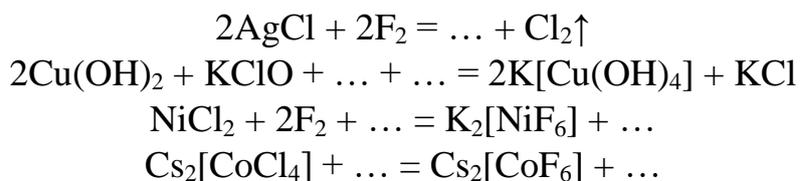


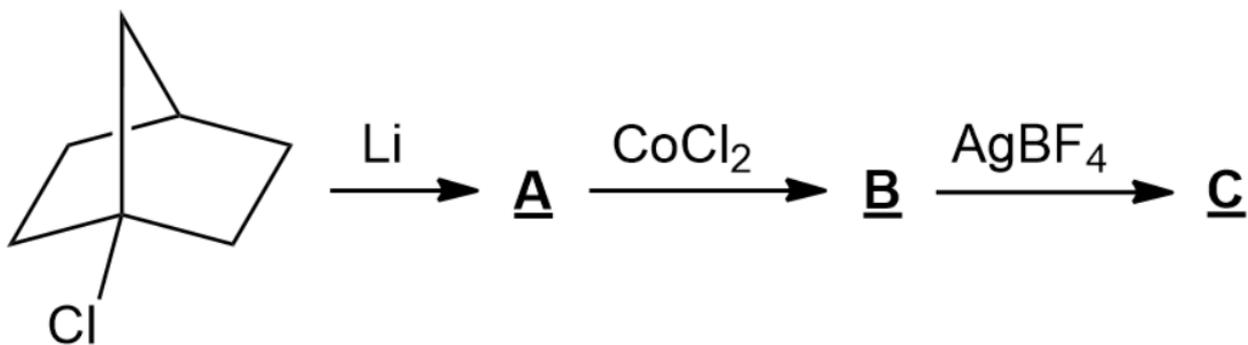
Химия. 11 класс Вариант 1

Задание 1. Одним из интереснейших направлений исследований в современном химическом синтезе является получение соединений химических элементов в необычных или нестабильных степенях окисления. Ещё сравнительно недавно считалось, что максимальная степень окисления, которую могут проявлять химические элементы, равна +8, однако в 2010 году группа из немецких и финских учёных при помощи квантово-химических расчётов предсказала, что иридий может проявлять степень окисления +9, после чего, в 2014 году, это было экспериментально подтверждено. Для проверки этой гипотезы иридиевую мишень облучали импульсным лазером и обрабатывали подаваемой под давлением смесью аргона и кислорода, в результате чего был выделен и охарактеризован катион $[\text{IrO}_4]^+$. Также было предсказано, что платина может образовывать катион $[\text{PtO}_4]^{2+}$, проявляя при этом формальную степень окисления +10, однако на данный момент подтвердить эту гипотезу экспериментально ещё не удалось.

1. Приведите примеры двух химических соединений, в которых по меньшей мере один элемент проявляет степень окисления +8.
2. Заполните пропуски в уравнениях следующих химических реакций, если известно, что в продуктах каждой из них один или несколько химических элементов проявляют необычные и/или неустойчивые степени окисления. Укажите окислители и восстановители. Как изменяются их степени окисления?



Интересным подходом к получению соединений металлов в необычных степенях окисления является связывание центрального атома в комплекс с органическими лигандами или в металлоорганическое соединение с объёмными органическими радикалами. К примеру, кобальт, как правило, проявляет степени окисления +2 и +3, однако в ряде металлоорганических соединений, таких как тетраakis(1-норборнил)кобальт(IV) **В** и его соль **С**, он стабилен в степенях окисления +4 и +5 соответственно. Для их получения можно использовать следующий способ:

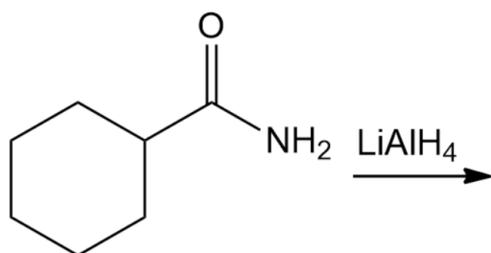


3. Установите структурные формулы веществ **A**, **B**, **C** и напишите уравнения реакций их получения, если известно, что в реакции превращения **A** → **B** катион Co^{2+} диспропорционирует с выделением Co^0 , а в **B** → **C** образуется всего два продукта, один из которых – металлическое серебро. Для записи органических и металлоорганических веществ используйте структурные формулы.

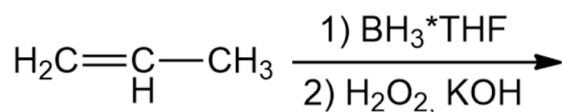
(22 балла)

Задание 2. Установите строение основных органических продуктов следующих химических реакций:

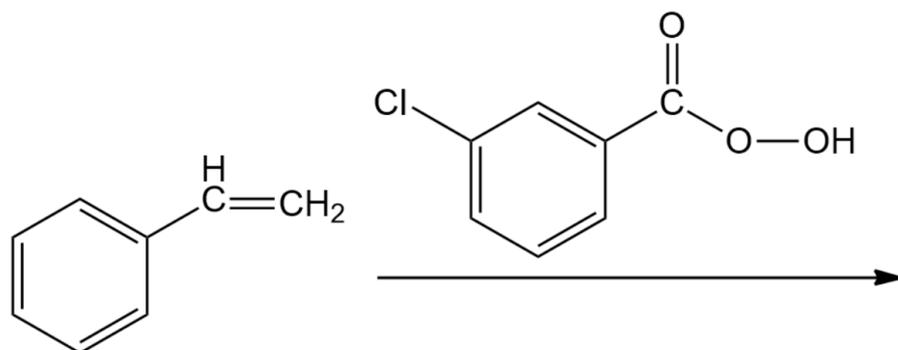
1.



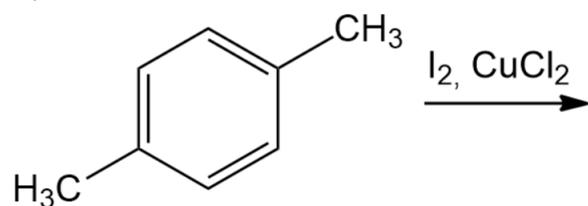
2.

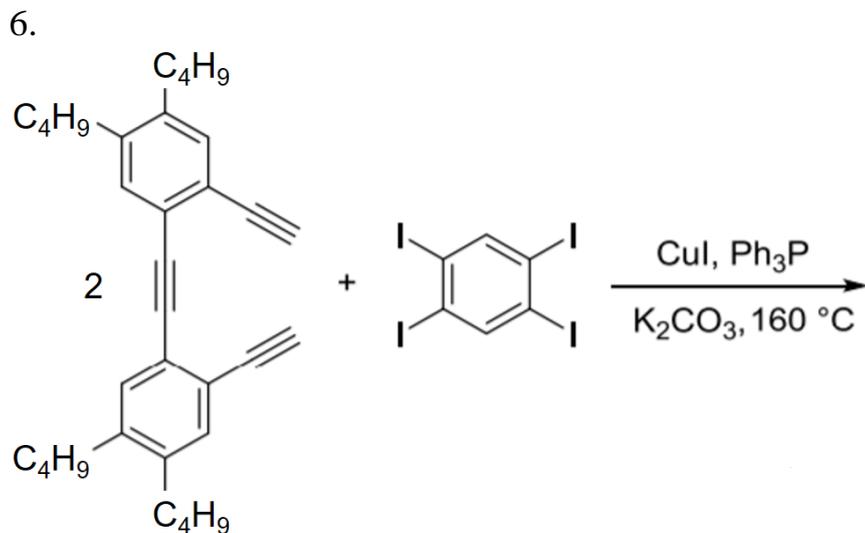
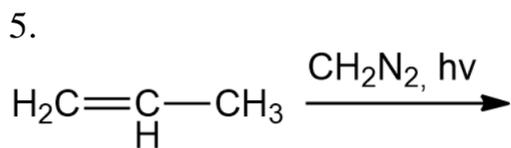


3.



4.





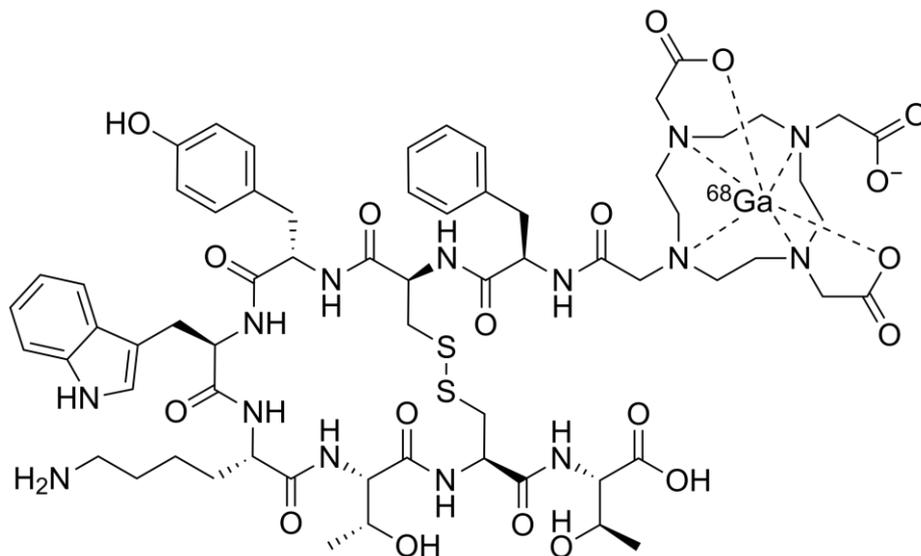
* THF – тетрагидрофуран.

Известно, что реакция 4 протекает по механизму электрофильного ароматического замещения, в реакции 5 образуется циклический продукт, а в структуре продукта реакции 6 есть 12-членные циклы.

(18 баллов)

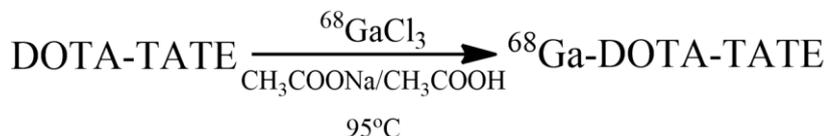
Задание 3. Галлий-68 – искусственный радионуклид, широко применяющийся в медицинской практике для визуализации ряда опухолей методом позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ).

Одним из наиболее часто используемых радиофармацевтических лекарственных препаратов в ПЭТ-диагностике на основе галлия-68 является хелатный комплекс ^{68}Ga -DOTA-TATE.



Галлий-68 преимущественно (87%) распадается посредством позитронного распада (период полураспада равен 67,71 мин).

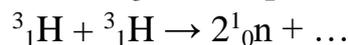
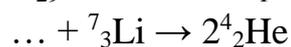
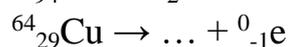
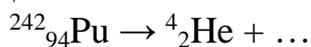
1. Запишите схему позитронного распада радионуклида ^{68}Ga .
2. Один из возможных способов синтеза $^{68}\text{Ga-DOТА-TATE}$ происходит по схеме:



Установите длительность указанного синтеза (в час.) (выход реакции считать 100%), если известно, что $n_{\text{исх}}(^{68}\text{Ga}) = 0,0079$ нмоль, $n_{\text{исх}}(\text{DOТА-TATE}) = 0,0091$ нмоль, а активность полученного продукта составила 653,2 МБк. Чему равна исходная активность ^{68}Ga ? Сколько моль ^{68}Ga распалось за время синтеза?

$n_{\text{исх}}$ – количество вещества в начальный момент времени

3. Закончите схемы ядерных реакций:



Справочные данные:

Закон радиоактивного распада:

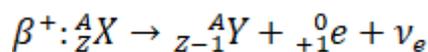
$$N_t = N_0 \exp(-\lambda t),$$

где N_t – число атомов к моменту времени t , N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада.

Активность радиоактивного источника (A) – это число распадов в единицу времени [$\text{с}^{-1} = \text{Бк}$].

$$A_t = \lambda N_t$$

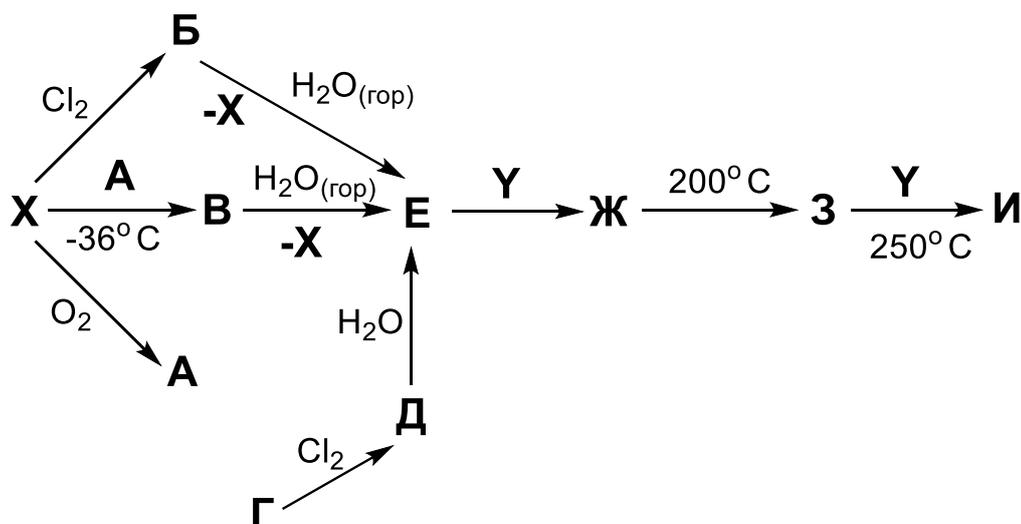
Схема позитронного распада (β^+):



Приставки	Множитель
Мега (М)	10^6
Нано (н)	10^{-9}

(20 баллов)

Задание 4. На схеме представлены превращения соединений, каждое из которых содержит очень распространенный в природе элемент Э.



Бесцветный газ **X** может быть окислен кислородом до соединения **A** (реакция 1). При взаимодействии **X** с **A** при $-36^\circ C$ образуется термически нестабильное соединение **B** (реакция 2), которое при контакте с горячей водой переходит в соединение **E**, при этом выделяется газ **X** (реакция 3). При взаимодействии **X** с хлором образуется оранжево-желтый газ **B** (реакция 4), который реагирует с горячей водой, с образованием соляной кислоты и соединения **E**, при этом выделяется газ **X** (реакция 5). **E** может быть получено и другим путем: при взаимодействии сухого вещества **Г** с хлором происходит выделение кислорода, образование соли, которая не растворяется в воде и соединения **D** (реакция 6), которое реагирует с водой с получением **E** (реакция 7). **E** реагирует с безводным **Y** с получением соли **Ж** (реакция 8). Соединение **Ж** разлагается при нагревании около $200^\circ C$ с выделением газа **З** с характерным сладковатым запахом. Этот газ способен разрушать атмосферный озон (реакция 9). При нагревании **З** с **Y** происходит образование простого вещества **И** элемента Э (реакция 10).

Известно, что массовая доля элемента Э в **Y** примерно в 1.765 раз больше, чем в **X**, а массовая доля Э в веществе **B** составляет 36.8%.

1. Расшифруйте элемент Э и соединения **A-И**, **X** и **Y**.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

(17 баллов)

Задание 5. В таблице представлена информация о бинарных соединениях **A-B** элемента **X** и бинарных соединениях **Г-Е** элемента **Y** (второй элемент у них одинаковый):

Соединение	Физические свойства (н.у.)	Массовая доля
А	Бесцветный газ	
Б	Бесцветный газ	$W(\text{X}) = 38.4\%$
В	Бесцветный газ	
Г	Бесцветная жидкость	
Д	Светло-желтая жидкость	
Е	Жидкость золотисто-красного цвета	$W(\text{Y}) = 80.8\%$

Вещества **А-Е** реагируют с SiO_2 . Среди продуктов реакции - кислород и газ **Ж**, содержащий кремний. В таблице ниже представлены данные о количествах **А-Е**, взятых для реакции, и массе пероксида бария, который выделяет такое же количество кислорода при своем термическом разложении:

Соединение	Количество исходного соединения	Масса BaO_2 , г
А	4.64 л (80 кПа, -25°C)	15.2
Б	3.11 л (90 кПа, 24°C)	28.7
В	3.82 л (60 кПа, 40°C)	37.2
Г	4.7 мл ($d = 2.47$ г/мл)	28.0
Д	9.3 мл ($d = 2.80$ г/мл)	48.2
Е	12.1 мл ($d = 2.15$ г/мл)	22.2

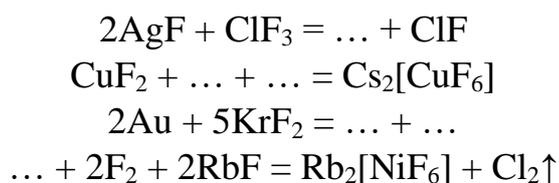
- 1) Какие элементы скрываются под литерами **Х** и **У**?
- 2) Расшифруйте соединения **А-Ж**.
- 3) Напишите указанные реакции.

(23 балла)

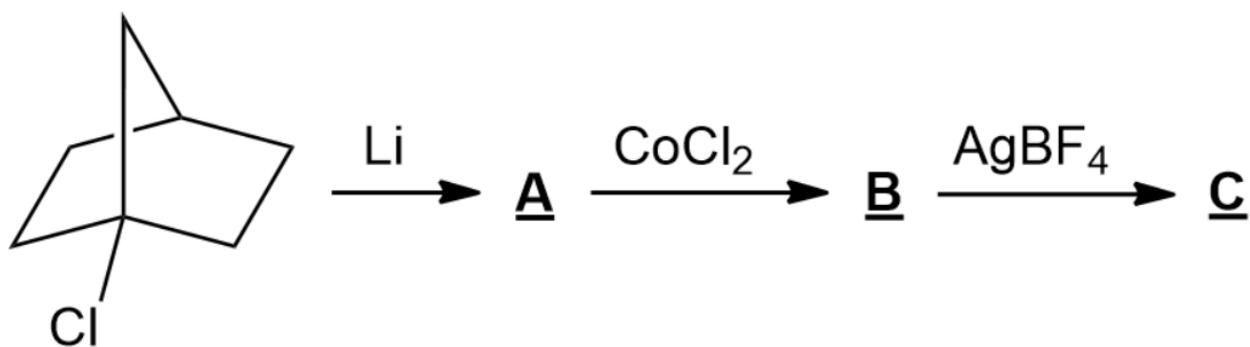
Химия. 11 класс
Вариант 2

Задание 1. Одним из интереснейших направлений исследований в современном химическом синтезе является получение соединений химических элементов в необычных или нестабильных степенях окисления. Ещё сравнительно недавно считалось, что максимальная степень окисления, которую могут проявлять химические элементы, равна +8, однако в 2010 году группа из немецких и финских учёных при помощи квантово-химических расчётов предсказала, что иридий может проявлять степень окисления +9, после чего, в 2014 году, это было экспериментально подтверждено. Для проверки этой гипотезы иридиевую мишень облучали импульсным лазером и обрабатывали подаваемой под давлением смесью аргона и кислорода, в результате чего был выделен и охарактеризован катион $[\text{IrO}_4]^+$. Также было предсказано, что платина может образовывать катион $[\text{PtO}_4]^{2+}$, проявляя при этом формальную степень окисления +10, однако на данный момент подтвердить эту гипотезу экспериментально ещё не удалось.

1. Приведите примеры двух химических соединений, в которых по меньшей мере один элемент проявляет степень окисления +8.
2. Заполните пропуски в уравнениях следующих химических реакций, если известно, что в продуктах каждой из них один или несколько химических элементов проявляют необычные и/или неустойчивые степени окисления. Укажите окислители и восстановители. Как изменяются их степени окисления?



Интересным подходом для получения соединений металлов в необычных степенях окисления является связывание центрального атома в комплекс с органическими лигандами или в металлоорганическое соединение с объёмными органическими радикалами. К примеру, кобальт, как правило, проявляет степени окисления +2 и +3, однако в ряде металлоорганических соединений, таких как тетраакс(1-норборнил)кобальт(IV) **В** и его соль **С**, он стабилен в степенях окисления +4 и +5 соответственно. Для их получения можно использовать следующий способ:

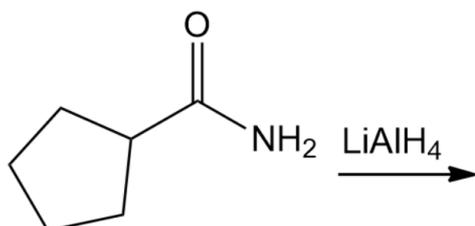


3. Установите структурные формулы веществ A, B, C и напишите уравнения реакций их получения, если известно, что в реакции превращения A \rightarrow B катион Co^{2+} диспропорционирует с выделением Co^0 , а в B \rightarrow C образуется всего два продукта, один из которых – металлическое серебро. Для записи органических и металлоорганических веществ используйте структурные формулы.

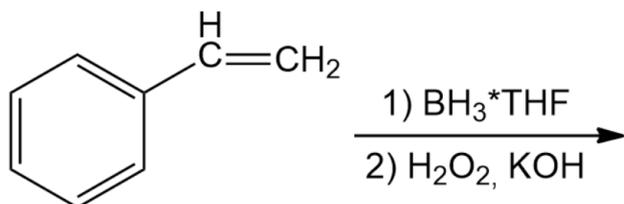
(22 балла)

Задание 2. Установите строение основных органических продуктов следующих химических реакций:

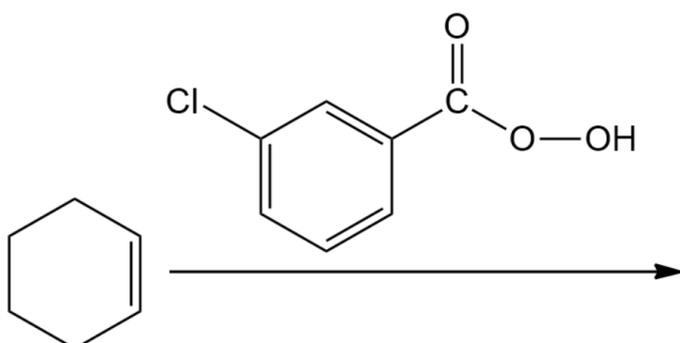
1.

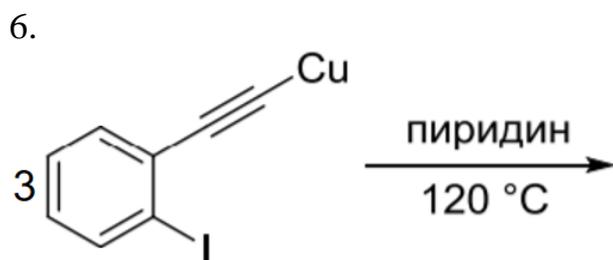
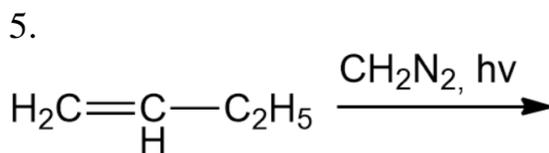
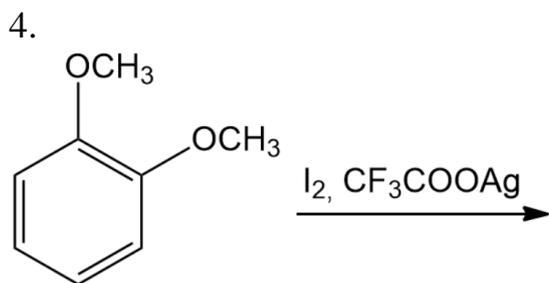


2.



3.





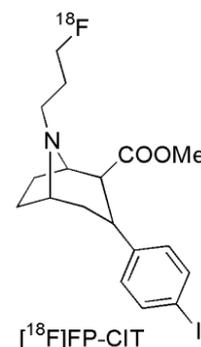
* THF – тетрагидрофуран.

Известно, что реакция 4 протекает по механизму электрофильного ароматического замещения, в реакции 5 образуется циклический продукт, а в структуре продукта реакции 6 есть 12-членный цикл.

(18 баллов)

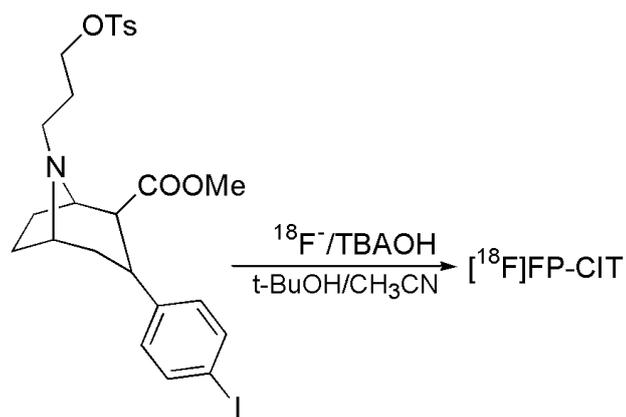
Задание 3. Фтор-18 – самый распространенный техногенный радионуклид, применяющийся в ядерной медицине для диагностики огромного спектра заболеваний методом позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ).

В частности, для оценки степени тяжести болезни Паркинсона в ПЭТ-диагностике используется $[^{18}\text{F}]\text{N}$ -(3-фторпропил)-2 β -карбоксиметокси-3 β -(4-иодфенил)нортропан ($[^{18}\text{F}]\text{FP-CIT}$).



Фтор-18 преимущественно (97%) распадается посредством позитронного распада (период полураспада равен 109,77 мин).

1. Запишите схему позитронного распада радионуклида ^{18}F .
2. Радиофторирование прекурсора (N-[3-(тозилокси)пропил]-2 β -карбоксиметокси-3 β -(4-иодфенил)нортропан) для получения $[^{18}\text{F}]\text{FP-CIT}$ происходит по следующей схеме:

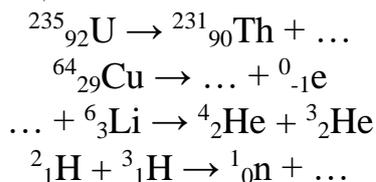


TBAOH – гидроксид тетрабутиламмония
t-BuOH – третбутиловый спирт
Ts - $n\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2$

Установите длительность указанного процесса (в час.) (выход реакции считать 100%), если известно, что $n_{\text{исх}}(^{18}\text{F}) = 0,058$ нмоль, $n_{\text{исх}}(\text{прекурсора}) = 0,095$ нмоль, а активность полученного продукта составила 3,02 ГБк. Чему равна исходная активность ^{18}F ? Сколько моль ^{18}F распалось за время реакции?

$n_{\text{исх}}$ – количество вещества в начальный момент времени

3. Закончите схемы ядерных реакций:



Справочные данные:

Закон радиоактивного распада:

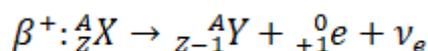
$$N_t = N_0 \exp(-\lambda t),$$

где N_t – число атомов к моменту времени t , N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада.

Активность радиоактивного источника (A) – это число распадов в единицу времени [$\text{с}^{-1} = \text{Бк}$].

$$A_t = \lambda N_t$$

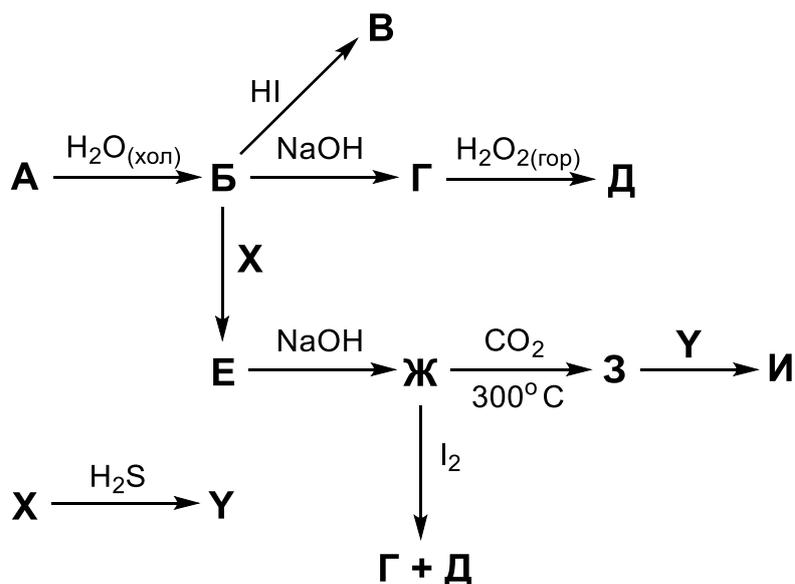
Схема позитронного распада (β^+):



Приставки	Множитель
Гига (Г)	10^9
Нано (н)	10^{-9}

(20 баллов)

Задание 4. На схеме представлены превращения соединений, каждое из которых содержит очень распространенный в природе элемент Э.



Соединение **А** термически нестабильно, при обработке его холодной водой образуется раствор вещества **Б**, проявляющего кислотные свойства (реакция 1). При взаимодействии с иодоводородной кислотой происходит образование бурового осадка и бесцветного газа **В** (реакция 2). При добавлении к **Б** раствора гидроксида натрия происходит образование вещества **Г** (реакция 3), которое при кипячении с перекисью водорода превращается в **Д** (реакция 4). При обработке **Б** веществом **Х** происходит образование соединения **Е** ($w\%(\text{Э}) = 45.2\%$) (реакция 5). Вещество **Е** реагирует с щелочью с получением соли **Ж** (реакция 6). При взаимодействии **Ж** с иодом помимо иодоводородной кислоты происходит образование двух соединений **Г** и **Д** (реакция 7). При нагревании **Ж** в присутствии углекислого газа выделяется газ **З** с характерным сладковатым запахом, способный реагировать с атмосферным озоном (реакция 8). При нагревании **З** с **У** происходит образование простого вещества **И** элемента Э (реакция 9). Интересно отметить, что **У** может быть получен из **Х** при помощи сероводорода (реакция 10). Известно, что массовая доля элемента Э в соединениях **Х** и **У** составляет 42.4% и 82.4% соответственно. Причем молекула соединения **Х** содержит на один атом кислорода больше. Массовая доля элемента Э в веществе **А** - 36.8%.

1. Расшифруйте элемент Э и соединения **А-И**, **Х** и **У**.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

(17 баллов)

Задача 5.

В таблице представлена информация о бинарных соединениях **А-В** элемента **Х** и бинарных соединениях **Г-Е** элемента **У** (второй элемент у них одинаковый):

Соединение	Физические свойства (н.у.)	Массовая доля
А	Жидкость золотисто-красного цвета	
Б	Светло-желтая жидкость	$W(\mathbf{X}) = 58.4\%$
В	Бесцветная жидкость	
Г	Бесцветный газ	$W(\mathbf{Y}) = 27.2\%$
Д	Бесцветный газ	
Е	Бесцветный газ	

Вещества **А-Е** реагируют с SiO_2 . Среди продуктов реакции - кислород и газ **Ж**, содержащий кремний. В таблице ниже представлены данные о количествах **А-Е**, взятых для реакции, и массе пероксида бария, который выделяет такое же количество кислорода при своем термическом разложении:

Соединение	Количество исходного соединения	Масса BaO_2 , г
А	9.3 мл ($d = 2.15$ г/мл)	17.1
Б	8.3 мл ($d = 2.80$ г/мл)	43.0
В	6.7 мл ($d = 2.47$ г/мл)	40.0
Г	19.56 л (10 кПа, 73°C)	28.7
Д	7.94 л (30 кПа, 85°C)	20.3
Е	11.17 л (50 кПа, -33°C)	23.7

- 1) Какие элементы скрываются под литерами **X** и **Y**?
- 2) Расшифруйте соединения **А-Ж**.
- 3) Напишите указанные реакции.

(23 балла)

Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева

Условные обозначения:																		
Атомный номер Символ название <small>(относит. атомная масса*)</small>																		
		s-элементы		p-элементы		d-элементы		f-элементы										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H водород 1.007 94(7)																	
2	Li литий 6.941(2)	Be бериллий 9.012 182(3)																
3	Na натрий 22.989 769 28(2)	Mg магний 24.3050(6)																
4	K калий 39.0983(1)	Ca кальций 40.078(4)	Sc скандий 44.955 912(6)	Ti титан 47.867(1)	V ванадий 50.9415(1)	Cr хром 51.9961(6)	Mn марганец 54.938 045(5)	Fe железо 55.845(2)	Co кобальт 58.933 195(5)	Ni никель 58.6934(2)	Cu медь 63.546(3)	Zn цинк 65.409(4)	Ga галлий 69.723(1)	Ge германий 72.64(1)	As мышьяк 74.921 60(2)	Se селен 78.96(3)	Br бром 79.904(1)	Kr криптон 83.798(2)
5	Rb рубидий 85.4678(3)	Sr стронций 87.62(1)	Y иттрий 88.905 85(2)	Zr цирконий 91.224(2)	Nb ниобий 92.906 38(2)	Mo молибден 95.94(2)	Tc технеций 97.9072(2)	Ru рутений 101.07(2)	Rh родий 102.905 50(2)	Pd палладий 106.42(1)	Ag серебро 107.8682(2)	Cd кадмий 112.411(8)	In индий 114.818(3)	Sn олово 118.710(7)	Sb сурьма 121.760(1)	Te теллур 127.60(3)	I йод 126.904 47(3)	Xe ксенон 131.29(8)
6	Cs цезий 132.905 451 9(2)	Ba барий 137.327(7)	57-71 лантан и лантаноиды	Hf гафний 178.49(2)	Ta тантал 180.947 88(2)	W вольфрам 183.84(1)	Re рений 186.207(1)	Os осмий 190.23(3)	Ir иридий 192.217(3)	Pt платина 195.084(9)	Au золото 196.966 569(4)	Hg ртуть 200.59(2)	Tl таллий 204.3833(2)	Pb свинец 207.2(1)	Bi висмут 208.980 40(1)	Po полоний 209(2)	At астат 209(2)	Rn радон 222(2.176)
7	Fr франций [223]	Ra радий [226]	89-103 актиний и актиноиды	Rf резерфордий [261]	Db дубний [262]	Sg сигборгий [266]	Bh борий [264]	Hs хассий [277]	Mt мейтнерий [268]	Ds дэрмштадтий [271]	Rg ренгений [272]	Cn коперниций [285]	Nh нихоний [286]	Fl флеровий [289]	Mc московий [290]	Lv ливерморий [293]	Ts теннессий [294]	Og оганессон [294]
	La лантан 138.905 47(7)	Ce церий 140.116(1)	Pr прасеодим 140.907 65(2)	Nd неодим 144.242(3)	Pm прометий [145]	Sm самарий 150.36(2)	Eu европий 151.964(1)	Gd гадолиний 157.25(3)	Tb тербий 158.925 35(2)	Dy диспрозий 162.500(1)	Ho гольмий 164.930 32(2)	Er эрбий 167.256(3)	Tm тулий 168.934 21(2)	Yb ytterбий 173.04(3)	Lu лютеций 174.967(1)			
	Ac актиний [227]	Th торий 232.038 06(2)	Pa протактиний 231.036 89(2)	U уран 238.028 91(3)	Np нептуний [237]	Pu плутоний [244]	Am амерций [243]	Cm курий [247]	Bk берклий [247]	Cf калifornий [251]	Es эйзштейний [252]	Fm фермий [257]	Md менделеев [258]	No нобеллий [259]	Lr лоуренсий [262]			

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	M	H	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	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
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	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
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	?	?	?	?	?
Cr ₂ O ₇ ²⁻	P	P	P	P	P	M	P	?	H	?	?	?	?	?	?	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
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

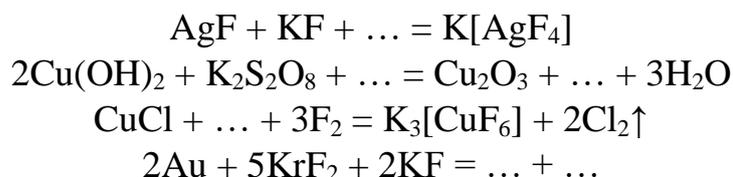
РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

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

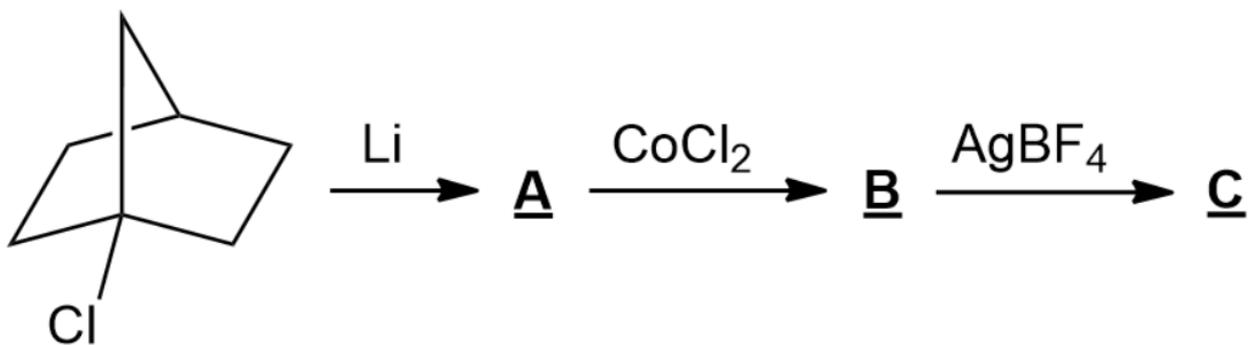
Химия. 11 класс
Вариант 3

Задание 1. Одним из интереснейших направлений исследований в современном химическом синтезе является получение соединений химических элементов в необычных или нестабильных степенях окисления. Ещё сравнительно недавно считалось, что максимальная степень окисления, которую могут проявлять химические элементы, равна +8, однако в 2010 году группа из немецких и финских учёных при помощи квантово-химических расчётов предсказала, что иридий может проявлять степень окисления +9, после чего, в 2014 году, это было экспериментально подтверждено. Для проверки этой гипотезы иридиевую мишень облучали импульсным лазером и обрабатывали подаваемой под давлением смесью аргона и кислорода, в результате чего был выделен и охарактеризован катион $[\text{IrO}_4]^+$. Также было предсказано, что платина может образовывать катион $[\text{PtO}_4]^{2+}$, проявляя при этом формальную степень окисления +10, однако на данный момент подтвердить эту гипотезу экспериментально ещё не удалось.

1. Приведите примеры двух химических соединений, в которых по меньшей мере один элемент проявляет степень окисления +8.
2. Заполните пропуски в уравнениях следующих химических реакций, если известно, что в продуктах каждой из них один или несколько химических элементов проявляют необычные и/или неустойчивые степени окисления. Укажите окислители и восстановители. Как изменяются их степени окисления?



Интересным подходом для получения соединений металлов в необычных степенях окисления является связывание центрального атома в комплекс с органическими лигандами или в металлоорганическое соединение с объёмными органическими радикалами. К примеру, кобальт, как правило, проявляет степени окисления +2 и +3, однако в ряде металлоорганических соединений, таких как тетраакс(1-норборнил)кобальт(IV) **В** и его соль **С**, он стабилен в степенях окисления +4 и +5 соответственно. Для их получения можно использовать следующий способ:

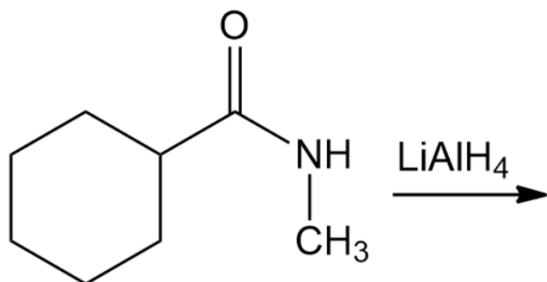


3. Установите структурные формулы веществ **A**, **B**, **C** и напишите уравнения реакций их получения, если известно, что в реакции превращения **A** \rightarrow **B** катион Co^{2+} диспропорционирует с выделением Co^0 , а в **B** \rightarrow **C** образуется всего два продукта, один из которых – металлическое серебро. Для записи органических и металлоорганических веществ используйте структурные формулы.

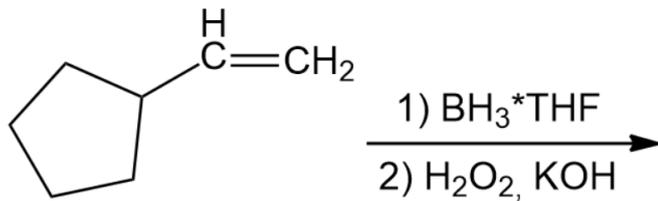
(22 балла)

Задание 2. Установите строение основных органических продуктов следующих химических реакций:

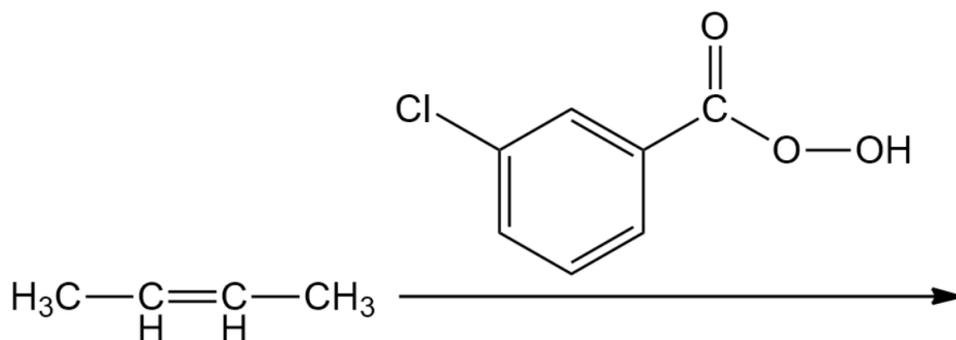
1.

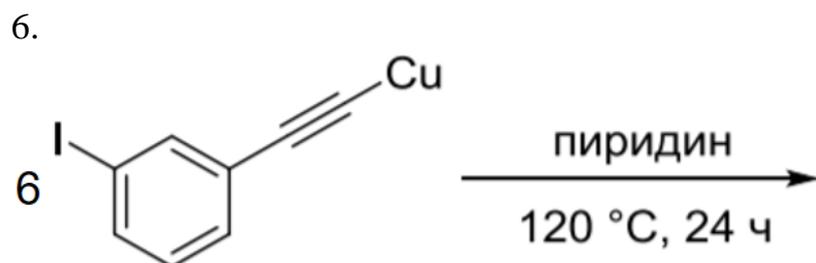
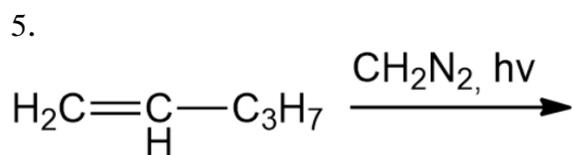
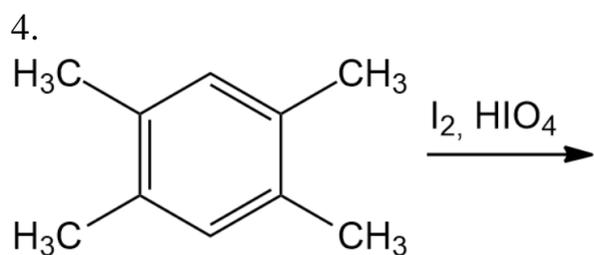


2.



3.





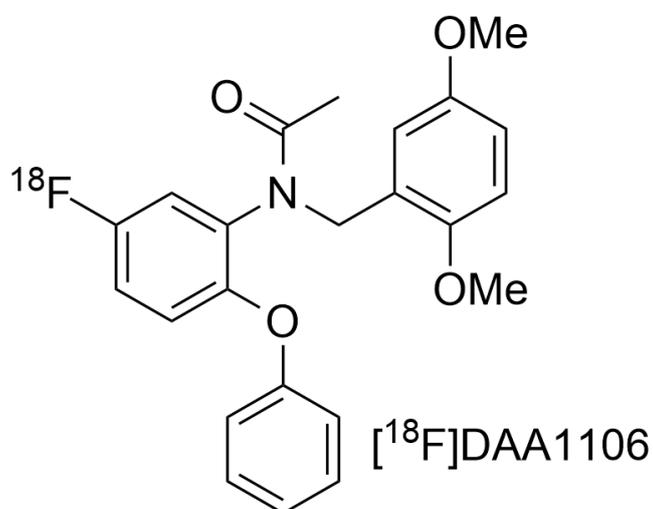
* THF – тетрагидрофуран.

Известно, что реакция 4 протекает по механизму электрофильного ароматического замещения, в реакции 5 образуется циклический продукт, а в структуре продукта реакции 6 есть 30-членный цикл.

(18 баллов)

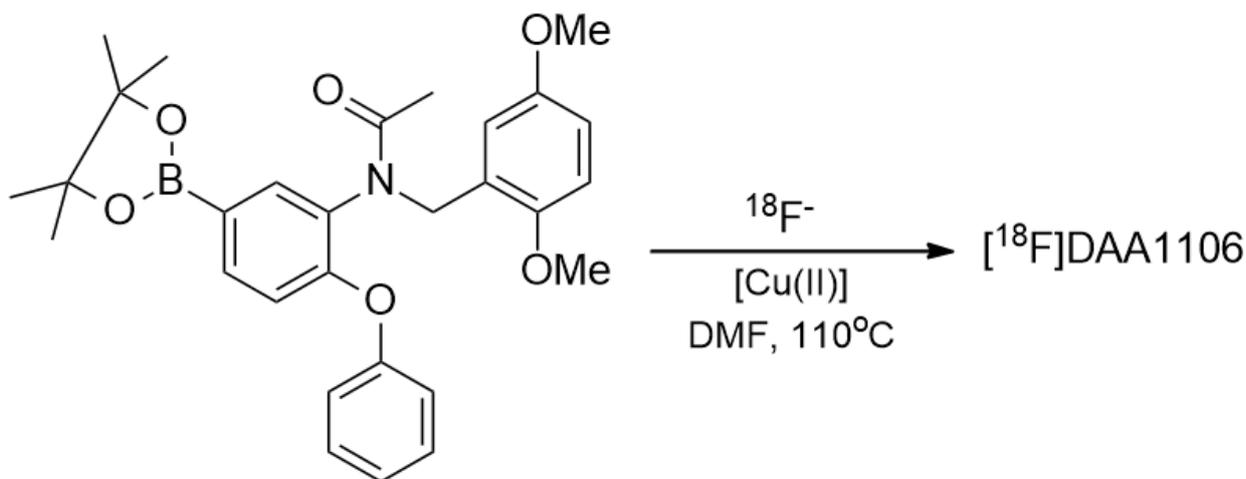
Задание 3. Фтор-18 – самый распространенный техногенный радионуклид, применяющийся в ядерной медицине для диагностики огромного спектра недугов методом позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ).

Для ПЭТ-диагностики ряда нейродегенеративных заболеваний потенциально может применяться [¹⁸F]DAA1106.



Фтор-18 преимущественно (97%) распадается посредством позитронного распада (период полураспада равен 109,77 мин).

1. Запишите схему позитронного распада радионуклида ^{18}F .
2. Радиофторирование борсодержащего прекурсора для получения $[^{18}\text{F}]\text{DAA1106}$ происходит по следующей схеме:



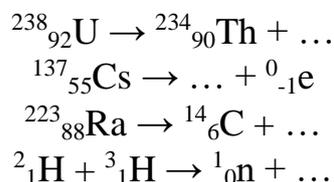
$[\text{Cu(II)}]$ – комплексный катализатор на основе меди(II)
DMF - диметилформамид

Установите длительность указанного процесса (в час.) (выход реакции считать 100%), если известно, что $n_{\text{исх}}(^{18}\text{F}) = 0,062$ нмоль, $n_{\text{исх}}(\text{прекурсора}) = 0,083$ нмоль, а активность полученного продукта составила 3,4 ГБк. Чему равна исходная активность ^{18}F ? Сколько моль ^{18}F распалось за время реакции?

$n_{\text{исх}}$ – количество вещества в начальный момент времени

3. Закончите схемы ядерных реакций:

4.



Справочные данные:

Закон радиоактивного распада:

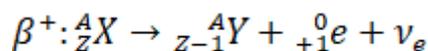
$$N_t = N_0 \exp(-\lambda t),$$

где N_t – число атомов к моменту времени t , N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада.

Активность радиоактивного источника (A) – это число распадов в единицу времени [$\text{с}^{-1} = \text{Бк}$].

$$A_t = \lambda N_t$$

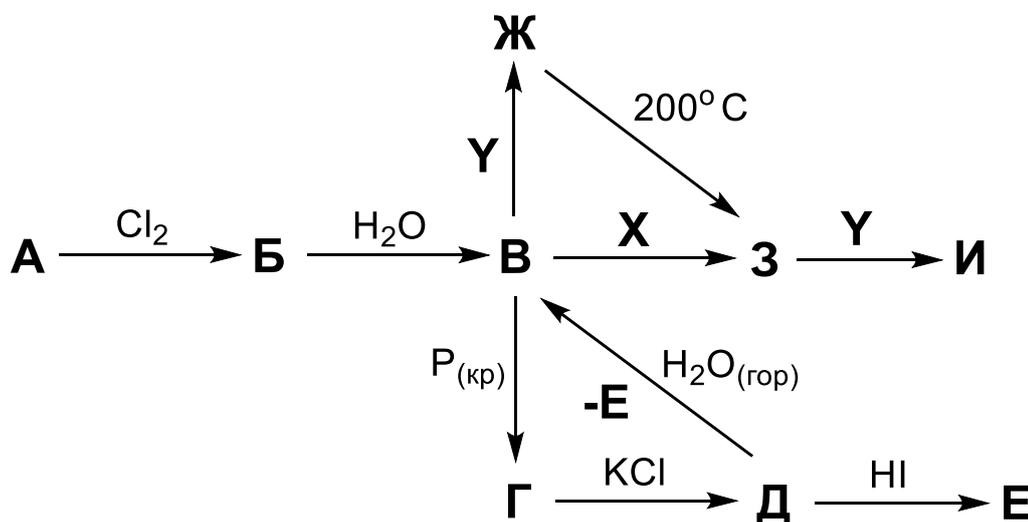
Схема позитронного распада (β^+):



Приставки	Множитель
Гига (Г)	10^9
Нано (н)	10^{-9}

(20 баллов)

Задание 4. На схеме представлены превращения соединений, каждое из которых содержит очень распространенный в природе элемент Э.



Вещество **A** играет большую роль в аналитической химии. При пропускании над сухим **A** хлора происходит выделение кислорода, образование соли, которая не растворяется в воде и соединения **B** (реакция 1), которое реагирует с водой с получением единственного соединения **V** (реакция 2). При взаимодействии соединения **V** с красным фосфором происходит выделение газа **Г** (реакция 3), который в жидком состоянии может реагировать с хлоридом калия с образованием оранжево-желтого газа **Д** (реакция 4) и соли калия. Газ **Д** реагирует с иодоводородной кислотой, в результате образуется бурый осадок и выделяется бесцветный газ **Е** (реакция 5). Газ **Е** также является одним из продуктов взаимодействия **Д** с горячей водой, помимо него образуется также соединение **V** (реакция 6). При обработке **V** безводным **У** образуется соль **Ж** (реакция 7), которая разлагается при нагревании около $200^\circ C$ с выделением газа **З**, являющегося озоноразрушающим веществом (реакция 8). Газ **З** также может быть получен напрямую из соединения **V** при взаимодействии его с веществом **X** (реакция 9). При нагревании **З** с **У** происходит образование простого вещества **И** элемента Э (реакция 10).

Известно, что массовая доля элемента Э в соединениях X и Y составляет 14.4% и 82.4% соответственно. Соединение X является сильной кислотой, содержащей серу. Также дополнительно известно, что массовая доля элемента Э в веществе Б составляет 25.9%.

1. Расшифруйте элемент Э и соединения А-И, X и Y.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

(17 баллов)

Задание 5. В таблице представлена информация о бинарных соединениях А-В элемента X и бинарных соединениях Г-Е элемента Y (второй элемент у них одинаковый):

Соединение	Физические свойства (н.у.)	Массовая доля
А	Бесцветный газ	
Б	Бесцветный газ	
В	Бесцветный газ	W(X) = 65.1%
Г	Жидкость золотисто-красного цвета	
Д	Светло-желтая жидкость	
Е	Бесцветная жидкость	W(Y) = 45.7%

Вещества А-Е реагируют с SiO₂. Среди продуктов реакции - кислород и газ Ж, содержащий кремний. В таблице ниже представлены данные о количествах А-Е, взятых для реакции, и массе пероксида бария, который выделяет такое же количество кислорода при своем термическом разложении:

Соединение	Количество исходного соединения	Масса BaO ₂ , г
А	1.48 л (70 кПа, 38°C)	16.9
Б	5.52 л (50 кПа, 59°C)	25.4
В	6.89 л (90 кПа, -40°C)	27.0
Г	8.1 мл (d = 2.15 г/мл)	14.9
Д	6.3 мл (d = 2.80 г/мл)	32.6
Е	2.7 мл (d = 2.47 г/мл)	16.1

- 1) Какие элементы скрываются под литерами X и Y?
- 2) Расшифруйте соединения А-Ж.
- 3) Напишите указанные реакции.

(23 балла)

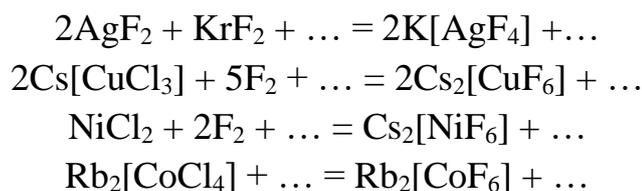
Химия. 11 класс

Вариант 4

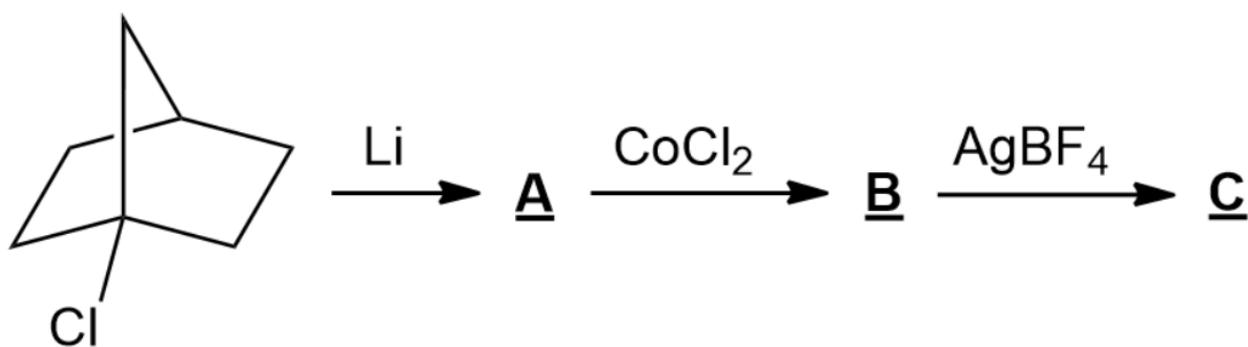
Задача 1.

Одним из интереснейших направлений исследований в современном химическом синтезе является получение соединений химических элементов в необычных или нестабильных степенях окисления. Ещё сравнительно недавно считалось, что максимальная степень окисления, которую могут проявлять химические элементы, равна +8, однако в 2010 году группа из немецких и финских учёных при помощи квантово-химических расчётов предсказала, что иридий может проявлять степень окисления +9, после чего, в 2014 году, это было экспериментально подтверждено. Для проверки этой гипотезы иридиевую мишень облучали импульсным лазером и обрабатывали подаваемой под давлением смесью аргона и кислорода, в результате чего был выделен и охарактеризован катион $[\text{IrO}_4]^+$. Также было предсказано, что платина может образовывать катион $[\text{PtO}_4]^{2+}$, проявляя при этом формальную степень окисления +10, однако на данный момент подтвердить эту гипотезу экспериментально ещё не удалось.

1. Приведите примеры двух химических соединений, в которых по меньшей мере один элемент проявляет степень окисления +8.
2. Заполните пропуски в уравнениях следующих химических реакций, если известно, что в продуктах каждой из них один или несколько химических элементов проявляют необычные и/или неустойчивые степени окисления. Укажите окислители и восстановители. Как изменяются их степени окисления?



Интересным подходом для получения соединений металлов в необычных степенях окисления является связывание центрального атома в комплекс с органическими лигандами или в металлоорганическое соединение с объёмными органическими радикалами. К примеру, кобальт, как правило, проявляет степени окисления +2 и +3, однако в ряде металлоорганических соединений, таких как тетраакс(1-норборнил)кобальт(IV) **В** и его соль **С**, он стабилен в степенях окисления +4 и +5 соответственно. Для их получения можно использовать следующий способ:



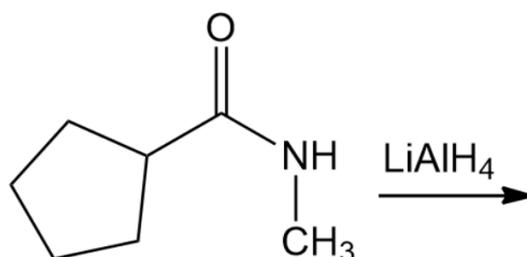
3. Установите структурные формулы веществ **A**, **B**, **C** и напишите уравнения реакций их получения, если известно, что в реакции превращения **A** \rightarrow **B** катион Co^{2+} диспропорционирует с выделением Co^0 , а в **B** \rightarrow **C** образуется всего два продукта, один из которых – металлическое серебро. Для записи органических и металлоорганических веществ используйте структурные формулы.

(22 балла)

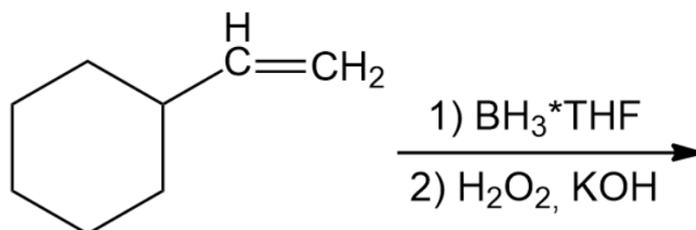
Задача 2.

Установите строение основных органических продуктов следующих химических реакций:

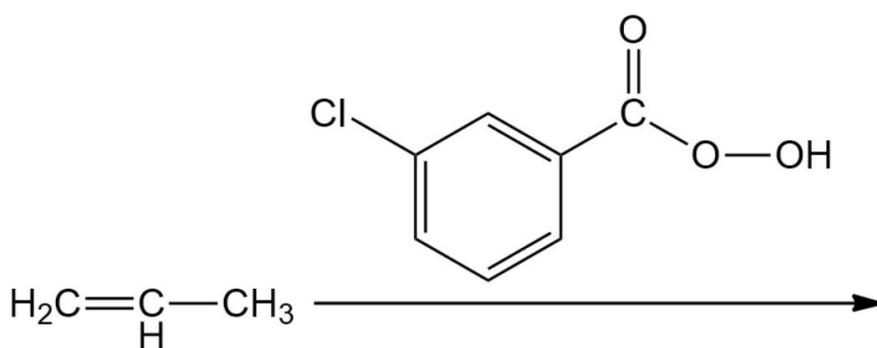
1.



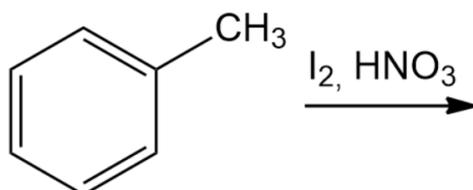
2.



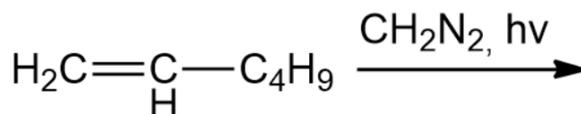
3.



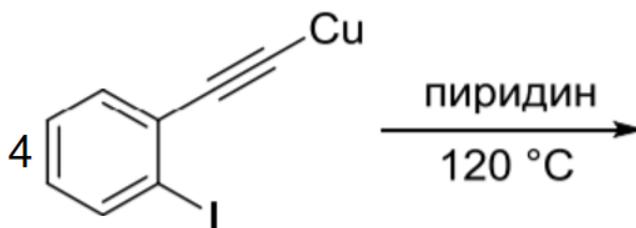
4.



5.



6.



* THF – тетрагидрофуран.

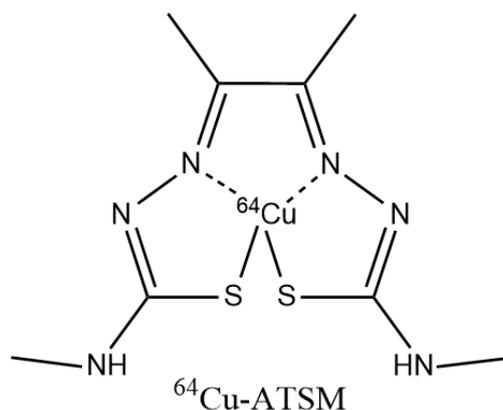
Известно, что реакция 4 протекает по механизму электрофильного ароматического замещения, в реакции 5 образуется циклический продукт, а в структуре продукта реакции 6 есть 16-членный цикл.

(18 баллов)

Задача 3.

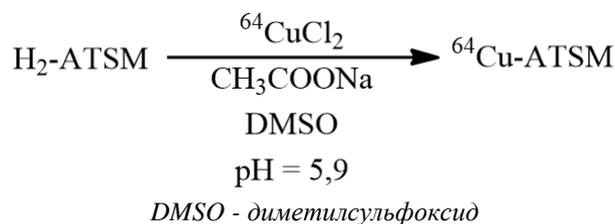
Медь-64 – искусственный радионуклид, применяемый в радионуклидных томографических методах исследования внутренних органов человека.

В частности, одним из способов выявления опухолевой гипоксии является позитронно-эмиссионная томография с ^{64}Cu -ATSM.



Медь-64 может распадаться по четырем разным схемам, одной из которых является позитронный распад с вероятностью 18% (период полураспада равен 12,7 ч).

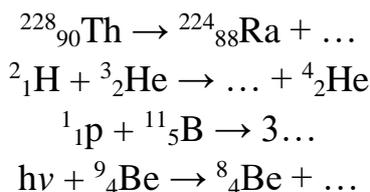
1. Запишите схему позитронного распада радионуклида ^{64}Cu .
2. Один из наиболее известных способов синтеза $^{64}\text{Cu-ATSM}$ происходит по схеме:



Установите длительность указанного синтеза (в час.) (выход реакции считать 100%), если известно, что $n_{\text{исх}}(^{64}\text{Cu}) = 0,0652$ нмоль, $n_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{-ATSM}) = 0,0910$ нмоль, а активность полученного продукта составила 560 МБк. Чему равна исходная активность ^{64}Cu ? Сколько моль ^{64}Cu распалось за время синтеза?

$n_{\text{исх}}$ – количество вещества в начальный момент времени

3. Закончите схемы ядерных реакций:



Справочные данные:

Закон радиоактивного распада:

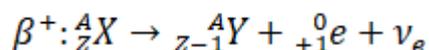
$$N_t = N_0 \exp(-\lambda t),$$

где N_t – число атомов к моменту времени t , N_0 – начальное число атомов, λ – постоянная распада.

Активность радиоактивного источника (A) – это число распадов в единицу времени [$\text{с}^{-1} = \text{Бк}$].

$$A_t = \lambda N_t$$

Схема позитронного распада (β^+):

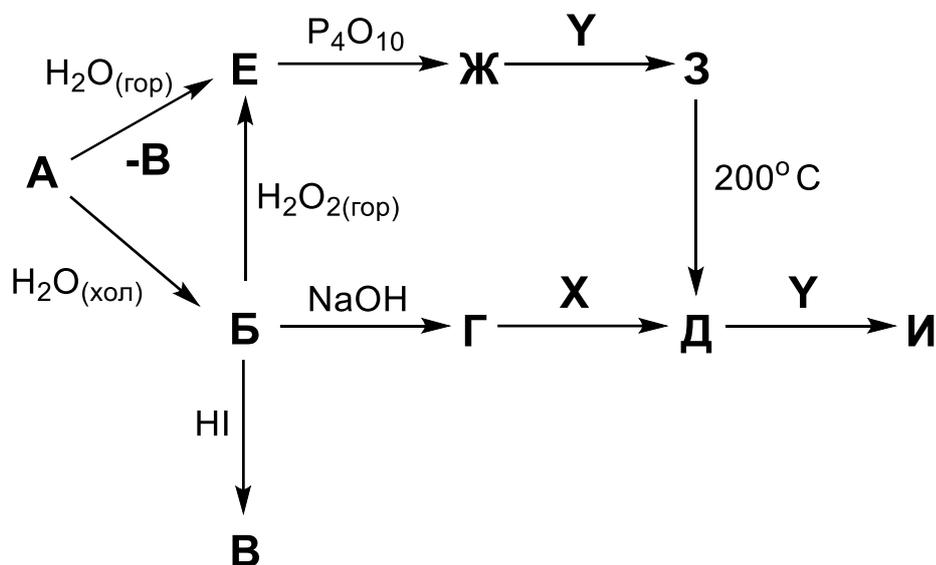


Приставки	Множитель
Мега (М)	10^6
Нано (н)	10^{-9}

(20 баллов)

Задача 4.

На схеме представлены превращения соединений, каждое из которых содержит очень распространенный в природе элемент Э.



Соединение А термически нестабильно, при обработке его холодной водой образуется раствор единственного вещества Б (реакция 1). При взаимодействии с иодоводородной кислотой происходит образование бурового осадка и бесцветного газа В (реакция 2). При добавлении к Б раствор гидроксида натрия происходит образование вещества Г (реакция 3). Взаимодействие Г с веществом Х приводит к образованию газа Д, являющегося озоноразрушающим веществом (реакция 4). Газ Д может быть получен и другим способом: так, при обработке А горячей водой помимо выделения газа В происходит образование соединения Е (реакция 5), которое также может быть получено напрямую из вещества Б при кипячении с концентрированной перекисью водорода (реакция 6). В свою очередь Е реагирует с оксидом фосфора (V) с образованием соединения Ж (реакция 7), обработка которого раствором вещества Y приводит к образованию соли З (реакция 8), разлагающейся при нагревании около 200

°С с выделением газа Д (реакция 9). При нагревании Д с У происходит образование простого вещества И элемента Э (реакция 10).

Известно, что массовая доля элемента Э в соединениях X и Y составляет 20.1% и 82.4% соответственно. Соединение X представляет из себя соль сильной кислоты. Также дополнительно известно, что массовая доля элемента Э в веществе А составляет 36.8%.

1. Расшифруйте элемент Э и соединения А-И, X и Y.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

(17 баллов)

Задача 5.

В таблице представлена информация о бинарных соединениях А-В элемента X и бинарных соединениях Г-Е элемента Y (второй элемент у них одинаковый):

Соединение	Физические свойства (н.у.)	Массовая доля
А	Бесцветная жидкость	
Б	Светло-желтая жидкость	W(X) = 58.4%
В	Жидкость золотисто-красного цвета	
Г	Бесцветный газ	
Д	Бесцветный газ	W(Y) = 38.4%
Е	Бесцветный газ	

Вещества А-Е реагируют с SiO₂. Среди продуктов реакции - кислород и газ Ж, содержащий кремний. В таблице ниже представлены данные о количествах А-Е, взятых для реакции, и массе пероксида бария, который выделяет такое же количество кислорода при своем термическом разложении:

Соединение	Количество исходного соединения	Масса BaO ₂ , г
А	7.7 мл (d = 2.47 г/мл)	45.9
Б	9.3 мл (d = 2.80 г/мл)	48.2
В	8.9 мл (d = 2.15 г/мл)	16.3
Г	15.66 л (60 кПа, -47°С)	42.3
Д	9.09 л (40 кПа, 55°С)	33.8
Е	2.86 л (50 кПа, 34°С)	23.7

- 1) Какие элементы скрываются под литерами X и Y?
- 2) Расшифруйте соединения А-Ж.
- 3) Напишите указанные реакции.

(23 балла)