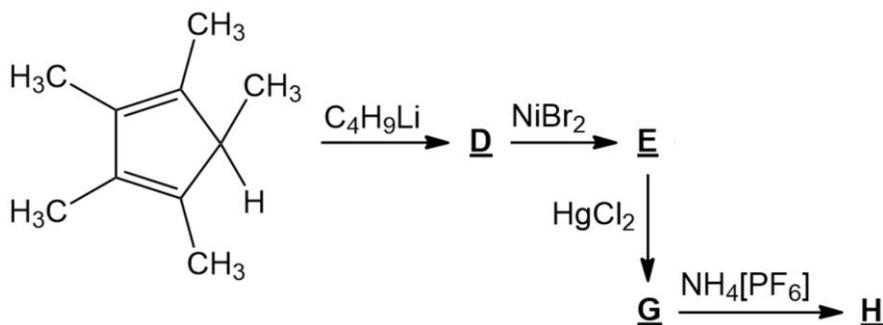
Структурная формула ферроцена – родоначальника класса сэндвичевых комплексов

Открытие и установление структуры ферроцена стало отправной точкой для синтеза множества других сэндвичевых комплексов. Уже в 1956 году – через 5 лет после открытия ферроцена и через 4 года после установления его структуры – Уилкинсон с коллегами показали, что катионы лантаноидов и актиноидов могут одновременно координироваться более чем с двумя циклопентаденильными анионами. К примеру, тетраакс(циклопентаденил)нептуний(IV) W состоит из иона Np^{4+} , координированного одновременно с четырьмя циклопентаденильными анионами, расположенными на равном удалении от него. Он может быть получен из циклопентадиена по схеме:



1) Установите структурные формулы соединений **Q** и **W** и напишите уравнения соответствующих реакций.

В ряде случаев центральный атом в сэндвичевом комплексе может иметь не вполне типичную для него степень окисления. К примеру, в 1982 году было синтезировано и охарактеризовано интересное металлоорганическое соединение **H**, в котором никель проявляет степень окисления +4. Для получения **H** авторы оригинального исследования окисляли декаметилникелоцен **E** (бис(1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенил)никель) – сэндвичевый комплекс Ni^{2+} с 1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенильными анионами, используя в качестве окислителя HgCl_2 :



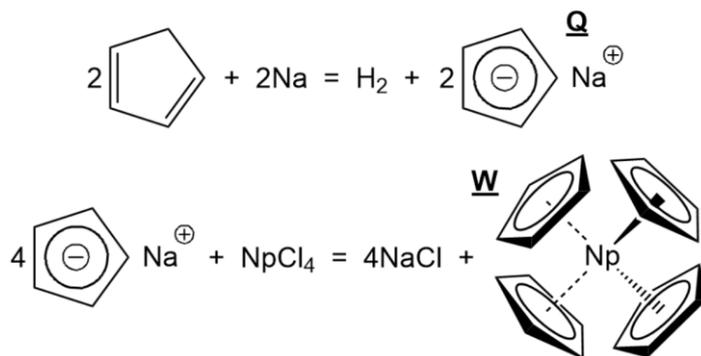
2) Установите структурные формулы соединений **D**, **E**, **G**, **H** и напишите уравнения реакций их получения, если известно, что массовая доля фосфора в **H** составляет 10.0 %, а на стадии $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{G}$ образуются только **G** и металлическая ртуть.

3) Предложите строение аниона $[\text{Pb}_2\text{Cp}_5]^-$ (Cp – циклопентадиенильный анион), если известно, что в нём отсутствуют связи Pb-Pb, каждый катион свинца связан одновременно с тремя циклопентадиенильными анионами, и только один циклопентадиенильный анион связан одновременно с двумя катионами свинца.

Ответ:

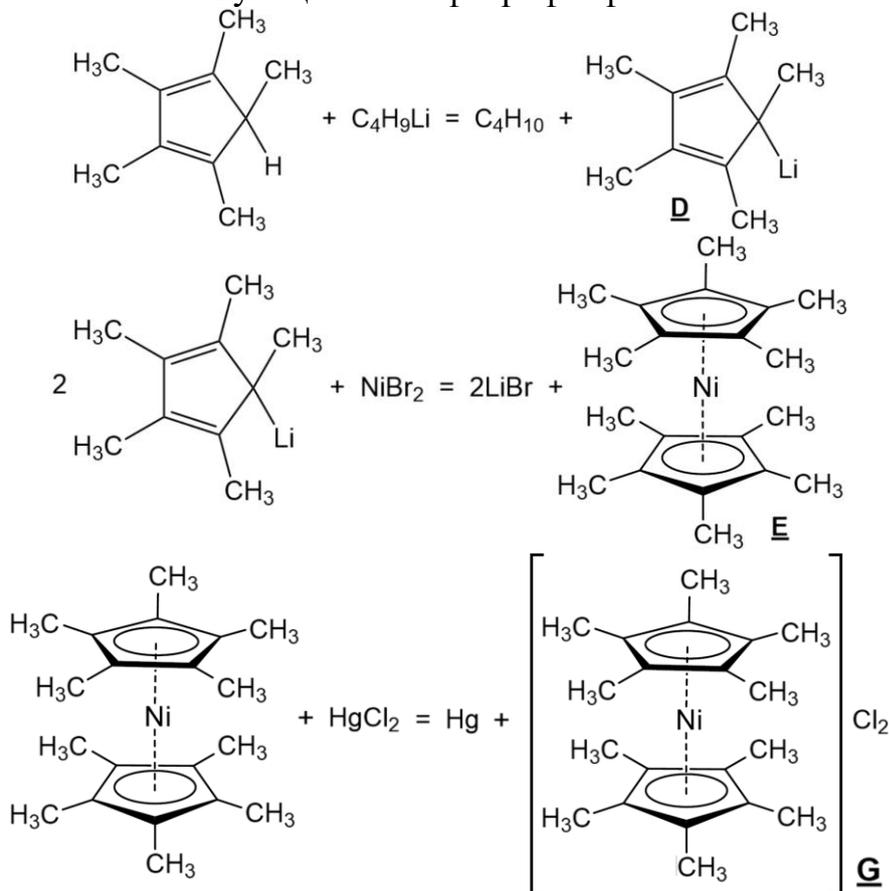
1) При взаимодействии циклопентадиена с металлическим натрием образуется циклопентадиенид натрия (циклопентадиенилнатрий) **Q**. Чтобы установить строение соединения **W** – тетракис(циклопентадиенил)нептуния(IV), обратимся к условиям задачи. Ион Np^{4+} должен быть координирован одновременно с четырьмя циклопентадиенильными анионами, при этом они должны быть расположенными на равном удалении от него. Соответственно, чтобы минимизировать отталкивание циклопентадиенильных анионов друг от

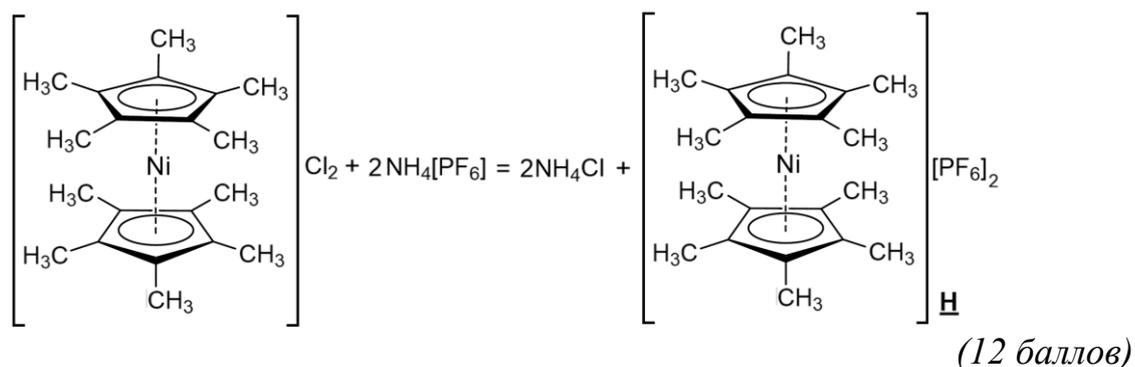
друга, центральный атом нептуния должен принимать тетраэдрическую конфигурацию:



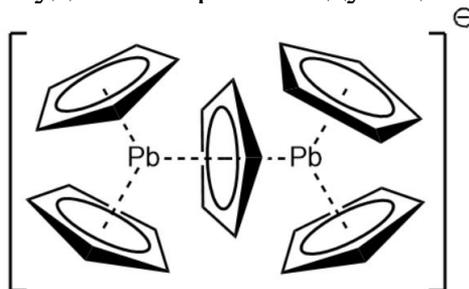
(4 балла)

2) Бутиллитий – сильное основание – депротонирует пентаметилциклопентадиен с образованием соответствующего литиевого производного **D**, содержащего ароматический пентаметилциклопентадиенильный анион. В качестве правильного ответа принимается структура как с ионной, так и с ковалентной связью C-Li; также принимается любое корректное изображение циклопентадиенильного аниона (с делокализованным отрицательным зарядом или с двойными связями и НЭП на одном из атомов углерода). При взаимодействии двух молей **D** с NiBr_2 образуется декаметилникелоцен **E** и выделяется два моля LiBr . Окисление **E** дихлоридом ртути приводит к соли **G**, обработка которой $\text{NH}_4[\text{PF}_6]$ позволяет перевести её в соответствующий гексафторофосфат **H**.





3) Условием задачи удовлетворяет следующая структура:



В качестве правильного ответа принимается любая корректная структура, удовлетворяющая условиям задачи.

(4 балла)

По материалам из статей:

<https://doi.org/10.1038/1681039b0>

<https://doi.org/10.1021/ja01582a009>

<https://doi.org/10.1002/ange.19680801606>

<https://doi.org/10.1021/ja00371a017>

Критерии оценивания:

1. За установление структурных формул соединений **Q**, **W** по 1 баллу – всего **2 балла**.

2. За уравнения реакций образования **Q**, **W** по 1 баллу – всего **2 балла**.

3. За установление структурных формул соединений **D**, **E**, **G**, **H** по 1,5 балла – всего **6 баллов**.

4. За уравнения реакций образования **D**, **E**, **G**, **H** по 1,5 балла – всего **6 баллов**.

5. За установление структуры аниона $[\text{Pb}_2\text{Cp}_5]^-$ – **4 балла**.

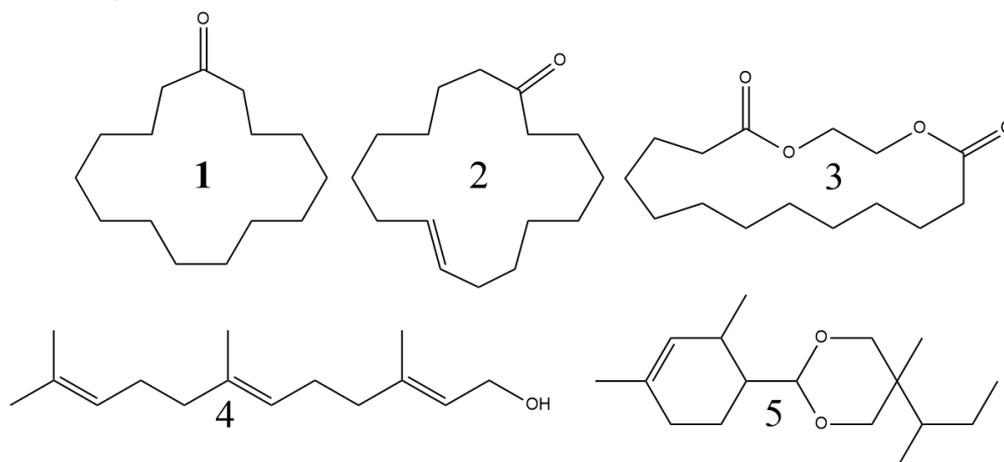
Итого: 20 баллов

Задание 2. “Ароматы...”. (20 баллов)

Органические вещества, обладающие приятным запахом, широко применяются в парфюмерии, гигиенических и косметических средствах, а также в качестве ароматизирующих пищевых добавок.

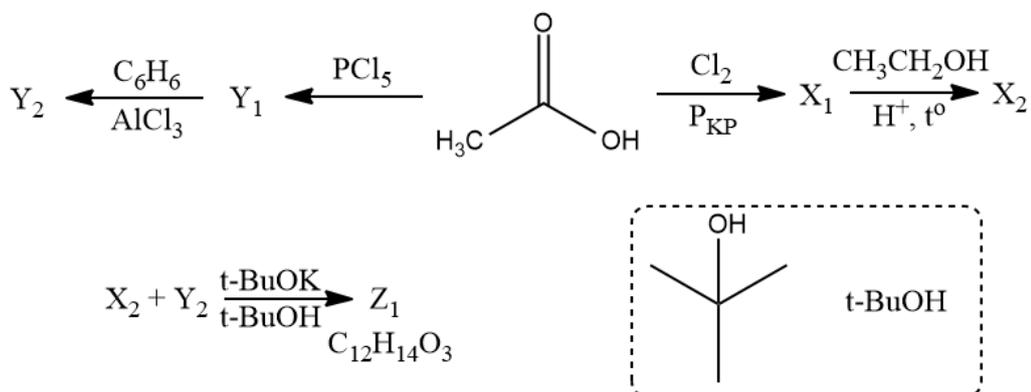
Сами по себе приятно пахнущие вещества могут быть получены как из душистых растений и смол, так и путем органического синтеза. Хотя с достоверной точностью связь структура-запах до сих пор не установлена, тем не менее, в ограниченном ряде случаев причина наличия запаха у какого-то вещества может быть обусловлена наличием в его составе определенных функциональных групп (или фрагментов).

1) Установите, к каким классам органических соединений относятся соединения 1-5.



1	Мускусный аромат
2	Мускусный аромат с цветочными тонами
3	Пудровый мускусный аромат
4	Запах ландышей
5	Древесный аромат

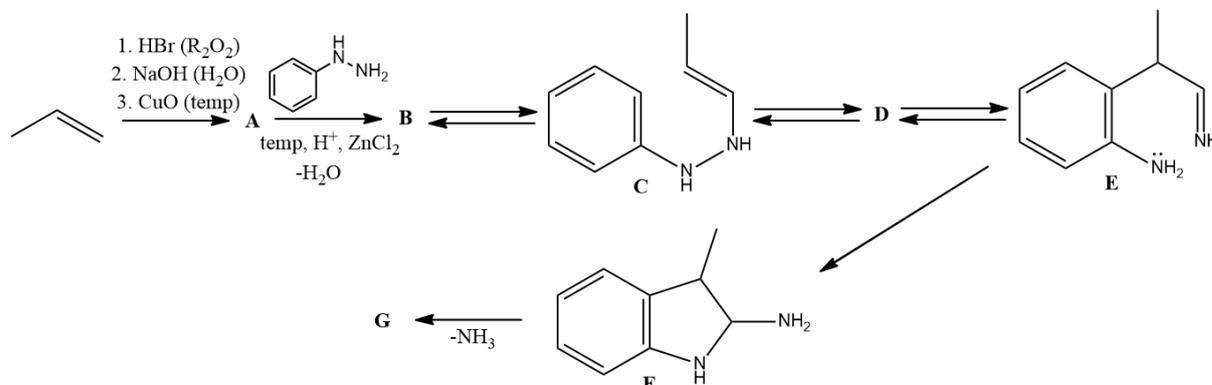
Ниже представлена схема синтеза соединения Z_1 , обладающего земляничным ароматом.



Гидролиз Z_1 в кислой среде с последующим декарбокислированием приводит к образованию соединения Z_2 ($\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}$), которое вступает в реакцию серебряного зеркала.

2) Расшифруйте схему синтеза **Z**₁, установив структурные формулы соединений **X**₁, **X**₂, **Y**₁, **Y**₂, **Z**₁, **Z**₂.

Еще одним крайне интересным веществом, используемым в парфюмерии, является соединение **G**. В низких концентрациях **G** приятно пахнет жасмином, а в высоких – имеет весьма специфичный аромат.



3) Расшифруйте схему синтеза **G**, установив структурные формулы соединений **A**, **B**, **D**, **G**. Известно, что вещества **B** и **C** являются изомерами, а превращение **C** → **D** является аза-перегруппировкой Коупа.

Ответ:

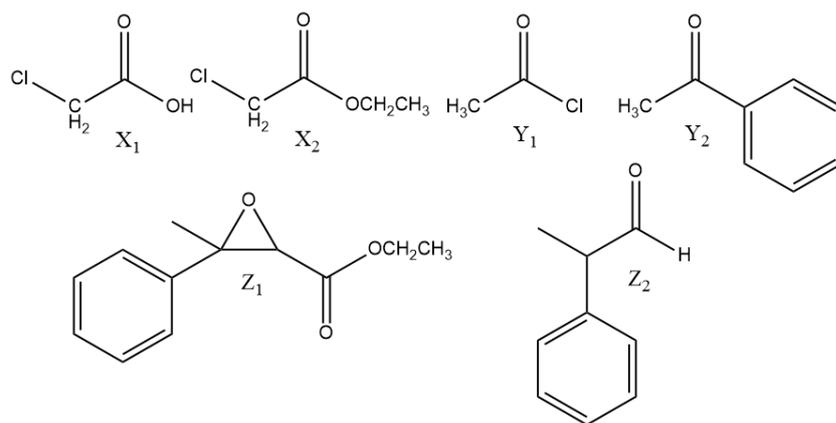
1) В таблице указаны классы, к которым относятся соединения 1-5.

1	Экзальтон	Кетон
2	Глобанон	Кетон
3	Этилен брассилат	Сложный эфир
4	Фарнезол	Спирт
5	Караналь	Ацеталь (простой эфир)

(5 баллов)

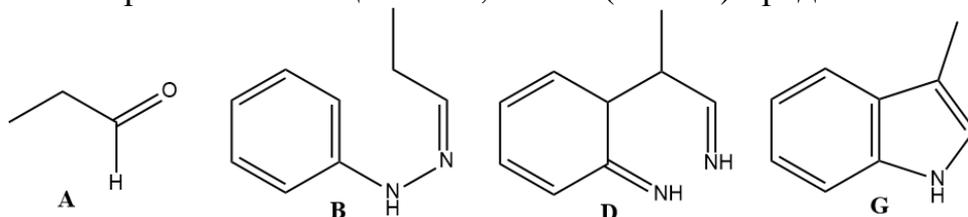
2) Реакция уксусной кислоты с хлором в присутствии красного фосфора (реакция Гелля-Фольгарда-Зелинского) приводит к образованию хлоруксусной кислоты **X**₁, этерификация которой с этиловым спиртом приводит к этиловому эфиру хлоруксусной кислоты **X**₂. Хлорангидрид уксусной кислоты (**Y**₁) образуется при взаимодействии уксусной кислоты с пентахлоридом фосфора. Ацилирование бензола соединением **Y**₁ приводит к ацетофенону **Y**₂.

Взаимодействие **X**₂ с **Y**₂ приводит к образованию производного этиленоксида **Z**₁, при гидролизе которого с последующим декарбоксилированием образуется 2-фенилпропаналь **Z**₂.



(9 баллов)

3) В задаче зашифрован традиционный синтез индолов по Фишеру. Вещество **A** – пропаналь. Вещества **B**, **D** и **G** (скатол) представлены ниже.



(6 баллов)

По материалам:

Основы органической химии душистых веществ для прикладной эстетики и ароматерапии: Учебное пособие для вузов / А.Т. Солдатенков, Н.М. Колядина, Ле Туан Ань и др.; под ред. А.Т. Солдатенкова. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 240 с.

Критерии оценивания:

1. За определения класса соединения по 1 баллу – всего **5 баллов**.
2. За установление структурных формул соединений **X₁**, **X₂**, **Y₁**, **Y₂**, **Z₁**, **Z₂** по 1,5 балла – всего **9 баллов**.
3. За установление структурных формул соединений **A**, **B**, **D**, **G** по 1,5 балла – всего **6 баллов**.

Итого: 20 баллов

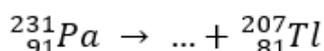
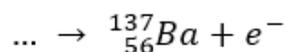
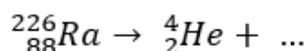
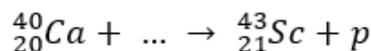
Задача 3. “Радиохимические штучки”. (20 баллов)

“Если ты упал в ядерный реактор, то не важно, с какой высоты”
Народная мудрость

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) – это метод медицинской визуализации, в котором исследуется распределение в организме человека радионуклидов, испускающих при распаде гамма-кванты. Как правило, для этих целей пациенту проводят инъекцию соли соответствующего нуклида, после чего получают 3D-изображения биораспределения радионуклида в организме по испускаемому препаратом

2) Установите, сколько ммоль **P** останется через 27 минут после его синтеза, если известно, что к моменту окончания синтеза $n(\mathbf{P}) = 21,3$ ммоль, а $T_{1/2} (^{99m}\text{Tc}) = 6$ часов.

3) Закончите уравнения следующих ядерных реакций:

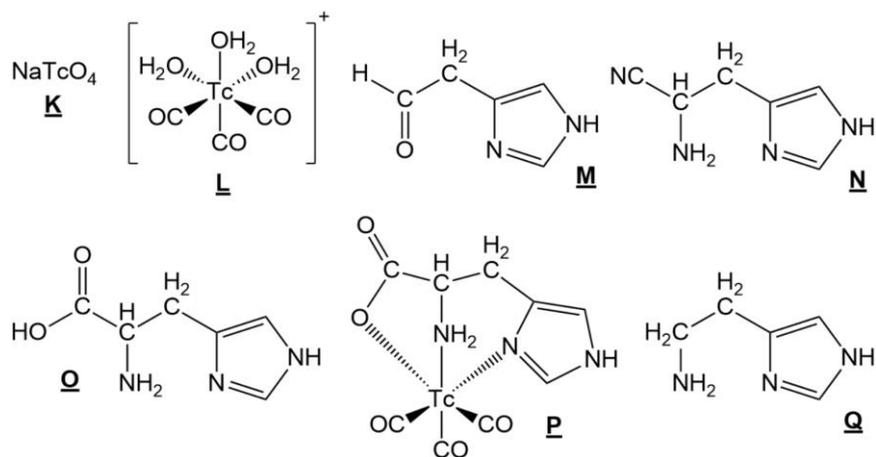


Ответ:

1) При окислении диоксида технеция пероксидом водорода в водном растворе NaOH образуется пертехнетат (пертехнат) натрия NaTcO_4 **K**. Чтобы установить структуру соединения **L**, обратимся к условиям задачи. Известно, что в ходе реакции $\mathbf{K} \rightarrow \mathbf{L}$ технеций принимает шесть электронов, т.е. восстанавливается до степени окисления +1. Поскольку **L** имеет заряд +1, можно сделать вывод, что лиганды, с которыми связан технеций, не несут заряда. В октаэдрических комплексах центральный атом имеет координационное число 6; таким образом, в соединении **L** технеций имеет три лиганда одного типа и ещё три – второго. Исходя из вышеизложенных фактов, брутто-формулы **L** и условий протекания реакции $\mathbf{K} \rightarrow \mathbf{L}$ можно сделать вывод, что лигандами в указанном комплексе являются три молекулы воды и три молекулы угарного газа.

Поскольку соединение **M** вступает в реакцию серебряного зеркала, можно сделать вывод, что в ходе дегидратации происходит образование енола, сразу же претерпевающее таутомерное превращение с образованием альдегида. Дальнейшее взаимодействие **M** с синильной кислотой и аммиаком – синтез Штреккера – приводит к аминонитрилу **N**, гидролиз которого в кислой среде даёт гистидин **O**. В ходе реакции карбонильного комплекса **L** с гистидином последний, будучи тридентатным лигандом, может заместить во внутренней сфере **L** либо три лиганда, либо шесть. Исходя из брутто-формулы **P** можно сделать вывод, что замещаются только три молекулы воды – более лабильные лиганды, в то время как молекулы CO остаются связанными с центральным атомом.

Ферментативное декарбоксилирование гистидина – отщепление молекулы CO_2 – приводит к гистамину **Q**. Таким образом, соединениям **K**, **L**, **M**, **N**, **O**, **P**, **Q** отвечают следующие структурные формулы:



(14 баллов)

По материалам из статей:

<https://doi.org/10.1002/chem.200204445>

<https://doi.org/10.1007/b101223>

<https://doi.org/10.1007/BF02109492>

<https://doi.org/10.1021/jm960532j>

2) По основному закону радиоактивного распада

$$n_t = n_0 \exp(-\lambda t)$$

$$T_{1/2} = 0,693/\lambda$$

$$\lambda = 0,693/T_{1/2}$$

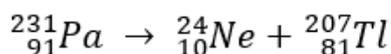
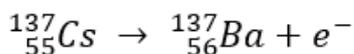
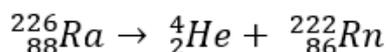
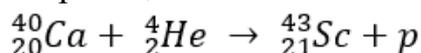
$$n_t = n_0 \exp(-0,693 \cdot t / T_{1/2})$$

$$n_t = 21,3 \cdot \exp(-0,693 \cdot 27 / (6 \cdot 60))$$

$$n_t = 20,2 \text{ ммоль}$$

(2 балла)

3) Уравнения ядерных реакций:



(4 балла)

Критерии оценивания:

1. За установление химической формулы **К** и структурных формул соединений **L, M, N, O, P, Q** по 2 балла – всего **14 баллов**.

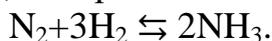
2. За установление количества вещества **P** – **2 балла**.

3. За уравнения ядерных реакций по 1 баллу – всего **4 балла**.

Итого: 20 баллов

Задание 4. «Очень важный газ». (20 баллов)

Аммиак относится к числу важнейших продуктов химической промышленности, ежегодное его мировое производство превышает 180 млн тонн. Промышленный способ получения аммиака основан на реакции взаимодействия водорода и азота, которая является обратимой:



1. Рассчитайте равновесный выход аммиака при 723 К и давлении 1,013 МПа из 3 моль H_2 и 1 моль N_2 , если, константа равновесия, выраженная через парциальные давления реагентов (K_p (МПа)), равна $4,5 \cdot 10^{-5}$.

2. Для процесса синтеза аммиака, проводимого при высоких давлениях, Ларсоном и Доджем была определена взаимосвязь константы равновесия (выраженной через МПа) и температуры (выраженной в К):

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K_p}} = -\frac{2074,8}{T} + 2,4943 \lg T + \beta T - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + I$$

Вычислите константы равновесия системы при 723 К 30,3 МПа ($\beta = 1,256 \cdot 10^{-4}$; $I = -2,206$) и при 573 К 30,3 МПа ($\beta = 1,256 \cdot 10^{-4}$; $I = -2,206$), а также равновесные выходы аммиака в данных условиях.

3. Сравните результаты, полученные в пунктах 1 и 2. Сделайте выводы о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака. Объясните причины такого влияния.

4. Напишите уравнения реакций взаимодействия аммиака с кислородом (t° , кат = Rh,Pt), оксидом меди (II) (t°), натрием (-33°C), магнием (t°) и этановой кислотой.

5. Укажите примеры использования аммиака в химической промышленности.

Для справки:

1. *Парциальное давление (лат. partialis «частичный») - давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объём, равный объёму смеси при той же температуре. Общее давление газовой смеси является суммой парциальных давлений её компонентов.*

Парциальное давление отдельных компонентов газов в идеальном газе рассчитывается по формуле: $p_i = x_i \cdot P$, где x_i - мольная доля компонента газовой смеси, P - общее давление газовой смеси.

2. *Равновесный выход продукта – это отношение количества продукта реакции в момент равновесия к начальному количеству одного из реагентов (взятого не в избытке) с учетом стехиометрических коэффициентов.*

Ответ:

1. Допустим, что в реакцию вступило x моль N_2 , тогда прореагировало $3x$ моль H_2 и образовалось $2x$ моль NH_3 .

$$n(\text{N}_2) + n(\text{H}_2) + n(\text{NH}_3) = (1-x) + (3-3x) + 2x = 4 - 2x.$$

Парциальные давления отдельных компонентов смеси:

$$p_{NH_3} = \frac{2x}{4-2x} \cdot P; \quad p_{N_2} = \frac{1-x}{4-2x} \cdot P; \quad p_{H_2} = \frac{3-3x}{4-2x} P$$

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} p_{H_2}^3}$$

$$K_p = K_x \cdot P^{-2} = \frac{\left(\frac{2x}{4-2x}\right)^2}{\left(\frac{1-x}{4-2x}\right)\left(\frac{3-3x}{4-2x}\right)^3 P^2} = \frac{4x^2(4-2x)^2}{(1-x)(3-3x)^3 1,013^2}$$

$$= 0,000045.$$

$$\frac{4x^2(4-2x)^2}{27(1-x)^4 1,013^2} = 0,000045$$

$$\frac{2x(4-2x)}{\sqrt{27}(1-x)^2 1,013} = 0,00673$$

$$0,00673(\sqrt{27}(1-x)^2 1,013) = 8x - 4x^2$$

$$0,035(1 - 2x + x^2) = 8x - 4x^2$$

$$0,035 - 0,071x + 0,035x^2 - 8x + 4x^2 = 0$$

$$0,035 - 8,071x + 4,035x^2 = 0$$

$X_1 = 1,95$ моль (не удовлетворяет условиям задачи)

$X_2 = 0,004$ моль N_2

Условиям задачи удовлетворяет ответ $0,004$, значит $n(NH_3) = 2 \cdot 0,004 = 0,008$ моль.

$$\varphi = \frac{n(NH_3)}{2n(N_2)} \times 100\% = \frac{0,008}{2} \times 100\% = 0,4\%$$

$$2. \lg \frac{1}{\sqrt{K}} = -\frac{2074,8}{T} + 2,4943 \lg T + \beta T - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + I$$

При 723 К:

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = -\frac{2074,8}{723} + 2,4943 \cdot \lg 723 + 1,256 \cdot 10^{-4} \cdot 723 - 1,8564$$

$$\cdot 10^{-7} \cdot 723^2 - 2,206$$

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = 2,049$$

$$\frac{1}{\sqrt{K}} = 10^{2,049} = 112,10$$

$$\sqrt{K} = \frac{1}{10^{2,049}} = 0,008921$$

$$K = 7,9 \cdot 10^{-5}$$

При 573 К:

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = -\frac{2074,8}{573} + 2,4943 \cdot \lg 573 + 1,256 \cdot 10^{-4} \cdot 573 - 1,8564$$

$$\cdot 10^{-7} \cdot 573^2 - 2,206$$

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = 1,064$$

$$\frac{1}{\sqrt{K}} = 10^{1,064} = 11,59$$

$$\sqrt{K} = \frac{1}{10^{1,064}} = 0,086$$

$$K_p = 0,0074$$

При температуре T и давлении P определим парциальные давлений компонентов в равновесной смеси:

$$p_{NH_3} = \chi \cdot p; p_{N_2} = \frac{1}{4} p(1 - \chi); p_{H_2} = \frac{3}{4} p(1 - \chi);$$

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} p_{H_2}^3}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{K_p} &= \frac{\sqrt{p_{NH_3}^2}}{\sqrt{p_{N_2} p_{H_2}^3}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\left(\frac{3p(1-\chi)}{4}\right)^3}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\frac{27p^3(1-\chi)^3}{64}}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{27p^3(1-\chi)^3} \frac{1}{8}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{0,1875 \sqrt{3p^4(1-\chi)^4}} = \frac{\chi \cdot p}{0,1875 p^2 (1-\chi)^2 \sqrt{3}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{0,325 p^2 (1-\chi)^2} = \frac{\chi}{0,325 p (1-\chi)^2} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\sqrt{K_p}} = \frac{0,325 p (1-\chi)^2}{\chi}$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p}$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p}$$

$$a(723 \text{ K } 30,3 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p} = 112,10 \frac{1}{0,325 \cdot 30,3} = 11,383$$

$$a(573 \text{ K } 30,3 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325 p} = 11,59 \frac{1}{0,325 \cdot 30,3} = 1,177$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = a$$

$$(1-\chi)^2 = a\chi$$

$$1 - 2\chi + \chi^2 - a\chi = 0$$

$$1 - \chi(2 + a) + \chi^2 = 0$$

При 723 К 30,3 МПа:

$$\chi(723) = \frac{2 + 11,383 \pm \sqrt{(2 + 11,383)^2 - 4}}{2} = \frac{13,383 \pm \sqrt{175,105}}{2}$$

$$= \frac{13,383 \pm 13,233}{2} = 13,308; 0,075$$

$\chi_1 = 13,308$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,075$

При 573 К 30,3 МПа:

$$\chi(573) = \frac{2 + 1,177 \pm \sqrt{(2 + 1,177)^2 - 4}}{2} = \frac{3,177 \pm \sqrt{6,093}}{2} = \frac{3,177 \pm 2,468}{2} = 2,823; 0,355$$

$\chi_1 = 2,823$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,355$

Равновесный выход аммиака:

При 723 К 30,3 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,075$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4}(1 - 0,075) = \frac{0,925}{4} = 0,2313 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4}(1 - 0,075) = \frac{3 \cdot 0,925}{4} = 0,6938 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,075}{2} = 0,0375 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} =$$

$$0,0375 \text{ моль} + 0,2313 \text{ моль} = 0,2688 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,075}{2 \cdot 0,2688} = \frac{0,075}{0,5376} \times 100\% = 13,95 \%$$

При 573 К 30,3 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,355$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4}(1 - 0,355) = \frac{0,645}{4} = 0,16125 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4}(1 - 0,355) = \frac{3 \cdot 0,645}{4} = 0,48375 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,355}{2} = 0,1775 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} =$$

$$0,1775 \text{ моль} + 0,16125 \text{ моль} = 0,33875 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,355}{2 \cdot 0,33875} = \frac{0,355}{0,6775} \times 100\% = 52,39 \%$$

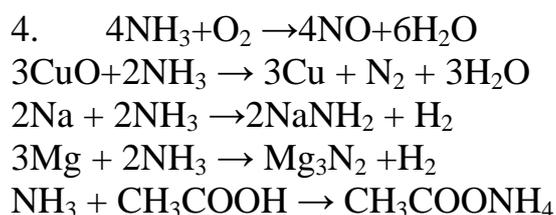
3. Кр при 723 К и давлении 10 атм. (1,013 МПа) равна $4,5 \cdot 10^{-5}$.
 $\varphi = 0,4 \%$

Кр при 723 К и давлении 296,077 атм (30,3 МПа) равна $7,9 \cdot 10^{-5}$
 $\varphi = 13,95 \%$

Кр при 573 К и давлении 296,077 атм (30,3 МПа) равна 0,0074
 $\varphi = 52,39 \%$

При увеличении давления равновесный выход увеличивается, что связано с уменьшением объема системы в ходе реакции и, следовательно, смещением равновесия в сторону продуктов.

При повышении температуры выход снижается, поскольку реакция $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ - экзотермическая, и равновесие смещается в сторону реакции, идущей с поглощением теплоты. Процесс синтеза аммиака требует высоких давлений и температур, а также использования катализатора, но выход продукта довольно низкий, поэтому в промышленности используют рецикл непрореагировавшей азото-водородной смеси.



5. Аммиак используется для производства азотных удобрений (нитрат и сульфат аммония, мочевины), взрывчатых веществ и полимеров, азотной кислоты (контактным методом), соды (по аммиачному методу) и других продуктов химической промышленности. Жидкий аммиак используют в качестве растворителя

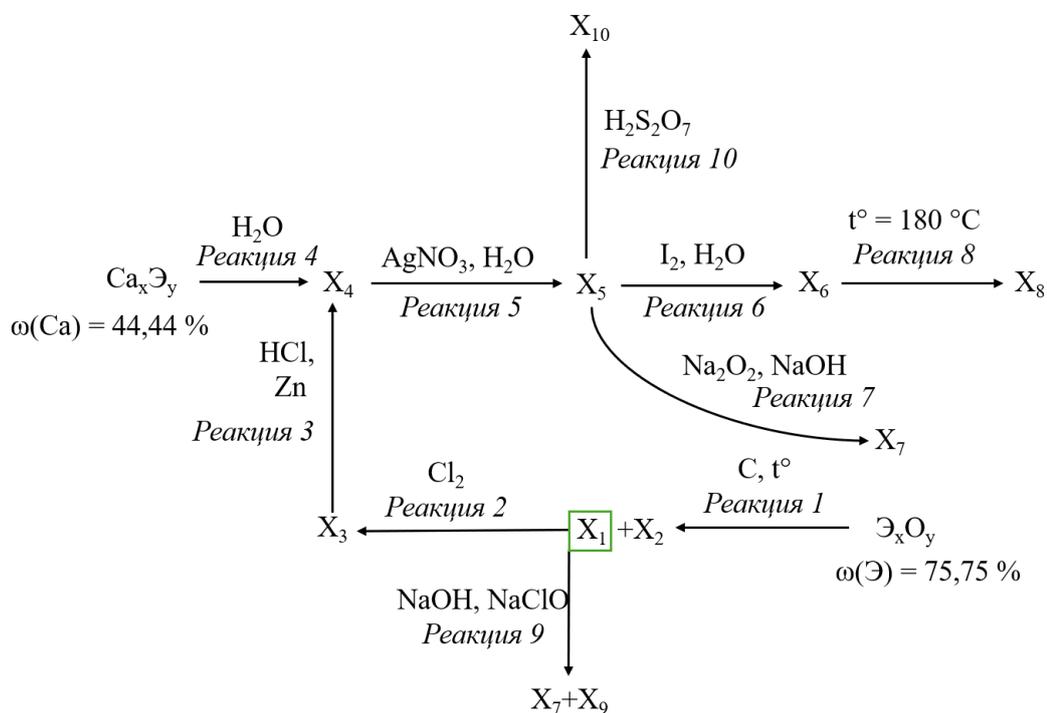
Критерии оценивания:

1. За расчет равновесного выхода аммиака при 723 К и 1,013 МПа атм. – 2 балла
2. За вычисление константы равновесия системы при 723 К (30,3 МПа) и 573 К (30,3 МПа) – по 2 балла – 4 балла
3. За вычисление равновесного выхода аммиака при 723 К (30,3 МПа) и 573 К (30,3 МПа) – по 2 балла – 4 балла
4. За аргументированный вывод о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака – 3 балла.
5. За верное написание уравнений аммиака с кислородом (t° , кат = Rh,Pt), оксидом меди (II) (t°), натрием (-33 °С), магнием (t°) и этановой кислотой – по 1 баллу – 5 баллов
6. За указание примеров использования аммиака в химической промышленности – 2 балла.

Итого 20 баллов

Задание 5. «Глубоко в тело проникающий, несчастный яд».
(20 баллов)

Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и определите вещества X₁-X₁₀:



X₁ – простое вещество, X₂ – несолеобразующий оксид, X₅ – оксид, X₆ – кислота с массовой долей кислорода 45,1%, X₇, X₉ и X₁₀ – средние соли, X₈ – оксид с массовой долей кислорода 34,8%.

Ответ:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
As	CO	AsCl ₃	AsH ₃	As ₂ O ₃	H ₃ AsO ₄	Na ₃ AsO ₄
X ₈	X ₉	X ₁₀				
As ₂ O ₅	NaCl	As ₂ (SO ₄) ₃				
1.	As ₂ O ₃ + 3C → 2As + 3CO					
2.	2As + 3Cl ₂ → 2AsCl ₃					
3.	AsCl ₃ + 3Zn + 3HCl → AsH ₃ + 3ZnCl ₂					
4.	Ca ₃ As ₂ + 6H ₂ O → 3Ca(OH) ₂ + 2AsH ₃					
5.	2AsH ₃ + 12AgNO ₃ + 3H ₂ O → 12Ag + As ₂ O ₃ + 12HNO ₃					
6.	As ₂ O ₃ + I ₂ + 5H ₂ O → 2H ₃ AsO ₄ + 4HI					
7.	As ₂ O ₃ + 2Na ₂ O ₂ + 2NaOH → 2Na ₃ AsO ₄ + H ₂ O					
8.	2H ₃ AsO ₄ → As ₂ O ₅ + 3H ₂ O					
9.	2As + 6NaOH + 5NaOCl → 2Na ₃ AsO ₄ + 5NaCl + 3H ₂ O					
10.	As ₂ O ₃ + 3H ₂ S ₂ O ₇ → As ₂ (SO ₄) ₃ + 3H ₂ SO ₄					

Критерии оценивания:

За установление веществ X₁-X₁₀ – по 1 баллу – 10 баллов

За верное написание уравнений реакций 1-10 – по 1 баллу – 10 баллов

Итого: 20 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1	2											13	14	15	16	17	18	
1	3	4											5	6	7	8	9	10
Н 1,008 +1 Водород Hydrogen	Li 6,94 +1 Литий Lithium	Be 9,0122 +2 Бериллий Beryllium											B 10,81 +3 Бор Boron	C 12,011 +4 Углерод Carbon	N 14,007 -3 +3 +5 Азот Nitrogen	O 15,999 -2 Кислород Oxygen	F 18,998 -1 Фтор Fluorine	Ne 20,1798 0 Неон Neon
3	11	12											13	14	15	16	17	18
Na 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 24,305 +2 Магний Magnesium											Al 26,9815 +3 Алюминий Aluminium	Si 28,085 +4 Кремний Silicon	P 30,9738 +5 Фосфор Phosphorus	S 32,06 +6 Сера Sulfur	Cl 35,45 -1 Хлор Chlorine	Ar 39,95 0 Аргон Argon	
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 47,867 +4 Титан Titanium	V 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 54,938 +2 +4 Марганец Manganese	Fe 55,845 +3 Железо Iron	Co 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 63,546 +2 Медь Copper	Zn 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 72,63 +4 Германий Germanium	As 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 78,971 +4 Селен Selenium	Br 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 83,798 0 Криптон Krypton	
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 95,95 +4 +6 Молибден Molybdenum	Tc 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 114,818 +3 Индий Indium	Sn 118,71 +4 Олово Tin	Sb 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 131,293 0 +6 Ксенон Xenon	
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 137,327 +2 Барий Barium	La 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 190,23 +8 Осмий Osmium	Ir 192,217 +3 Иридий Iridium	Pt 195,084 +4 Платина Platinum	Au 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 208,9824 +4 Полоний Polonium	At [210] -1 Астат Astatine	Rn [222] 0 +2 Радон Radon	
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr [223] +1 Франций Francium	Ra 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg [269] (+6) Сибборгий Seaborgium	Bh [270] (+7) Борий Bohrium	Hs [271] (+8) Хассий Hassium	Mt [272] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn [283] +2 Коперниций Copernicium	Nh [284] ? Нихоний Nihonium	Fl [285] ? Флеровий Flerovium	Mc [286] ? Московский Moscovium	Lv [287] ? Ливерморий Livermorium	Ts [288] ? Теннесси Tennessine	Og [289] ? Оганесон Oganesson	

символ — Po

стандартная атомная масса — 208,9824

название на русском — Полоний

на английском — Polonium

полуметалл

атомный номер — 84

устойчивая степень окисления — +4

относительный размер атома

радиоактивный

с-элементы

p-элементы

d-элементы

f-элементы



Ce 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm [145] +3 Прометий Promethium	Sm 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 151,964 +3 Европий Europium	Gd 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 174,9668 +3 Лютеций Lutetium
Th 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu [244] +4 Плутоний Plutonium	Am [243] +3 Америций Americium	Cm [247] +3 Кюрий Curium	Bk [247] +3 Берклий Berkelium	Cf [251] +3 Калифорний Californium	Es [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm [257] +3 Фермий Fermium	Md [258] +3 Менделевий Mendelevium	No [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr [266] +3 Лоуренсий Lawrencium

Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺	
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H	
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	-	H	P	P	
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P	
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P	
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?	
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H	
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	?	M	H	H	H	?	?	
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P	
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?	
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?	
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?	
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	-	?	?	
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	?	H	
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?	
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	-	P	
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?	
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?	
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P	
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H	
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P	
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды); «-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

активность металлов уменьшается →

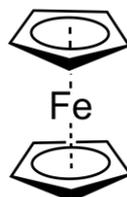
Химия 11 класс. Вариант 2

Задание 1. «Неожиданный бутерброд». (20 баллов)

“Неправильно ты, дядя Фёдор, бутерброд ешь! Ты его колбасой кверху держишь, а его надо колбасой на язык класть. Так вкуснее получится”

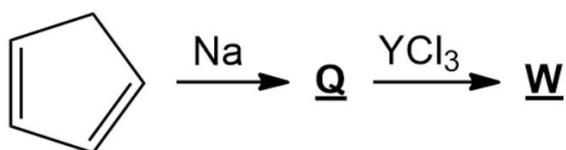
Кот Матроскин

15 декабря 1951 года в журнале Nature была опубликована статья с интригующим названием “A new type of organo-iron compound”. Её авторы – Т. Кили и П. Посон – пытались синтезировать фулвален (бициклопентаденилиден) окислительной димеризацией циклопентаденилмагнийбромида под действием FeCl_3 , однако вместо искомого углеводорода неожиданно получили необычайно устойчивое металлоорганическое соединение с брутто-формулой $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{Fe}$, известное на сегодняшний день под названием “ферроцен” (бис(циклопентаденил)железо(II)). Полученное ими соединение оказалось первым представителем класса так называемых “сэндвичевых комплексов”: в них катион металла “зажат” между двумя ароматическими анионами (как правило, циклопентаденильными) и образует с ними связи за счёт взаимодействия с их делокализованными π -электронами – всей ароматической системой целиком.



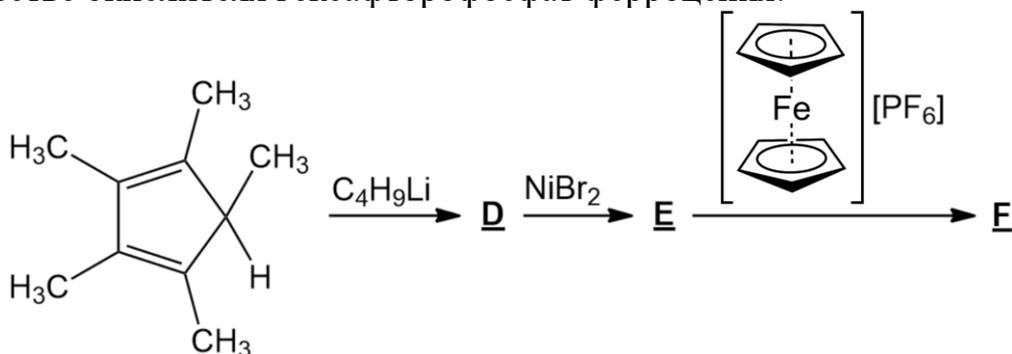
Структурная формула ферроцена – родоначальника класса сэндвичевых комплексов

Открытие и установление структуры ферроцена стало отправной точкой для синтеза множества других сэндвичевых комплексов. Уже в 1956 году – через 5 лет после открытия ферроцена и через 4 года после установления его структуры – Уилкинсон с коллегами показали, что катионы лантаноидов и актиноидов могут одновременно координироваться более чем с двумя циклопентаденильными анионами. К примеру, трис(циклопентаденил)иттрий(III) W состоит из иона Y^{3+} , координированного одновременно с тремя циклопентаденильными анионами, расположенными на равном удалении от него. Он может быть получен из циклопентадиена по схеме:



1) Установите структурные формулы соединений **Q** и **W** и напишите уравнения соответствующих реакций.

В ряде случаев центральный атом в сэндвичевом комплексе может иметь не вполне типичную для него степень окисления. К примеру, в 1982 году было синтезировано и охарактеризовано интересное металлоорганическое соединение **F**, в котором никель проявляет степень окисления +3. Для получения **F** авторы оригинального исследования окисляли декаметилниколоцен **E** (бис(1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенил)никель) – сэндвичевый комплекс Ni^{2+} с 1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенильными анионами, используя в качестве окислителя гексафторофосфат ферроцена:

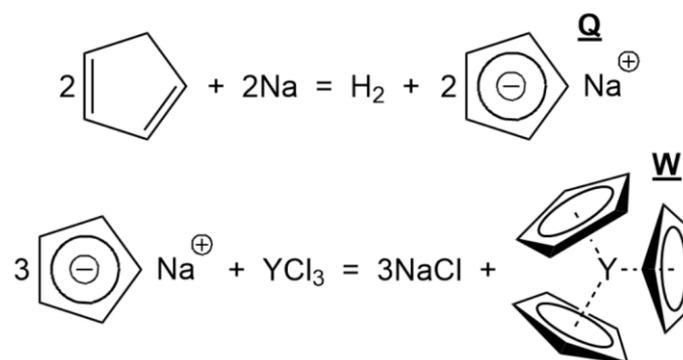


2) Установите структурные формулы соединений **D**, **E**, **F** и напишите уравнения реакций их получения, если известно, что массовая доля фосфора в **F** составляет 6.5 %, а на стадии $\text{E} \rightarrow \text{F}$ образуются только **F** и свободный ферроцен.

3) Предложите строение аниона $[\text{Pb}_4\text{Cp}_9]^-$ (Cp – циклопентадиенильный анион), если известно, что в нём отсутствуют связи Pb-Pb, каждый катион свинца связан одновременно с тремя циклопентадиенильными анионами, и только три циклопентадиенильных аниона связаны одновременно с двумя катионами свинца.

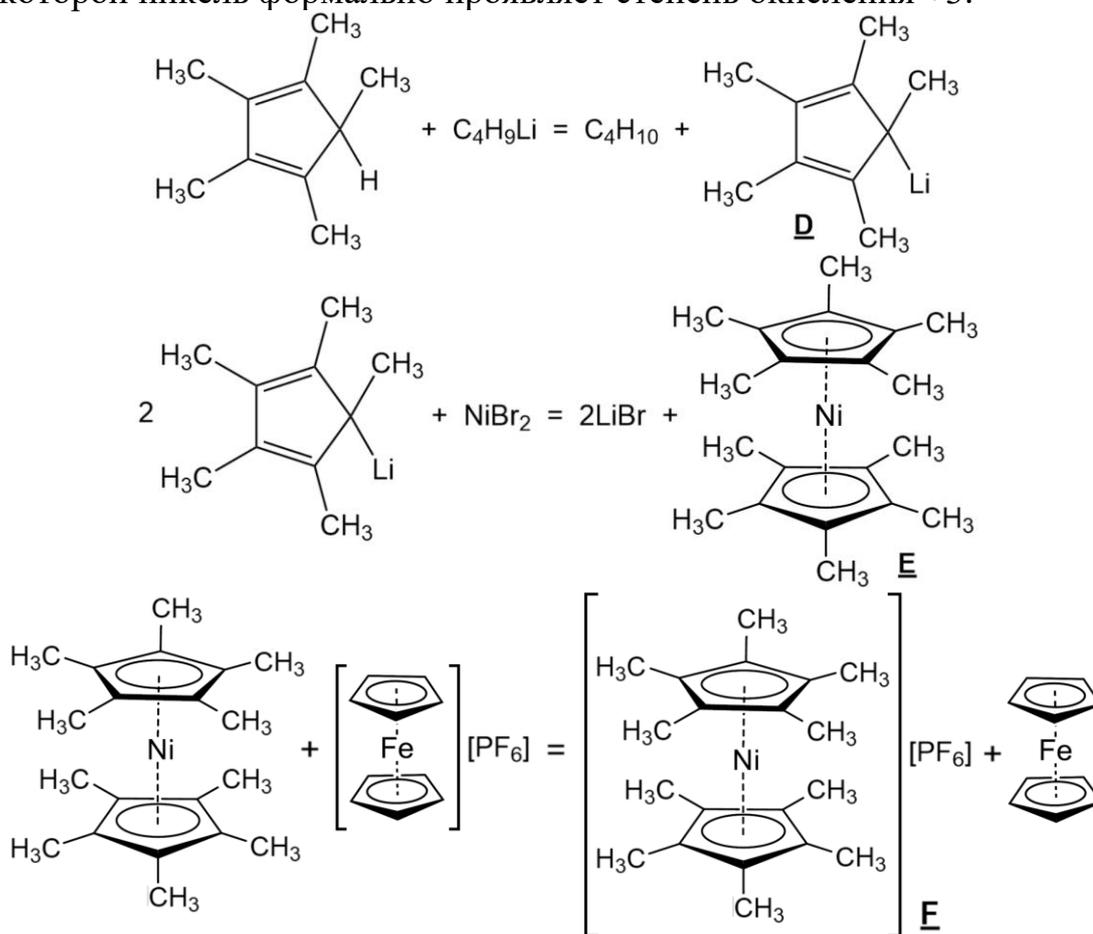
Ответ:

1) При взаимодействии циклопентадиена с металлическим натрием образуется циклопентадиенид натрия (циклопентадиенилнатрий) **Q**. Чтобы установить строение соединения **W** – трис(циклопентадиенил)иттрия(III), обратимся к условиям задачи. Ион Y^{3+} должен быть координирован одновременно с тремя циклопентадиенильными анионами, при этом они должны быть расположенными на равном удалении от него. Соответственно, чтобы минимизировать отталкивание циклопентадиенильных анионов друг от друга, центральный атом иттрия должен принимать треугольную конфигурацию:



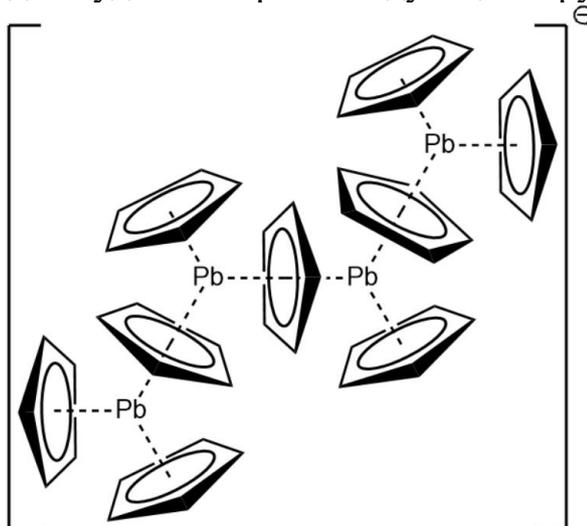
(4 балла)

2) Бутиллитий – сильное основание – депротонирует пентаметилциклопентадиен с образованием соответствующего литиевого производного **D**, содержащего ароматический пентаметилциклопентадиенильный анион. В качестве правильного ответа принимается структура как с ионной, так и с ковалентной связью C-Li; также принимается любое корректное изображение циклопентадиенильного аниона (с делокализованным отрицательным зарядом или с двойными связями и НЭП на одном из атомов углерода). При взаимодействии двух молей **D** с NiBr₂ образуется декаметилникелоцен **E** и выделяется два моля LiBr. Окисление **E** гексафторофосфатом ферроцена позволяет получить соответствующую соль **F**, в которой никель формально проявляет степень окисления +3.



(9 баллов)

3) Условием задачи удовлетворяет следующая структура:



В качестве правильного ответа принималась любая корректная структура, удовлетворяющая условиям задачи.

(7 баллов)

По материалам из статей:

<https://doi.org/10.1038/1681039b0>

<https://doi.org/10.1021/ja01582a009>

<https://doi.org/10.1002/ange.19680801606>

<https://doi.org/10.1021/ja00371a017>

Критерии оценивания:

1. За установление структурных формул соединений **Q**, **W** по 1 баллу – всего **2 балла**.
2. За уравнения реакций образования **Q**, **W** по 1 баллу – всего **2 балла**.
3. За установление структурных формул соединений **D**, **E**, **F** по 1,5 балла – всего **4,5 баллов**.
4. За уравнения реакций образования **D**, **E**, **F** по 1,5 балла – всего **4,5 баллов**.
5. За установление структуры аниона $[Pb_4Cp_9]^-$ – **7 баллов**.

Итого: 20 баллов

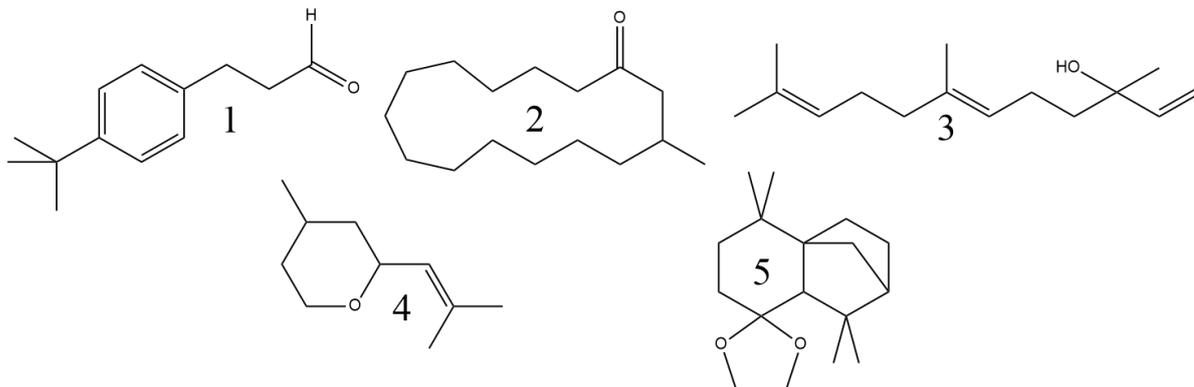
Задание 2. «Ароматы...». (20 баллов)

Органические вещества, обладающие приятным запахом, широко применяются в парфюмерии, гигиенических и косметических средствах, а также в качестве ароматизирующих пищевых добавок.

Сами по себе приятно пахнущие вещества могут быть получены как из душистых растений и смол, так и путем органического синтеза. Хотя с достоверной точностью связь структура-запах до сих пор не установлена, тем не менее, в ограниченном ряде случаев причина наличия запаха у какого-

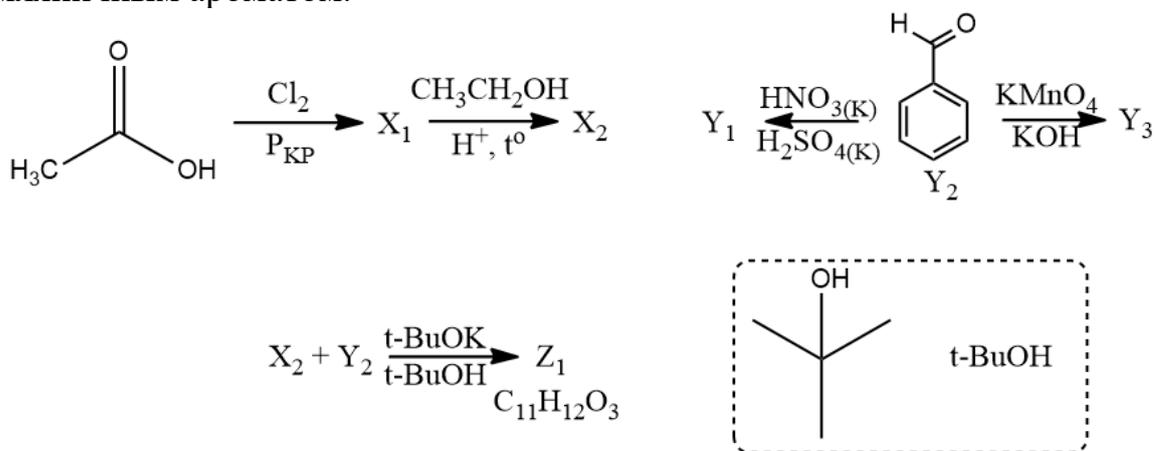
то вещества может быть обусловлена наличием в его составе определенных функциональных групп (или фрагментов).

1) Установите, к каким классам органических соединений относятся соединения 1-5.



	Ландышевый аромат
	Мускусный аромат
	Цветочный аромат
	Запах герани, зелени и розы
	Аромат амбры и ветивера

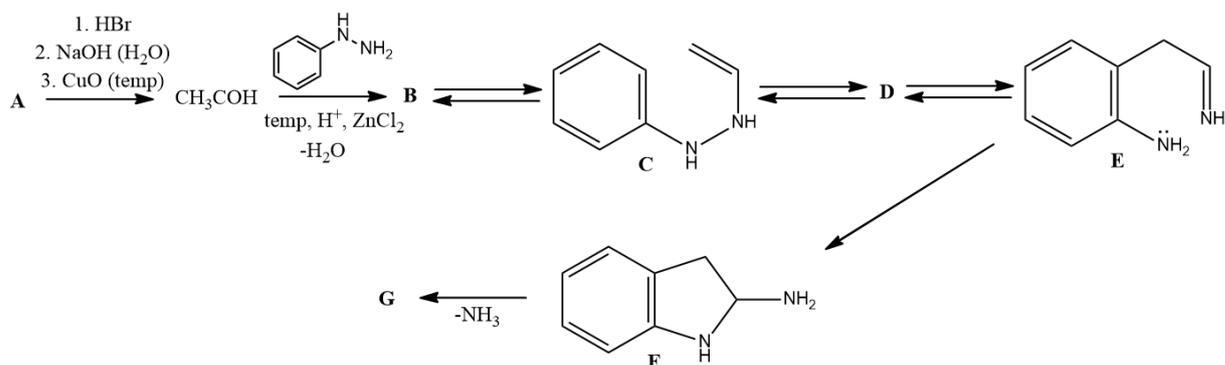
Ниже представлена схема синтеза соединения Z_1 , обладающего земляничным ароматом.



Гидролиз Z_1 в кислой среде с последующим декарбоксилированием приводит к образованию соединения Z_2 ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$), которое вступает в реакцию серебряного зеркала.

2) Расшифруйте схему синтеза Z_1 , установив структурные формулы соединений X_1 , X_2 , Y_1 , Y_3 (органический продукт реакции), Z_1 , Z_2 .

Еще одним крайне интересным веществом, используемым в парфюмерии, является соединение G . В низких концентрациях G приятно пахнет жасмином, а в высоких – имеет весьма специфичный аромат.



3) Расшифруйте схему синтеза **G**, установив структурные формулы соединений **A**, **B**, **D**, **G**. Известно, что вещества **B** и **C** являются изомерами, а превращение **C** → **D** является аза-перегруппировкой Коупа.

Ответ:

1) В таблице указаны классы, к которым относятся соединения 1-5.

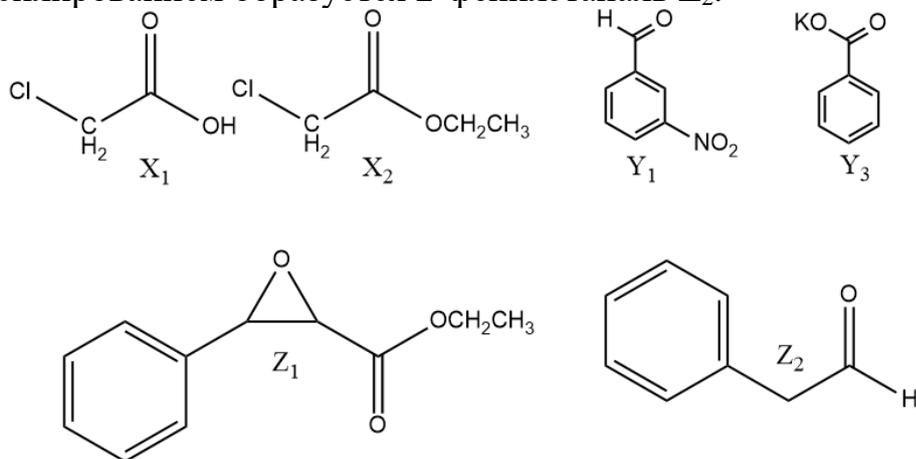
1	Буржеональ	Альдегид
2	Мускон	Кетон
3	Неролидол	Спирт
4	Розеноксид	Простой эфир
5	Исамбер	Ацеталь (простой эфир)

(5 баллов)

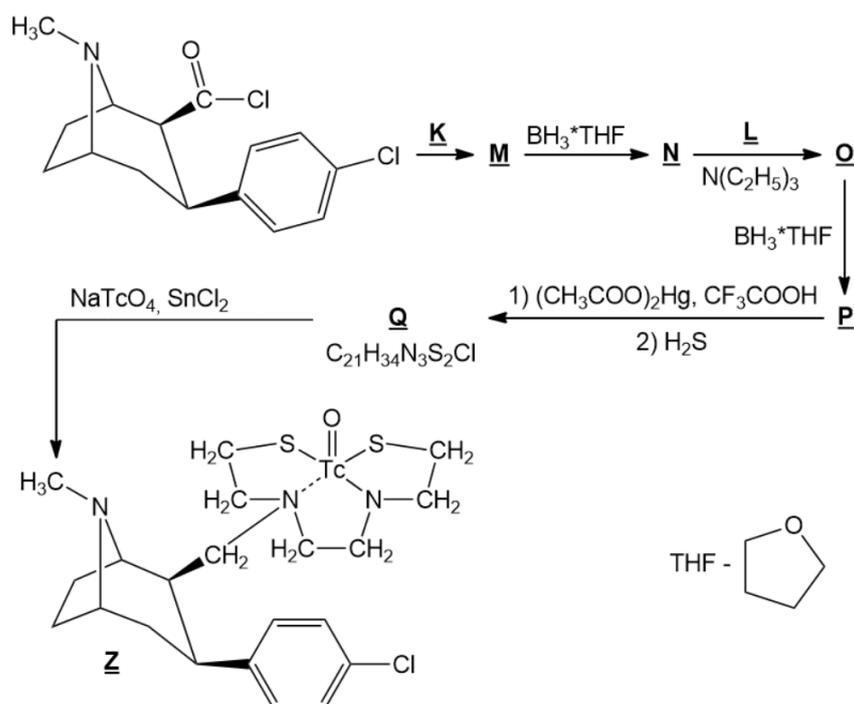
2) Реакция уксусной кислоты с хлором в присутствии красного фосфора (реакция Гелля-Фольгарда-Зелинского) приводит к образованию хлоруксусной кислоты X_1 , этерификация которой с этиловым спиртом приводит к этиловому эфиру хлоруксусной кислоты X_2 .

Нитрование бензальдегида приводит к образованию мета-продукта (Y_1). Окисление бензальдегида перманганатом калия в щелочной среде приводит к образованию калиевой соли бензойной кислоты Y_2 .

Взаимодействие X_2 с Y_2 приводит к образованию производного этиленоксида Z_1 , при гидролизе которого с последующим декарбоксилированием образуется 2-фенилэтаналь Z_2 .



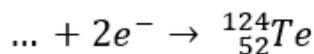
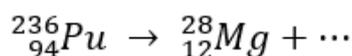
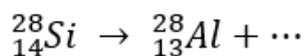
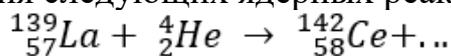
(9 баллов)



1) Установите структурные формулы соединений **K, L, M, N, O, P, Q**. Известно, что метилат натрия довольно легко депротонирует SH-группу; в реакциях **M** → **N** и **O** → **P** комплекс $\text{BH}_3 \cdot \text{THF}$ выступает в качестве восстановителя карбонильной группы амидов до CH_2 . При рисовании структурных формул не обязательно указывать, какой именно изотоп технеция входит в состав соединения – достаточно символа химического элемента Tc. Если в ходе нескольких реакций большой фрагмент молекулы не меняет свою структуру, его можно обозначить как R и не перерисовывать полностью в каждой из последующих структур.

2) Установите, сколько ммоль **Z** останется через 36 минут после его синтеза, если известно, что к моменту окончания синтеза $n(\text{Z}) = 42,3$ ммоль, а $T_{1/2} (^{99\text{m}}\text{Tc}) = 6$ часов.

3) Закончите уравнения следующих ядерных реакций:

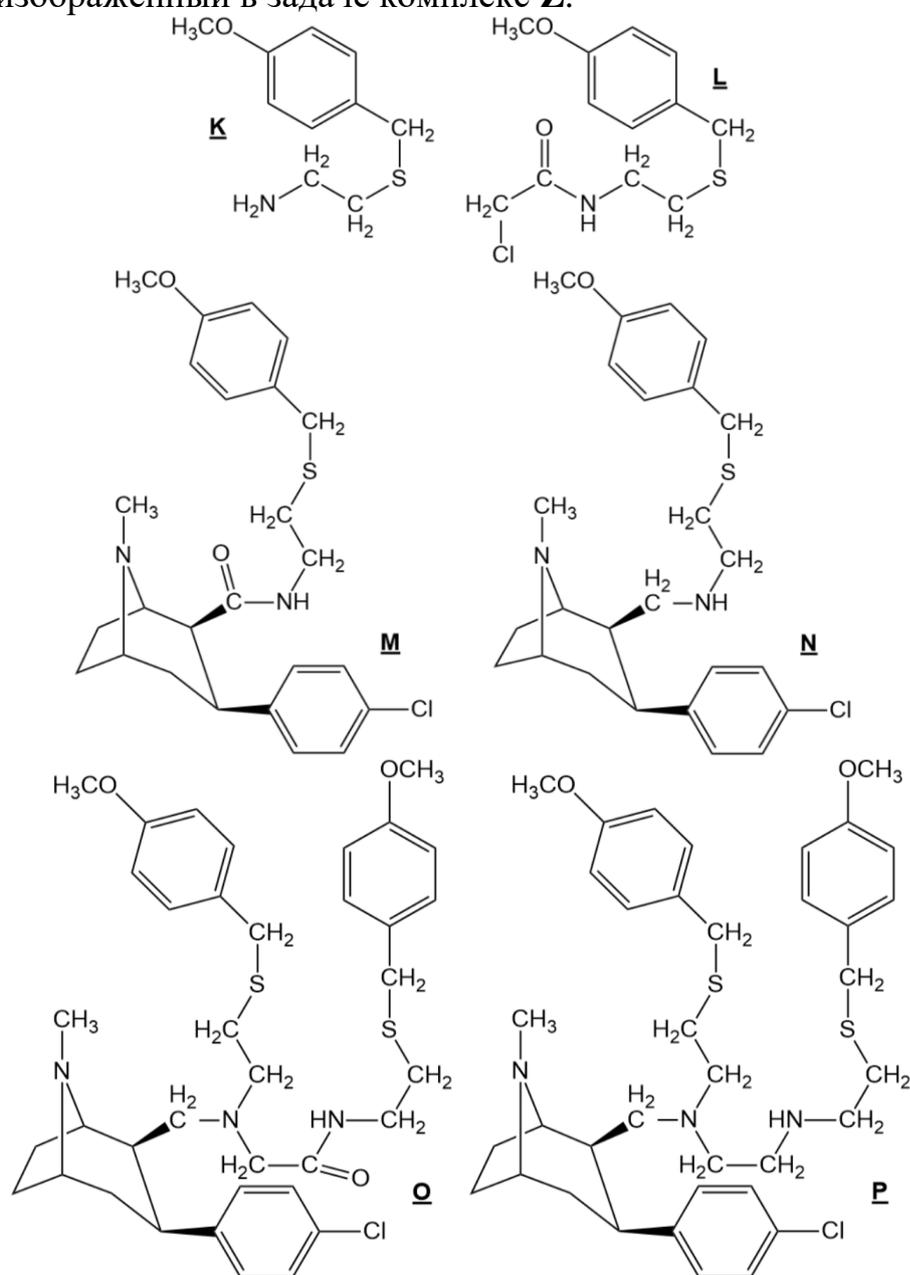


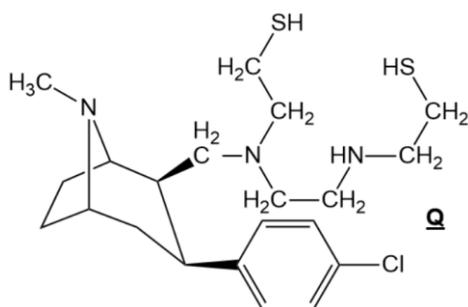
Ответ:

1) На первом этапе синтеза происходит алкилирование атома серы исходного тиола – реакция Вильямсона, в результате чего образуется соединение **K**. Метилат натрия на данной стадии необходим для депротонирования SH-группы, что увеличивает её нуклеофильность.

Дальнейшее ацилирование **K** хлорангидридом монохлоруксусной кислоты приводит к амиду **L**.

Перейдём ко второй части цепочки. Взаимодействие исходного производного тропана с **K** также является реакцией ацилирования и приводит к амиду **M**. Следующая реакция, как указано в условиях задачи, является восстановлением амидного карбонила до CH_2 , что позволяет получить амин **N**. Стадии образования **O** и **P** фактически аналогичны предыдущим: ацилирование аминного азота с последующим восстановлением карбонильной группы; триэтиламин на стадии получения **O** необходим для связывания выделяющегося HCl . Взаимодействие **P** с $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Hg}/\text{CF}_3\text{COOH}$ с последующей обработкой сероводородом сопровождается разрывом двух связей C-S и приводит к конечному лиганду **Q**, реакция которого с пертехнетатом (пертехнатом) натрия позволяет получить изображённый в задаче комплекс **Z**.





(14 баллов)

По материалам из статей:

<https://doi.org/10.1002/chem.200204445>

<https://doi.org/10.1007/b101223>

<https://doi.org/10.1007/BF02109492>

<https://doi.org/10.1021/jm960532j>

2) По основному закону радиоактивного распада

$$n_t = n_0 \exp(-\lambda t)$$

$$T_{1/2} = 0,693/\lambda$$

$$\lambda = 0,693/T_{1/2}$$

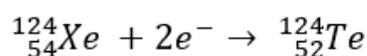
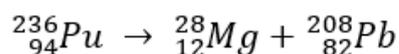
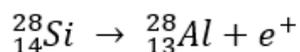
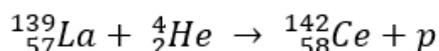
$$n_t = n_0 \exp(-0,693 * t / T_{1/2})$$

$$n_t = 42,3 * \exp(-0,693 * 36 / (6 * 60))$$

$$n_t = 39,5 \text{ ммоль}$$

(2 балла)

3) Уравнения ядерных реакций:



(4 балла)

Критерии оценивания:

1. За установление структурных формул соединений **K, L, M, N, O, P, Q** по 2 балла – всего **14 баллов**.

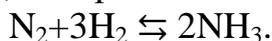
2. За установление количества вещества **Z** – **2 балла**.

3. За уравнения ядерных реакций по 1 баллу – всего **4 балла**.

Итого: 20 баллов

Задание 4. «Очень важный газ». (20 баллов)

Аммиак относится к числу важнейших продуктов химической промышленности, ежегодное его мировое производство превышает 180 млн тонн. Промышленный способ получения аммиака основан на реакции взаимодействия водорода и азота, которая является обратимой:



1. Рассчитайте равновесный выход аммиака при 573 К и давлении 30,3 МПа из 3 моль H_2 и 1 моль N_2 , если, константа равновесия, выраженная через парциальные давления реагентов, взятые в МПа, (K_p), равна 0,0074.

2. Для процесса синтеза аммиака, проводимого при высоких давлениях, Ларсоном и Доджем была определена взаимосвязь константы равновесия (выраженной через МПа) и температуры (выраженной в К):

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K_p}} = -\frac{2074,8}{T} + 2,4943 \lg T + \beta T - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + I$$

Вычислите константы равновесия системы при 723 К 1,013 МПа ($\beta = 0$; $I = -1,993$) и при 723 К 30,3 МПа ($\beta = 1,256 \cdot 10^{-4}$; $I = -2,206$), а также равновесные выходы аммиака в данных условиях

3. Сравните результаты, полученные в пунктах 1 и 2. Сделайте выводы о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака. Объясните причины такого влияния.

4. Напишите уравнения реакций взаимодействия аммиака с калием, раствором сульфата меди, оксидом азота (I) (t°), азотистоводородной кислотой и серной кислотой.

5. Укажите примеры использования аммиака в химической промышленности.

Для справки:

1. *Парциальное давление (лат. partialis «частичный») - давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объём, равный объёму смеси при той же температуре. Общее давление газовой смеси является суммой парциальных давлений её компонентов.*

Парциальное давление отдельных компонентов газов в идеальном газе рассчитывается по формуле: $p_i = x_i \cdot P$, где x_i - мольная доля компонента газовой смеси, P - общее давление газовой смеси.

2. *Равновесный выход продукта – это отношение количества продукта реакции в момент равновесия к начальному количеству одного из реагентов (взятого не в избытке) с учетом стехиометрических коэффициентов.*

Ответ:

1. Допустим, что в реакцию вступило x моль N_2 , тогда прореагировало $3x$ моль H_2 и образовалось $2x$ моль NH_3 .

$$n(\text{N}_2) + n(\text{H}_2) + n(\text{NH}_3) = (1-x) + (3-3x) + 2x = 4 - 2x.$$

Парциальные давления отдельных компонентов смеси:

$$p_{NH_3} = \frac{2x}{4-2x} \cdot P; \quad p_{N_2} = \frac{1-x}{4-2x} \cdot P; \quad p_{H_2} = \frac{3-3x}{4-2x} P$$

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} p_{H_2}^3}$$

$$K_p = K_x \cdot P^{-2} = \frac{\left(\frac{2x}{4-2x}\right)^2}{\left(\frac{1-x}{4-2x}\right)\left(\frac{3-3x}{4-2x}\right)^3 P^2} = \frac{4x^2(4-2x)^2}{(1-x)(3-3x)^3 30,3^2}$$

$$= 0,0074.$$

$$\frac{4x^2(4-2x)^2}{27(1-x)^4 30,3^2} = 0,0074$$

$$\frac{2x(4-2x)}{\sqrt{27}(1-x)^2 30,3} = 0,086$$

$$0,0086(\sqrt{27}(1-x)^2 30,3) = 8x - 4x^2$$

$$1,354(1 - 2x + x^2) = 8x - 4x^2$$

$$1,354 - 2,708x + 1,354x^2 - 8x + 4x^2 = 0$$

$$1,354 - 10,708x + 5,354x^2 = 0$$

$X_1 = 1,477$ моль (не удовлетворяет условиям задачи)

$X_2 = 0,522$ моль N_2

Условиям задачи удовлетворяет ответ 0,52, значит $n(NH_3) = 2 \cdot 0,52 = 1,044$ моль.

$$\varphi = \frac{n(NH_3)}{2n(N_2)} \times 100\% = \frac{1,044}{2} \times 100\% = 52,2\%$$

$$2. \lg \frac{1}{\sqrt{K}} = -\frac{2074,8}{T} + 2,4943 \lg T + \beta T - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + I$$

При 723 К 1,013 МПа:

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = -\frac{2074,8}{723} + 2,4943 \cdot \lg 723 + 0 \cdot 723 - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot 723^2$$

$$- 1,993$$

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = 2,172$$

$$\frac{1}{\sqrt{K}} = 10^{2,172} = 148,59$$

$$\sqrt{K} = \frac{1}{10^{2,172}} = 0,00673$$

$$K = 4,5 \cdot 10^{-5}$$

При 723 К 30,3 МПа:

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = -\frac{2074,8}{723} + 2,4943 \cdot \lg 723 + 1,256 \cdot 10^{-4} \cdot 723 - 1,8564$$

$$\cdot 10^{-7} \cdot 723^2 - 2,206$$

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = 2,049$$

$$\frac{1}{\sqrt{K}} = 10^{2,049} = 112,10$$

$$\sqrt{K} = \frac{1}{10^{2,049}} = 0,008921$$

$$\mathbf{K = 7,9 \cdot 10^{-5}}$$

При температуре Т и давлении Р определим парциальные давлений компонентов в равновесной смеси:

$$p_{NH_3} = \chi \cdot p; p_{N_2} = \frac{1}{4}p(1 - \chi); p_{H_2} = \frac{3}{4}p(1 - \chi);$$

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2}p_{H_2}^3}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{K_p} &= \frac{\sqrt{p_{NH_3}^2}}{\sqrt{p_{N_2}p_{H_2}^3}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\left(\frac{3p(1-\chi)}{4}\right)^3}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\frac{27p^3(1-\chi)^3}{64}}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \frac{\sqrt{27p^3(1-\chi)^3}}{8}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{0,1875\sqrt{3p^4(1-\chi)^4}} = \frac{\chi \cdot p}{0,1875p^2(1-\chi)^2\sqrt{3}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{0,325p^2(1-\chi)^2} = \frac{\chi}{0,325p(1-\chi)^2} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\sqrt{K_p}} = \frac{0,325p(1-\chi)^2}{\chi}$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p}$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p}$$

$$\begin{aligned} a(723 \text{ K}; 1,013 \text{ МПа}) &= \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p} = 148,59 \frac{1}{0,325 \cdot 1,013} \\ &= 451,332 \end{aligned}$$

$$a(723 \text{ K}; 30,3 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p} = 112,10 \frac{1}{0,325 \cdot 30,3} = 11,384$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = a$$

$$(1-\chi)^2 = a\chi$$

$$1 - 2\chi + \chi^2 - a\chi = 0$$

$$1 - \chi(2 + a) + \chi^2 = 0$$

При 723 К; 1,013 МПа:

$$\chi(723 \text{ К}, 1,013 \text{ МПа}) = \frac{2+451,332 \pm \sqrt{(2+451,332)^2 - 4}}{2} =$$

$$\frac{453,332 \pm \sqrt{205505,90}}{2} = \frac{453,332 \pm 453,327}{2} = 453,33; 0,0025$$

$\chi_1 = 453,33$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,0025$

При 723 К; 30 МПа:

$$\chi(723) = \frac{2+11,384 \pm \sqrt{(2+11,384)^2 - 4}}{2} = \frac{13,384 \pm \sqrt{175,131}}{2} = \frac{13,384 \pm 13,234}{2} =$$

$$13,309; 0,075$$

$\chi_1 = 13,309$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,075$

Равновесный выход аммиака:

При 723 К, 1,013 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,0025$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4}(1 - 0,0025) = \frac{0,9975}{4} = 0,249 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4}(1 - 0,0025) = \frac{3 \cdot 0,9975}{4} = 0,748 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,0025}{2} = 0,00125 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} =$$

$$0,00125 \text{ моль} + 0,249 \text{ моль} = 0,250 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,0025}{2 \cdot 0,250} = \frac{0,0025}{0,5} \times 100\% = 0,5 \%$$

При 723 К, 30 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,075$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4}(1 - 0,075) = \frac{0,925}{4} = 0,2313 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4}(1 - 0,075) = \frac{3 \cdot 0,925}{4} = 0,6938 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,075}{2} = 0,0375 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} =$$

$$0,0375 \text{ моль} + 0,2313 \text{ моль} = 0,2688 \text{ моль}$$

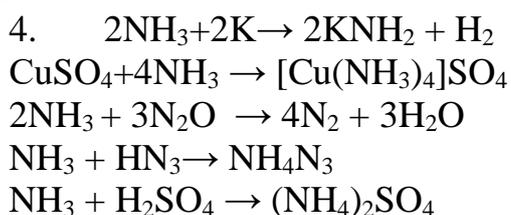
$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,075}{2 \cdot 0,2688} = \frac{0,075}{0,5376} \times 100\% = 13,95 \%$$

3. Кр при 573 К и давлении 296,077 атм (30,3 МПа) равна **0,0074**
 $\varphi = 52,2 \%$

Кр при 723 К и давлении 10 атм. (1,013 МПа) равна $4,5 \cdot 10^{-5}$.
 $\varphi = 0,5 \%$

Кр при 723 К и давлении 296,077 атм (30,3 МПа) равна $7,9 \cdot 10^{-5}$
 $\varphi = 13,95 \%$

При увеличении давления равновесный выход увеличивается, что связано с уменьшением объема системы в ходе реакции и, следовательно, смещением равновесия в сторону продуктов. При повышении температуры выход снижается, поскольку реакция $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ - экзотермическая, и равновесие смещается в сторону реакции, идущей с поглощением теплоты. Процесс синтеза аммиака требует высоких давлений и температур, а также использования катализатора, но выход продукта довольно низкий, поэтому в промышленности используют рецикл непрореагировавшей азото-водородной смеси.



5. Аммиак в основном используется для производства азотных удобрений (нитрат и сульфат аммония, мочевины), взрывчатых веществ и полимеров, азотной кислоты (контактным методом), соды (по аммиачному методу) и других продуктов химической промышленности. Жидкий аммиак используют в качестве растворителя.

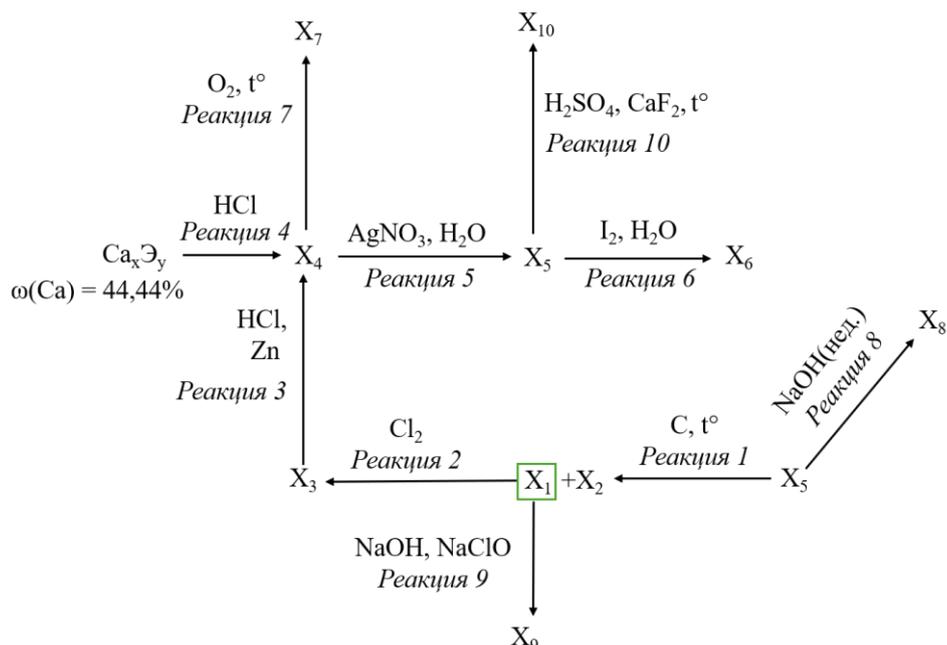
Критерии оценивания:

1. За расчет равновесного выхода аммиака при 723 К и 1,013 МПа атм. – 2 балла
2. За вычисление константы равновесия системы при 723 К (30,3 МПа) и 573 К (30,3 МПа) – по 2 балла – 4 балла
3. За вычисление равновесного выхода аммиака при 723 К (30,3 МПа) и 573 К (30,3 МПа) – по 2 балла – 4 балла
4. За аргументированный вывод о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака – 3 балла.
5. За верное написание уравнений реакций аммиака – по 1 баллу – 5 баллов
6. За указание примеров использования аммиака в химической промышленности – 2 балла.

Итого 20 баллов

5. «Глубоко в тело проникающий, несчастный яд». (20 баллов)

Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и определите вещества X₁-X₁₀:



Известно, что X₁ – простое вещество, X₂ – несолеобразующий оксид, X₄ – газ при н.у., X₅ – оксид, X₆ – кислота, X₇ – оксид, который при нормальных условиях находится в жидком состоянии, X₈ – соль, в которой массовая доля натрия 17,69 %, X₉ – соль кислоты X₆, а X₁₀ – бесцветная токсичная жидкость с неприятным запахом, разлагается в воде с образованием X₅ и кислоты.

Ответ:

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
As	CO	AsCl ₃	AsH ₃	As ₂ O ₃	H ₃ AsO ₄	H ₂ O
X ₈	X ₉	X ₁₀				
NaAsO ₂	Na ₃ AsO ₄	AsF ₃				

- $As_2O_3 + 3C \rightarrow 2As + 3CO$
- $2As + 3Cl_2 \rightarrow 2AsCl_3$
- $AsCl_3 + 3Zn + 3HCl \rightarrow AsH_3 + 3ZnCl_2$
- $Ca_3As_2 + 6HCl \rightarrow 3CaCl_2 + 2AsH_3$
- $2AsH_3 + 12AgNO_3 + 3H_2O \rightarrow 12Ag + As_2O_3 + 12HNO_3$
- $As_2O_3 + I_2 + 5H_2O \rightarrow 2H_3AsO_4 + 4HI$
- $2AsH_3 + 3O_2 \rightarrow As_2O_3 + 3H_2O$
- $As_2O_3 + 2NaOH(нед.) \rightarrow 2NaAsO_2 + H_2O$
- $2As + 6NaOH + 5NaOCl \rightarrow 2Na_3AsO_4 + 5NaCl + 3H_2O$
- $As_2O_3 + 3H_2SO_4 + 3CaF_2 \rightarrow 2AsF_3 + 3CaSO_4 + 3H_2O$

Критерии оценивания:

За установление веществ X₁-X₁₀ – по 1 баллу – 10 баллов

За верное написание уравнений реакций 1-10 – по 1 баллу – 10 баллов

Итого: 20 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1																	18	
1	H 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 4,0026 0 Гелий Helium
2	Li 6,94 +1 Литий Lithium	Be 9,0122 +2 Бериллий Beryllium															Ne 20,1798 0 Неон Neon	
3	Na 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 24,305 +2 Магний Magnesium															Ar 39,95 +0 Аргон Argon	
4	K 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 47,867 +4 Титан Titanium	V 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 54,938 +2 Марганец Manganese	Fe 55,845 +3 Железо Iron	Co 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 63,546 +2 Медь Copper	Zn 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 72,63 +4 Германий Germanium	As 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 78,971 +4 Селен Selenium	Br 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 83,798 0 Криптон Krypton
5	Rb 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 95,95 +6 Молибден Molybdenum	Tc 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 114,818 +3 Индий Indium	Sn 118,71 +4 Олово Tin	Sb 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 131,293 0 Ксенон Xenon
6	Cs 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 137,327 +2 Барий Barium	La 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 190,23 +8 Осмий Osmium	Ir 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 195,084 +4 Платина Platinum	Au 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 208,9824 +4 Полоний Polonium	At [210] -1 Астат Astatine	Rn [222] 0 Радон Radon
7	Fr [223] +1 Франций Francium	Ra 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg [269] (+6) Сибборгий Seaborgium	Bh [270] (+7) Борий Bohrium	Hs [278] (+8) Хассий Hassium	Mt [281] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh [286] ? Нихоний Nihonium	Fl [290] ? Флеровий Flerovium	Mc [290] ? Московский Moscovium	Lv [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts [294] ? Теннесси Tennessine	Og [294] ? Оганесон Oganesson

символ — **Po** — атомный номер — **84**

стандартная атомная масса — **208,9824** — устойчивая степень окисления — **+4**

название на русском — **Полоний** — относительный размер атома

на английском — **Polonium** — радиоактивный

полуметалл

- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы



Ce 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm [145] +3 Прометий Promethium	Sm 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 151,964 +3 Европий Europium	Gd 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 174,9668 +3 Лютеций Lutetium
Th 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu [244] +3 Плутоний Plutonium	Am [243] +3 Америций Americium	Cm [247] +3 Кюрий Curium	Bk [247] +3 Берклий Berkelium	Cf [251] +3 Калифорний Californium	Es [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm [257] +3 Фермий Fermium	Md [258] +3 Менделевий Mendelevium	No [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr [266] +3 Лоуренсий Lawrencium

Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺	
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H	
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	-	H	P	P	
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P	
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P	
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?	
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H	
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	?	M	H	H	H	?	?	
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P	
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?	
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?	
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?	
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	-	?	?	
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	?	H	
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?	
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	-	P	
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?	
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?	
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P	
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H	
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P	
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды);

«-» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →

активность металлов уменьшается

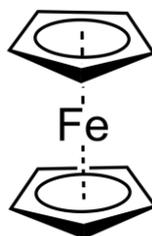
Химия 11 класс. Вариант 3

Задача 1. «Неожиданный бутерброд» (20 баллов)

“Неправильно ты, дядя Фёдор, бутерброд ешь! Ты его колбасой кверху держишь, а его надо колбасой на язык класть. Так вкуснее получится”

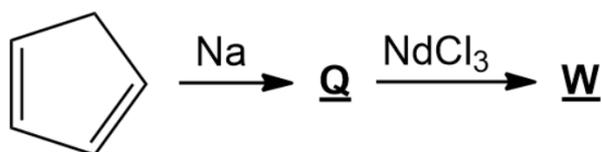
Кот Матроскин

15 декабря 1951 года в журнале Nature была опубликована статья с интригующим названием “A new type of organo-iron compound”. Её авторы – Т. Кили и П. Посон – пытались синтезировать фулвален (бициклопентаденилиден) окислительной димеризацией циклопентаденилмагнийбромида под действием FeCl_3 , однако вместо искомого углеводорода неожиданно получили необычайно устойчивое металлоорганическое соединение с брутто-формулой $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{Fe}$, известное на сегодняшний день под названием “ферроцен” (бис(циклопентаденил)железо(II)). Полученное ими соединение оказалось первым представителем класса так называемых “сэндвичевых комплексов”: в них катион металла “зажат” между двумя ароматическими анионами (как правило, циклопентаденильными) и образует с ними связи за счёт взаимодействия с их делокализованными π -электронами – всей ароматической системой целиком.



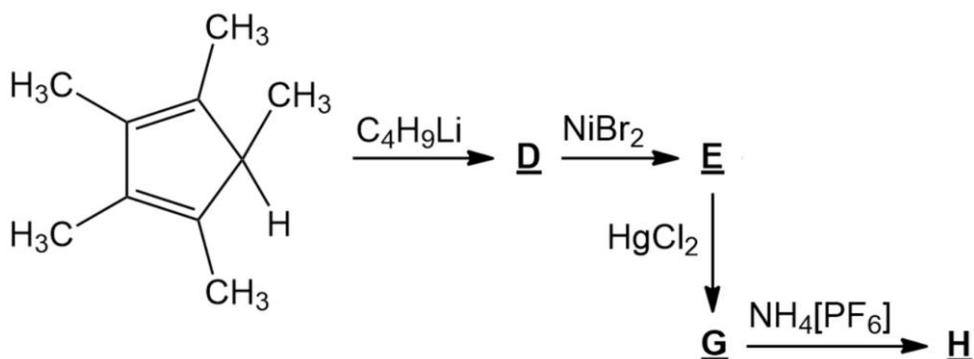
Структурная формула ферроцена – родоначальника класса сэндвичевых комплексов

Открытие и установление структуры ферроцена стало отправной точкой для синтеза множества других сэндвичевых комплексов. Уже в 1956 году – через 5 лет после открытия ферроцена и через 4 года после установления его структуры – Уилкинсон с коллегами показали, что катионы лантаноидов и актиноидов могут одновременно координироваться более чем с двумя циклопентаденильными анионами. К примеру, трис(циклопентаденил)неодим(III) W состоит из иона Nd^{3+} , координированного одновременно с тремя циклопентаденильными анионами, расположенными на равном удалении от него. Он может быть получен из циклопентадиена по схеме:



1) Установите структурные формулы соединений **Q** и **W** и напишите уравнения соответствующих реакций.

В ряде случаев центральный атом в сэндвичевом комплексе может иметь не вполне типичную для него степень окисления. К примеру, в 1982 году было синтезировано и охарактеризовано интересное металлоорганическое соединение **H**, в котором никель проявляет степень окисления +4. Для получения **H** авторы оригинального исследования окисляли декаметилникелоцен **E** (бис(1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенил)никель) – сэндвичевый комплекс Ni^{2+} с 1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиенильными анионами, используя в качестве окислителя HgCl_2 :



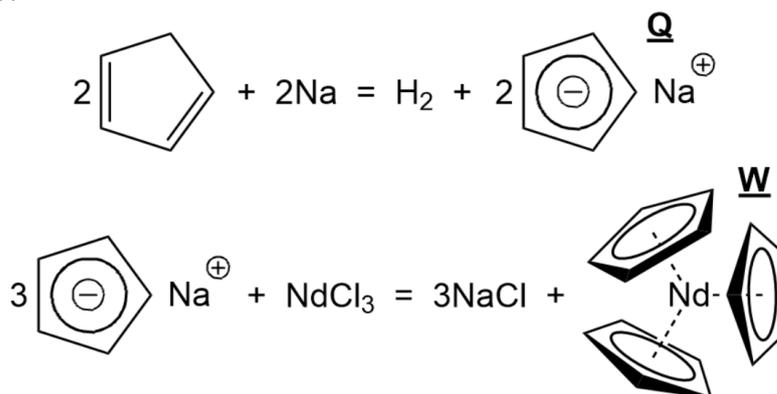
2) Установите структурные формулы соединений **D**, **E**, **G**, **H** и напишите уравнения реакций их получения, если известно, что массовая доля фосфора в **H** составляет 10.0 %, а на стадии **E** → **G** образуются только **G** и металлическая ртуть.

3) Предложите строение аниона $[\text{Pb}_2\text{Cp}_5]^-$ (Cp – циклопентадиенильный анион), если известно, что в нём отсутствуют связи Pb-Pb, каждый катион свинца связан одновременно с тремя циклопентадиенильными анионами, и только один циклопентадиенильный анион связан одновременно с двумя катионами свинца.

Ответ:

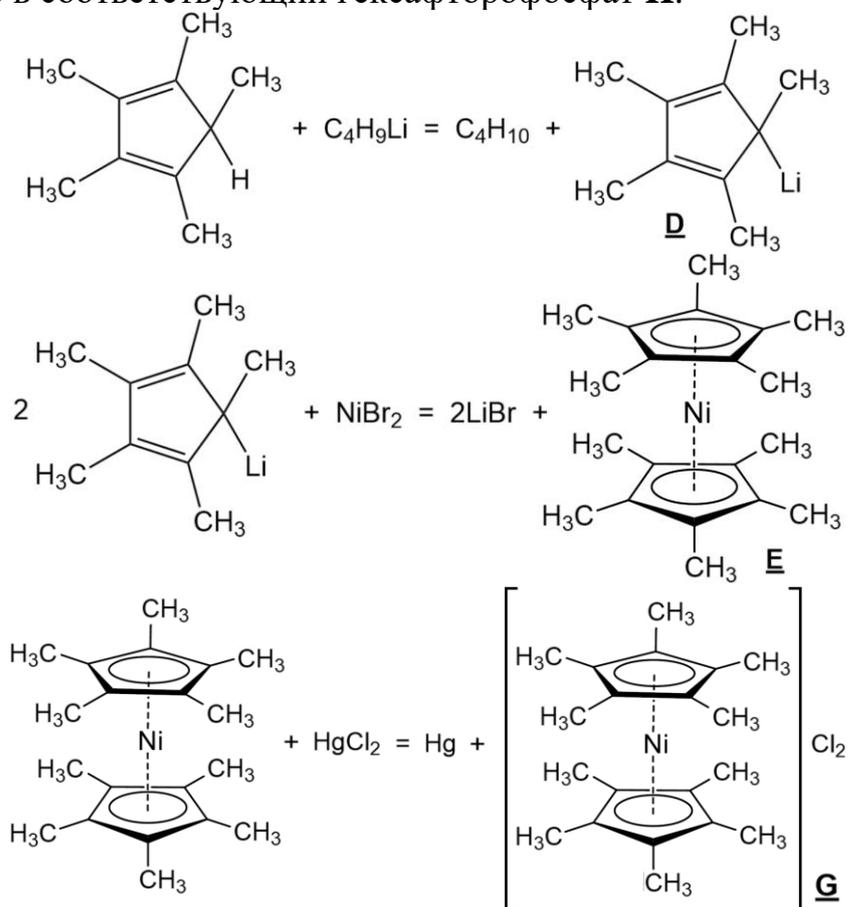
1) При взаимодействии циклопентадиена с металлическим натрием образуется циклопентадиенид натрия (циклопентадиенилнатрий) **Q**. Чтобы установить строение соединения **W** – трис(циклопентадиенил)неодима(III), обратимся к условиям задачи. Ион Nd^{3+} должен быть координирован одновременно с тремя циклопентадиенильными анионами, при этом они должны быть расположенными на равном удалении от него. Соответственно, чтобы минимизировать отталкивание циклопентадиенильных анионов друг

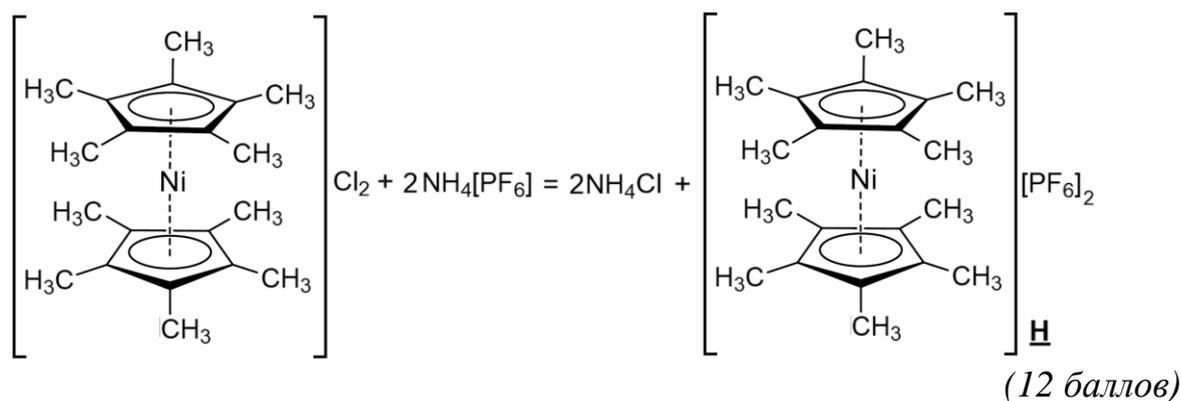
от друга, центральный атом неодима должен принимать треугольную конфигурацию:



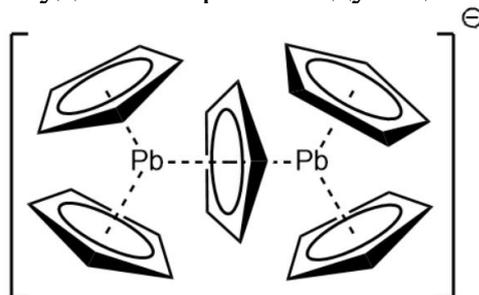
(4 балла)

2) Бутиллитий – сильное основание – депротонирует пентаметилциклопентадиен с образованием соответствующего литиевого производного **D**, содержащего ароматический пентаметилциклопентадиенильный анион. В качестве правильного ответа принимается структура как с ионной, так и с ковалентной связью C-Li; также принимается любое корректное изображение циклопентадиенильного аниона (с делокализованным отрицательным зарядом или с двойными связями и НЭП на одном из атомов углерода). При взаимодействии двух молей **D** с NiBr₂ образуется декаметилникелоцен **E** и выделяется два моля LiBr. Окисление **E** дихлоридом ртути приводит к соли **G**, обработка которой NH₄[PF₆] позволяет перевести её в соответствующий гексафторофосфат **H**.





3) Условием задачи удовлетворяет следующая структура:



В качестве правильного ответа принимается любая корректная структура, удовлетворяющая условиям задачи.

(4 балла)

По материалам из статей:

<https://doi.org/10.1038/1681039b0>

<https://doi.org/10.1021/ja01582a009>

<https://doi.org/10.1002/ange.19680801606>

<https://doi.org/10.1021/ja00371a017>

Критерии оценивания:

1. За установление структурных формул соединений **Q**, **W** по 1 баллу – всего **2 балла**.

2. За уравнения реакций образования **Q**, **W** по 1 баллу – всего **2 балла**.

3. За установление структурных формул соединений **D**, **E**, **G**, **H** по 1,5 балла – всего **6 баллов**.

4. За уравнения реакций образования **D**, **E**, **G**, **H** по 1,5 балла – всего **6 баллов**.

5. За установление структуры аниона $[\text{Pb}_2\text{Cp}_5]^-$ – **4 балла**.

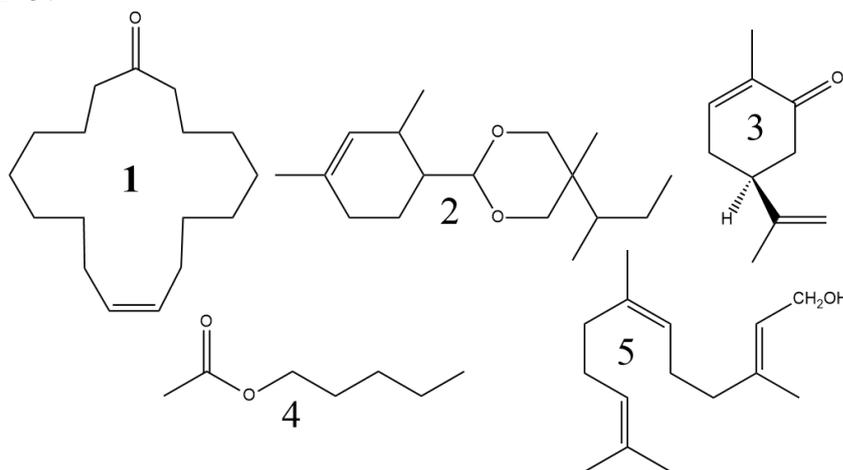
Итого: 20 баллов

Задание 2. «Ароматы...». (20 баллов)

Органические вещества, обладающие приятным запахом, широко применяются в парфюмерии, гигиенических и косметических средствах, а также в качестве ароматизирующих пищевых добавок.

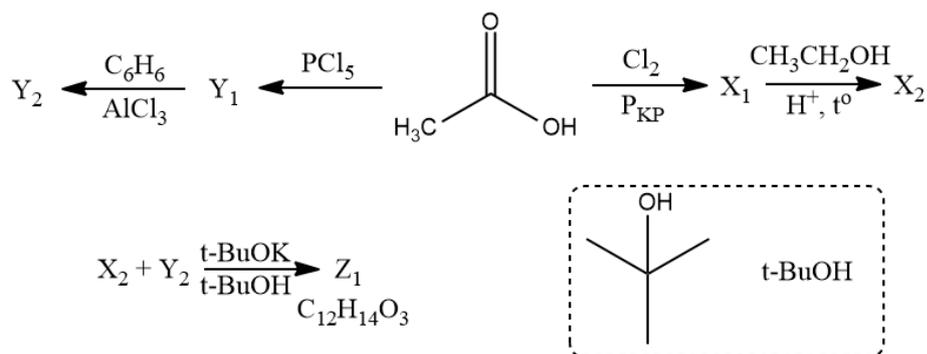
Сами по себе приятно пахнущие вещества могут быть получены как из душистых растений и смол, так и путем органического синтеза. Хотя с достоверной точностью связь структура-запах до сих пор не установлена, тем не менее, в ограниченном ряде случаев причина наличия запаха у какого-то вещества может быть обусловлена наличием в его составе определенных функциональных групп (или фрагментов).

1) Установите, к каким классам органических соединений относятся соединения 1-5.



1	Сильный мускусный аромат
2	Древесный аромат
3	Запах семян тмина и укропа
4	Грушевый запах
5	Ландышевый аромат

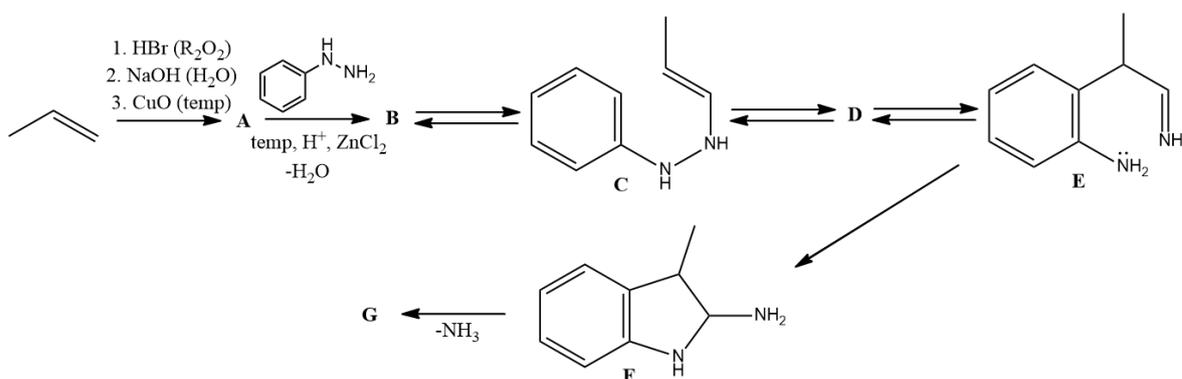
Ниже представлена схема синтеза соединения Z_1 , обладающего земляничным ароматом.



Гидролиз Z_1 в кислой среде с последующим декарбоксилированием приводит к образованию соединения Z_2 ($\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}$), которое вступает в реакцию серебряного зеркала.

2) Расшифруйте схему синтеза Z_1 , установив структурные формулы соединений X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2 , Z_1 , Z_2 .

Еще одним крайне интересным веществом, используемым в парфюмерии, является соединение G . В низких концентрациях G приятно пахнет жасмином, а в высоких – имеет весьма специфичный аромат.



3) Расшифруйте схему синтеза **G**, установив структурные формулы соединений **A**, **B**, **D**, **G**. Известно, что вещества **B** и **C** являются изомерами, а превращение **C** \rightarrow **D** является аза-перегруппировкой Коупа.

Ответ:

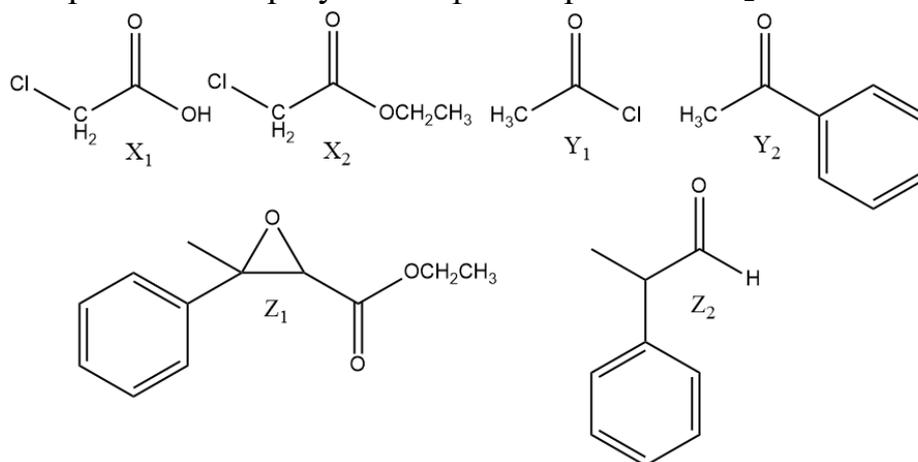
1) В таблице указаны классы, к которым относятся соединения 1-5.

1	Циветон	Кетон
2	Караналь	Ацеталь (простой эфир)
3	S(+)-карвон	Кетон
4	Амилацетат	Сложный эфир
5	Фарнезол	Спирт

(5 баллов)

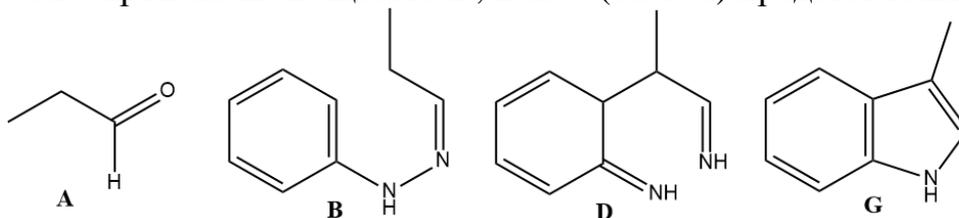
2) Реакция уксусной кислоты с хлором в присутствии красного фосфора (реакция Гелля-Фольгарда-Зелинского) приводит к образованию хлоруксусной кислоты X₁, этерификация которой с этиловым спиртом приводит к этиловому эфиру хлоруксусной кислоты X₂. Хлорангидрид уксусной кислоты (Y₁) образуется при взаимодействии уксусной кислоты с пентахлоридом фосфора. Ацилирование бензола соединением Y₁ приводит к ацетофенону Y₂.

Взаимодействие X₂ с Y₂ приводит к образованию производного этиленоксида Z₁, при гидролизе которого с последующим декарбоксилированием образуется 2-фенилпропаналь Z₂.



(9 баллов)

3) В задаче зашифрован традиционный синтез индолов по Фишеру. Вещество **A** – пропаналь. Вещества **B**, **D** и **G** (скатол) представлены ниже.



(6 баллов)

По материалам:

Основы органической химии душистых веществ для прикладной эстетики и ароматерапии: Учебное пособие для вузов / А.Т. Солдатенков, Н.М. Колядина, Ле Туан Ань и др.; под ред. А.Т. Солдатенкова. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 240 с.

Критерии оценивания:

1. За определения класса соединения по 1 баллу – всего **5 баллов**.
2. За установление структурных формул соединений **X₁, X₂, Y₁, Y₂, Z₁, Z₂** по 1,5 балла – всего **9 баллов**.
3. За установление структурных формул соединений **A, B, D, G** по 1,5 балла – всего **6 баллов**.

Итого: 20 баллов

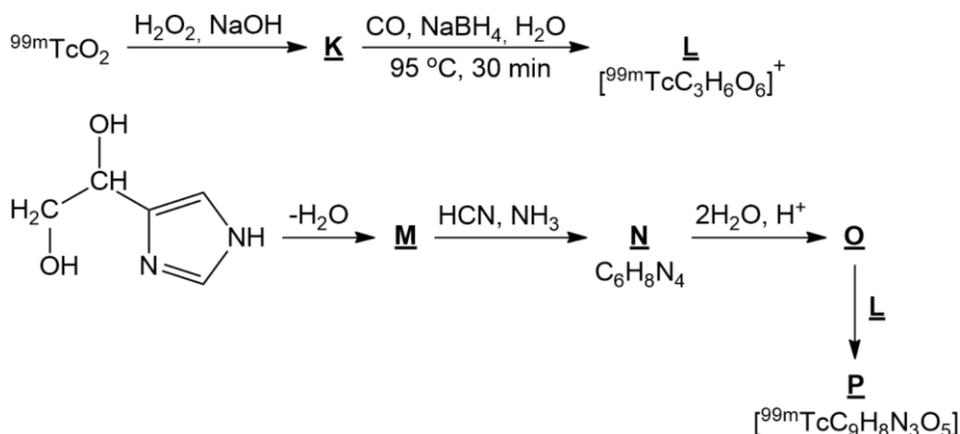
Задание 3. «Радиохимические штучки». (20 баллов)

“Если ты упал в ядерный реактор, то не важно, с какой высоты”
Народная мудрость

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) – это метод медицинской визуализации, в котором исследуется распределение в организме человека радионуклидов, испускающих при распаде гамма-кванты. Как правило, для этих целей пациенту проводят инъекцию соли соответствующего нуклида, после чего получают 3D-изображения биораспределения радионуклида в организме по испускаемому препаратом гамма-квантам. Чтобы повысить селективность радиофармацевтического лекарственного препарата к определённым клеткам или тканям, его модифицируют лигандами, специфически взаимодействующими с рецепторами на поверхности клетки.

Относительно недавно для целей ОФЭКТ был синтезирован комплекс технеция-99m с протеиногенной аминокислотой гистидином **O**, являющейся тридентатным лигандом. В качестве источника технеция для этого синтеза используется комплексный однозарядный катион **L** (указание противоиона в задаче не требуется), синтезируемый в две стадии из диоксида технеция. Реакция образования соединения **L** из промежуточного продукта **K** – это сложный многоступенчатый процесс, механизм протекания которого

к настоящему моменту до конца не изучен. Известно, что он включает стадии шестиэлектронного восстановления технеция и последующего комплексообразования, при этом технеций в образующемся соединении **L** имеет октаэдрическую конфигурацию и связан с равными количествами лигандов двух типов. Синтез проводят по схеме:

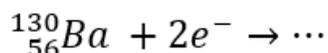
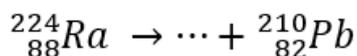
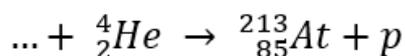


1) Установите химическую формулу соединения **K** и структурные формулы соединений **L**, **M**, **N**, **O**, **P**. Известно, что соединение **M** вступает в реакцию серебряного зеркала, а в конечном комплексном соединении **P** из трёх связей, что молекула гистидина образует с атомом технеция, две образованы с участием атомов азота, но лишь один из них входит в состав имидазольного цикла гистидина – тот, что не проявляет NH-кислотные свойства. При рисовании структурных формул не обязательно указывать, какой именно изотоп технеция входит в состав соединения – достаточно символа химического элемента Tc.

При декарбоксилировании гистидина в организме человека под действием фермента гистидиндекарбоксилазы образуется биогенный амин **Q**, в норме накапливающийся в гранулах базофилов и мастоцитов (тучных клеток) в виде комплекса с гепарином. Напишите структурную формулу соединения **Q**.

2) Установите, сколько ммоль **P** останется через 45 минут после его синтеза, если известно, что к моменту окончания синтеза $n(\mathbf{P}) = 11,8$ ммоль, а $T_{1/2}({}^{99m}\text{Tc}) = 6$ часов.

3) Закончите уравнения следующих ядерных реакций:

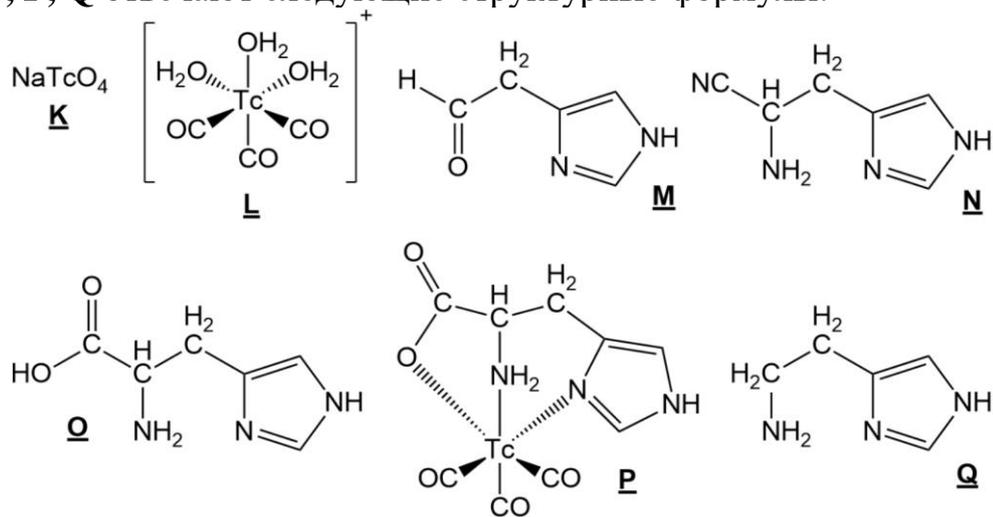


Ответ:

1) При окислении диоксида технеция пероксидом водорода в водном растворе NaOH образуется пертехнетат (пертехнат) натрия NaTcO_4 **K**. Чтобы установить структуру соединения **L**, обратимся к условиям задачи. Известно, что в ходе реакции **K** \rightarrow **L** технеций принимает шесть электронов, т.е. восстанавливается до степени окисления +1. Поскольку **L** имеет заряд +1, можно сделать вывод, что лиганды, с которыми связан технеций, не несут заряда. В октаэдрических комплексах центральный атом имеет координационное число 6; таким образом, в соединении **L** технеций имеет три лиганда одного типа и ещё три – второго. Исходя из вышеизложенных фактов, брутто-формулы **L** и условий протекания реакции **K** \rightarrow **L** можно сделать вывод, что лигандами в указанном комплексе являются три молекулы воды и три молекулы угарного газа.

Поскольку соединение **M** вступает в реакцию серебряного зеркала, можно сделать вывод, что в ходе дегидратации происходит образование енола, сразу же претерпевающее таутомерное превращение с образованием альдегида. Дальнейшее взаимодействие **M** с синильной кислотой и аммиаком – синтез Штреккера – приводит к аминонитрилу **N**, гидролиз которого в кислой среде даёт гистидин **O**. В ходе реакции карбонильного комплекса **L** с гистидином последний, будучи тридентатным лигандом, может заместить во внутренней сфере **L** либо три лиганда, либо шесть. Исходя из брутто-формулы **P** можно сделать вывод, что замещаются только три молекулы воды – более лабильные лиганды, в то время как молекулы CO остаются связанными с центральным атомом.

Ферментативное декарбоксилирование гистидина – отщепление молекулы CO_2 – приводит к гистамину **Q**. Таким образом, соединениям **K**, **L**, **M**, **N**, **O**, **P**, **Q** отвечают следующие структурные формулы:



(14 баллов)

По материалам из статей:

<https://doi.org/10.1002/chem.200204445>

<https://doi.org/10.1007/b101223>

<https://doi.org/10.1007/BF02109492>

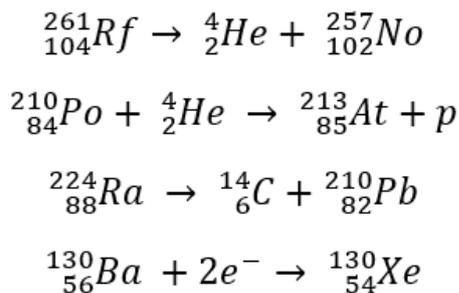
<https://doi.org/10.1021/jm960532j>

2) По основному закону радиоактивного распада

$$\begin{aligned}n_t &= n_0 \exp(-\lambda t) \\T_{1/2} &= 0,693/\lambda \\ \lambda &= 0,693/T_{1/2} \\n_t &= n_0 \exp(-0,693 \cdot t/T_{1/2}) \\n_t &= 11,8 \cdot \exp(-0,693 \cdot 45/(6 \cdot 60)) \\n_t &= 10,8 \text{ ммоль}\end{aligned}$$

(2 балла)

3) Уравнения ядерных реакций:



(4 балла)

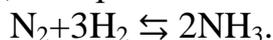
Критерии оценивания:

1. За установление химической формулы **Ж** и структурных формул соединений **Л, М, N, O, P, Q** по 2 балла – всего **14 баллов**.
2. За установление количества вещества **P** – **2 балла**.
3. За уравнения ядерных реакций по 1 баллу – всего **4 балла**.

Итого: 20 баллов

Задача 4. «Очень важный газ». (20 баллов)

Аммиак относится к числу важнейших продуктов химической промышленности, ежегодное его мировое производство превышает 180 млн тонн. Промышленный способ получения аммиака основан на реакции взаимодействия водорода и азота, которая является обратимой:



1. Рассчитайте равновесный выход аммиака при 573 К и давлении 30,3 МПа из 3 моль H_2 и 1 моль N_2 , если, константа равновесия, выраженная через парциальные давления (МПа) реагентов (K_p), равна 0,0074.
2. Для процесса синтеза аммиака, проводимого при высоких давлениях, Ларсоном и Доджем была определена взаимосвязь константы равновесия (выраженной через МПа) и температуры (выраженной в К):

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K_p}} = -\frac{2074,8}{T} + 2,4943 \lg T + \beta T - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + I$$

Вычислите константы равновесия системы при 723 К 1,013 МПа ($\beta = 0$; $I = -1,993$) и при 723 К 30,3 МПа ($\beta = 1,256 \cdot 10^{-4}$; $I = -2,206$), а также равновесные выходы аммиака в данных условиях

3. Сравните результаты, полученные в пунктах 1 и 2. Сделайте выводы о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака. Объясните причины такого влияния.

4. Напишите уравнения реакций взаимодействия аммиака с калием, раствором сульфата меди, оксидом азота (I) (t°), азотистоводородной кислотой и серной кислотой.

5. Укажите примеры использования аммиака в химической промышленности.

Для справки:

1. *Парциальное давление (лат. partialis «частичный») - давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объём, равный объёму смеси при той же температуре. Общее давление газовой смеси является суммой парциальных давлений её компонентов.*

Парциальное давление отдельных компонентов газов в идеальном газе рассчитывается по формуле: $p_i = x_i \cdot P$, где x_i - мольная доля компонента газовой смеси, P - общее давление газовой смеси.

2. *Равновесный выход продукта – это отношение количества продукта реакции в момент равновесия к начальному количеству одного из реагентов (взятого не в избытке) с учетом стехиометрических коэффициентов.*

Ответ:

1. Допустим, что в реакцию вступило x моль N_2 , тогда прореагировало $3x$ моль H_2 и образовалось $2x$ моль NH_3 .

$$n(N_2) + n(H_2) + n(NH_3) = (1-x) + (3-3x) + 2x = 4 - 2x.$$

Парциальные давления отдельных компонентов смеси:

$$p_{NH_3} = \frac{2x}{4-2x} \cdot P; \quad p_{N_2} = \frac{1-x}{4-2x} \cdot P; \quad p_{H_2} = \frac{3-3x}{4-2x} P$$

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} p_{H_2}^3}$$

$$K_p = K_x \cdot P^{-2} = \frac{\left(\frac{2x}{4-2x}\right)^2}{\left(\frac{1-x}{4-2x}\right)\left(\frac{3-3x}{4-2x}\right)^3 P^2} = \frac{4x^2(4-2x)^2}{(1-x)(3-3x)^3 30,3^2}$$

$$= 0,0074.$$

$$\frac{4x^2(4-2x)^2}{27(1-x)^4 30,3^2} = 0,0074$$

$$\frac{2x(4-2x)}{\sqrt{27}(1-x)^2 30,3} = 0,086$$

$$0,0086(\sqrt{27}(1-x)^2 30,3) = 8x - 4x^2$$

$$13,54(1-2x+x^2) = 8x - 4x^2$$

$$13,54 - 35,08x + 17,54x^2 = 0$$

$X_1 = 1,477$ моль (не удовлетворяет условиям задачи)

$X_2 = 0,522$ моль N_2

Условием задачи удовлетворяет ответ 0,52, значит $n(NH_3) = 2 \cdot 0,52 = 1,044$ моль.

$$\varphi = \frac{n(NH_3)}{2n(N_2)} \times 100\% = \frac{1,044}{2} \times 100\% = 52,2\%$$

$$2. \quad \lg \frac{1}{\sqrt{K}} = -\frac{2074,8}{T} + 2,4943 \lg T + \beta T - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + I$$

При 723 К 1,013 МПа:

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = -\frac{2074,8}{723} + 2,4943 \cdot \lg 723 + 0 \cdot 723 - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot 723^2 - 1,993$$

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = 2,172$$

$$\frac{1}{\sqrt{K}} = 10^{2,172} = 148,59$$

$$\sqrt{K} = \frac{1}{10^{2,172}} = 0,00673$$

$$K = 4,5 \cdot 10^{-5}$$

При 723 К 30,3 МПа:

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = -\frac{2074,8}{723} + 2,4943 \cdot \lg 723 + 1,256 \cdot 10^{-4} \cdot 723 - 1,8564 \cdot 10^{-7} \cdot 723^2 - 2,206$$

$$\lg \frac{1}{\sqrt{K}} = 2,049$$

$$\frac{1}{\sqrt{K}} = 10^{2,049} = 112,10$$

$$\sqrt{K} = \frac{1}{10^{2,049}} = 0,008921$$

$$K = 7,9 \cdot 10^{-5}$$

При температуре T и давлении P определим парциальные давлений компонентов в равновесной смеси:

$$p_{NH_3} = \chi \cdot P; \quad p_{N_2} = \frac{1}{4} P(1 - \chi); \quad p_{H_2} = \frac{3}{4} P(1 - \chi);$$

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} p_{H_2}^3}$$

$$\begin{aligned}\sqrt{K_p} &= \frac{\sqrt{p_{NH_3}^2}}{\sqrt{p_{N_2} p_{H_2}^3}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\left(\frac{3p(1-\chi)}{4}\right)^3}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\frac{27p^3(1-\chi)^3}{64}}} = \frac{\chi \cdot p}{\frac{\sqrt{p(1-\chi)}}{2} \sqrt{\frac{27p^3(1-\chi)^3}{8}}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{0,1875\sqrt{3p^4(1-\chi)^4}} = \frac{\chi \cdot p}{0,1875p^2(1-\chi)^2\sqrt{3}} \\ &= \frac{\chi \cdot p}{0,325p^2(1-\chi)^2} = \frac{\chi}{0,325p(1-\chi)^2}\end{aligned}$$

$$\frac{1}{\sqrt{K_p}} = \frac{0,325p(1-\chi)^2}{\chi}$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p}$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p}$$

$$\begin{aligned}a(723 \text{ K}; 1,013 \text{ МПа}) &= \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p} = 148,59 \frac{1}{0,325 \cdot 1,013} \\ &= 451,332\end{aligned}$$

$$a(723 \text{ K}; 30,3 \text{ МПа}) = \frac{1}{\sqrt{K_p}} \frac{1}{0,325p} = 112,10 \frac{1}{0,325 \cdot 30,3} = 11,384$$

$$\frac{(1-\chi)^2}{\chi} = a$$

$$(1-\chi)^2 = a\chi$$

$$1 - 2\chi + \chi^2 - a\chi = 0$$

$$1 - \chi(2+a) + \chi^2 = 0$$

При 723 К; 1,013 МПа:

$$\chi(723 \text{ К}, 1,013 \text{ МПа}) = \frac{2+451,332 \pm \sqrt{(2+451,332)^2 - 4}}{2} =$$

$$\frac{453,332 \pm \sqrt{205505,90}}{2} = \frac{453,332 \pm 453,327}{2} = 453,33; 0,0025$$

$\chi_1 = 453,33$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,0025$

При 723 К; 30 МПа:

$$\chi(723) = \frac{2+11,384 \pm \sqrt{(2+11,384)^2 - 4}}{2} = \frac{13,384 \pm \sqrt{175,131}}{2} = \frac{13,384 \pm 13,234}{2} =$$

13,309; 0,075

$\chi_1 = 13,309$ – посторонний корень

$\chi_2 = 0,075$

Равновесный выход аммиака:

При 723 К, 1,013 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,0025$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4}(1 - 0,0025) = \frac{0,9975}{4} = 0,249 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4}(1 - 0,0025) = \frac{3 \cdot 0,9975}{4} = 0,748 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,0025}{2} = 0,00125 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} = 0,00125 \text{ моль} + 0,249 \text{ моль} = 0,250 \text{ моль}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,0025}{2 \cdot 0,250} = \frac{0,0025}{0,5} \times 100\% = 0,5 \%$$

При 723 К, 30 МПа:

Пусть в момент равновесия образовалось 1 моль смеси, тогда $n(\text{NH}_3) = 0,075$ моль.

$$n(\text{N}_2) \text{ ост.} = \frac{1}{4}(1 - 0,075) = \frac{0,925}{4} = 0,2313 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) \text{ ост.} = \frac{3}{4}(1 - 0,075) = \frac{3 \cdot 0,925}{4} = 0,6938 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} = \frac{0,075}{2} = 0,0375 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) \text{ начальное.} = n(\text{N}_2) \text{ прореагир.} + n(\text{N}_2) \text{ ост.} = 0,0375 \text{ моль} + 0,2313 \text{ моль} = 0,2688 \text{ моль}$$

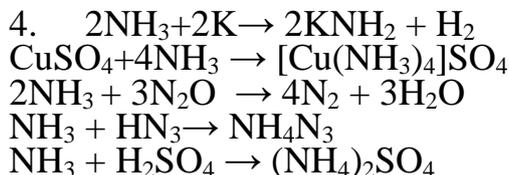
$$\varphi = \frac{n(\text{NH}_3)}{2n(\text{N}_2)_{\text{нач}}} \times 100\% = \frac{0,075}{2 \cdot 0,2688} = \frac{0,075}{0,5376} \times 100\% = 13,95 \%$$

3. Кр при 573 К и давлении 296,077 атм (30,3 МПа) равна **0,0074**
 $\varphi = 52,2 \%$

Кр при 723 К и давлении 10 атм. (1,013 МПа) равна $4,5 \cdot 10^{-5}$.
 $\varphi = 0,5 \%$

Кр при 723 К и давлении 296,077 атм (30,3 МПа) равна $7,9 \cdot 10^{-5}$
 $\varphi = 13,95 \%$

При увеличении давления равновесный выход увеличивается, что связано с уменьшением объема системы в ходе реакции и, следовательно, смещением равновесия в сторону продуктов. При повышении температуры выход снижается, поскольку реакция $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ - экзотермическая, и равновесие смещается в сторону реакции, идущей с поглощением теплоты. Процесс синтеза аммиака требует высоких давлений и температур, а также использования катализатора, но выход продукта довольно низкий, поэтому в промышленности используют рецикл непрореагировавшей азото-водородной смеси.



5. Аммиак в основном используется для производства азотных удобрений (нитрат и сульфат аммония, мочевины), взрывчатых веществ и полимеров, азотной кислоты (контактным методом), соды (по аммиачному методу) и других продуктов химической промышленности. Жидкий аммиак используют в качестве растворителя.

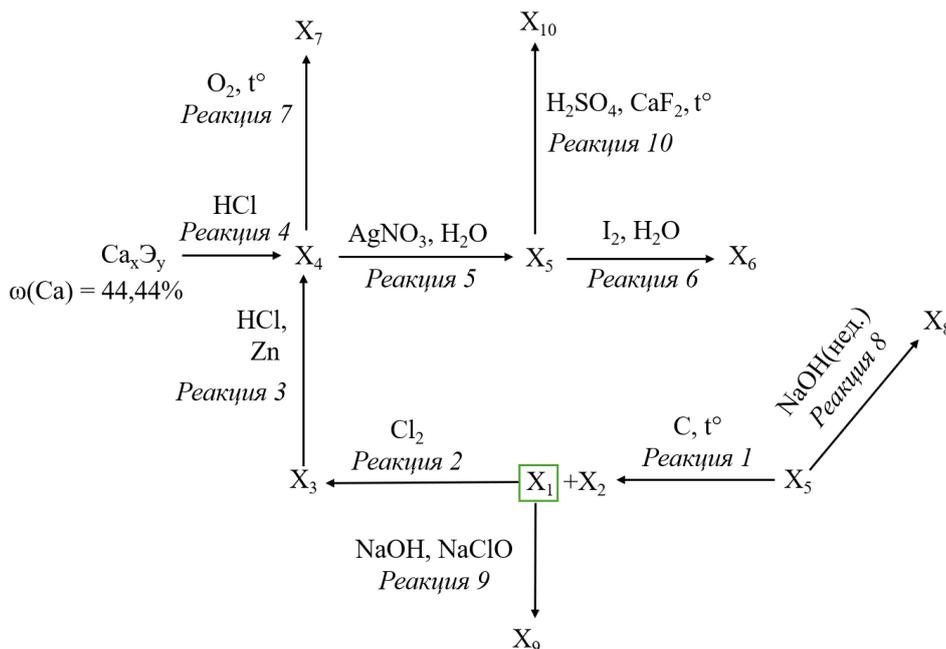
Критерии оценивания:

1. За расчет равновесного выхода аммиака при 723 К и 1,013 МПа атм. – 2 балла
2. За вычисление константы равновесия системы при 723 К (30,3 МПа) и 573 К (30,3 МПа) – по 2 балла – 4 балла
3. За вычисление равновесного выхода аммиака при 723 К (30,3 МПа) и 573 К (30,3 МПа) – по 2 балла – 4 балла
4. За аргументированный вывод о влиянии температуры и давления на процесс синтеза аммиака – 3 балла.
5. За верное написание уравнений аммиака с кислородом (t° , кат = Rh,Pt), оксидом меди (II) (t°), натрием (-33°C), магнием (t°) и этановой кислотой – по 1 баллу – 5 баллов
6. За указание примеров использования аммиака в химической промышленности – 2 балла.

Итого 20 баллов

Задание 5. «Глубоко в тело проникающий, несчастный яд».
(20 баллов)

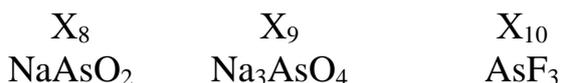
Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей последовательности превращений, и определите вещества X_1 - X_{10} :



Известно, что X_1 – простое вещество, X_2 – несолеобразующий оксид, X_4 – газ при н.у., X_5 – оксид, X_6 – кислота, X_7 – оксид, который при нормальных

условиях находится в жидком состоянии, X_8 – соль, в которой массовая доля натрия 17,69 %, X_9 – соль кислоты X_6 , а X_{10} – бесцветная токсичная жидкость с неприятным запахом, разлагается в воде с образованием X_5 и кислоты.

Ответ:



1. $As_2O_3 + 3C \rightarrow 2As + 3CO$
2. $2As + 3Cl_2 \rightarrow 2AsCl_3$
3. $AsCl_3 + 3Zn + 3HCl \rightarrow AsH_3 + 3ZnCl_2$
4. $Ca_3As_2 + 6HCl \rightarrow 3CaCl_2 + 2AsH_3$
5. $2AsH_3 + 12AgNO_3 + 3H_2O \rightarrow 12Ag + As_2O_3 + 12HNO_3$
6. $As_2O_3 + I_2 + 5H_2O \rightarrow 2H_3AsO_4 + 4HI$
7. $2AsH_3 + 3O_2 \rightarrow As_2O_3 + 3H_2O$
8. $As_2O_3 + 2NaOH(\text{нед}) \rightarrow 2NaAsO_2 + H_2O$
9. $2As + 6NaOH + 5NaOCl \rightarrow 2Na_3AsO_4 + 5NaCl + 3H_2O$
10. $As_2O_3 + 3H_2SO_4 + 3CaF_2 \rightarrow 2AsF_3 + 3CaSO_4 + 3H_2O$

Критерии оценивания:

За установление веществ X_1 - X_{10} – по 1 баллу – 10 баллов

За верное написание уравнений реакций 1-10 – по 1 баллу – 10 баллов

Итого: 20 баллов

Периодическая система химических элементов



3.0-RU/EN-W

1																	18	
1	H 1 1,008 +1 Водород Hydrogen																	He 2 4,0026 0 Гелий Helium
2	Li 3 6,94 +1 Литий Lithium	Be 4 9,0122 +2 Бериллий Beryllium															Ne 10 20,1798 0 Неон Neon	
3	Na 11 22,9898 +1 Натрий Sodium	Mg 12 24,305 +2 Магний Magnesium															Ar 18 39,95 0 Аргон Argon	
4	K 19 39,0983 +1 Калий Potassium	Ca 20 40,078 +2 Кальций Calcium	Sc 21 44,9559 +3 Скандий Scandium	Ti 22 47,867 +4 Титан Titanium	V 23 50,9415 +5 Ванадий Vanadium	Cr 24 51,9961 +3 Хром Chromium	Mn 25 54,938 +2 Марганец Manganese	Fe 26 55,845 +3 Железо Iron	Co 27 58,9332 +2 Кобальт Cobalt	Ni 28 58,6934 +2 Никель Nickel	Cu 29 63,546 +2 Медь Copper	Zn 30 65,38 +2 Цинк Zinc	Ga 31 69,723 +3 Галлий Gallium	Ge 32 72,63 +4 Германий Germanium	As 33 74,9216 +3 Мышьяк Arsenic	Se 34 78,971 +4 Селен Selenium	Br 35 79,904 -1 Бром Bromine	Kr 36 83,798 0 Криптон Krypton
5	Rb 37 85,4678 +1 Рубидий Rubidium	Sr 38 87,62 +2 Стронций Strontium	Y 39 88,9058 +3 Иттрий Yttrium	Zr 40 91,224 +4 Цирконий Zirconium	Nb 41 92,9064 +5 Ниобий Niobium	Mo 42 95,95 +4 Молибден Molybdenum	Tc 43 96,9064 +7 Технеций Technetium	Ru 44 101,07 +4 Рутений Ruthenium	Rh 45 102,9055 +3 Родий Rhodium	Pd 46 106,42 +2 Палладий Palladium	Ag 47 107,8682 +1 Серебро Silver	Cd 48 112,414 +2 Кадмий Cadmium	In 49 114,818 +3 Индий Indium	Sn 50 118,71 +4 Олово Tin	Sb 51 121,76 +3 Сурьма Antimony	Te 52 127,6 +4 Теллур Tellurium	I 53 126,9045 -1 Иод Iodine	Xe 54 131,293 0 Ксенон Xenon
6	Cs 55 132,9055 +1 Цезий Caesium	Ba 56 137,327 +2 Барий Barium	La 57 138,9055 +3 Лантан Lanthanum	Hf 72 178,486 +4 Гафний Hafnium	Ta 73 180,9479 +5 Тантал Tantalum	W 74 183,84 +6 Вольфрам Tungsten	Re 75 186,207 +7 Рений Rhenium	Os 76 190,23 +4 Осмий Osmium	Ir 77 192,217 +4 Иридий Iridium	Pt 78 195,084 +2 Платина Platinum	Au 79 196,9666 +3 Золото Gold	Hg 80 200,592 +2 Ртуть Mercury	Tl 81 204,383 +1 Таллий Thallium	Pb 82 207,2 +2 Свинец Lead	Bi 83 208,9804 +3 Висмут Bismuth	Po 84 208,9824 +4 Полоний Polonium	At 85 [210] -1 Астат Astatine	Rn 86 [222] 0 Радон Radon
7	Fr 87 [223] +1 Франций Francium	Ra 88 226,0254 +2 Радий Radium	Ac 89 227,0278 +3 Актиний Actinium	Rf 104 [267] (+4) Резерфордий Rutherfordium	Db 105 [268] (+5) Дубний Dubnium	Sg 106 [269] (+6) Сибгоргий Seaborgium	Bh 107 [270] (+7) Борий Bohrium	Hs 108 [269] (+8) Хассий Hassium	Mt 109 [278] ? Мейтнерий Meitnerium	Ds 110 [281] ? Дармштадтий Darmstadtium	Rg 111 [282] ? Рентгений Roentgenium	Cn 112 [285] (+2) Коперниций Copernicium	Nh 113 [286] ? Нихоний Nihonium	Fl 114 [290] ? Флеровий Flerovium	Mc 115 [290] ? Московский Moscovium	Lv 116 [293] ? Ливерморий Livermorium	Ts 117 [294] ? Теннесси Tennessine	Og 118 [294] ? Оганесон Oganesson

символ — **Po** — атомный номер — **84**

стандартная атомная масса — **208,9824** — устойчивая степень окисления — **+4**

название на русском — **Полоний** — относительный размер атома

на английском — **Polonium** — радиоактивный

полуметалл

s-элементы

p-элементы

d-элементы

f-элементы



Ce 58 140,116 +3 Церий Cerium	Pr 59 140,9077 +3 Празеодим Praseodymium	Nd 60 144,242 +3 Неодим Neodymium	Pm 61 [145] +3 Прометий	Sm 62 150,36 +3 Самарий Samarium	Eu 63 151,964 +3 Европий Europium	Gd 64 157,25 +3 Гадолиний Gadolinium	Tb 65 158,9254 +3 Тербий Terbium	Dy 66 162,5 +3 Диспрозий Dysprosium	Ho 67 164,9303 +3 Гольмий Holmium	Er 68 167,259 +3 Эрбий Erbium	Tm 69 168,9342 +3 Тулий Thulium	Yb 70 173,045 +3 Иттербий Ytterbium	Lu 71 174,9668 +3 Лютеций Lutetium
Th 90 232,0377 +4 Торий Thorium	Pa 91 231,0359 +5 Протактиний Protactinium	U 92 238,0289 +6 Уран Uranium	Np 93 237,0482 +5 Нептуний Neptunium	Pu 94 [244] +3 Плутоний Plutonium	Am 95 [243] +3 Америций Americium	Cm 96 [247] +3 Кюрий Curium	Bk 97 [247] +3 Берклий Berkelium	Cf 98 [251] +3 Калифорний Californium	Es 99 [252] +3 Эйнштейний Einsteinium	Fm 100 [257] +3 Фермий Fermium	Md 101 [258] +3 Менделевий Mendelevium	No 102 [259] +2 Нобелий Nobelium	Lr 103 [266] +3 Лоуренсий Lawrencium

Приведённые в периодической системе данные актуальны по состоянию на 01.09.2023 года. Названия химических элементов указаны в соответствии с номенклатурой IUPAC (Международного союза теоретической и прикладной химии). Данные о стандартных атомных массах предоставлены Комиссией IUPAC по изотопному содержанию и атомным массам (CIAAW), Королевским химическим обществом (RSC), Американским физическим обществом и Объединённым институтом ядерных исследований (Россия). Визуализация атомных радиусов основана на информации Кембриджской базы структурных данных (CSD). Разработано на основе варианта дизайна ПСХЭ от научно-популярного проекта «Химия – просто». Дизайнер: Андрей Зверев (<http://vk.com/ansvart>).

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

	H ⁺	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	–	–	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	–	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P	?	P	P	H	H	H	M	?
S ²⁻	P	P	P	P	P	–	–	–	H	–	–	H	–	H	H	H	H	H	H	H
HS ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	–	H	?	?	M	H	H	H	?	?
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	M	–	H	P	P
HSO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	?	?	?	–	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	M	?	?	?	?
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	–	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO ₄ ²⁻	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	H	?	?	?	M	H	?
H ₂ PO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	P	P	P	?	–	?	?
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	–	H	H	H	H	H	?	H
HCO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	P	?	?
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P	–	P	P	P	P	P	–	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	H	H	?	?	H	?	?
MnO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	P	?	?	H	H	M	?	P
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	P	P	H	?	?	?	H	H	H	H	H	H	H	H
ClO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	P	P	P	P	?	P
ClO ₄ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	P

«P» – растворяется (> 1 г на 100 г H₂O);

«M» – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H₂O)

«H» – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды); «–» – в водной среде разлагается

«?» – нет достоверных сведений о существовании соединений

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H₂) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

активность металлов уменьшается →