

11 КЛАСС

(продолжительность – 4 часа; общее количество баллов 100)

(во всех расчётах атомные массы элементов округлены до целых чисел (кроме $A(\text{Cl})=35.5$ г/моль))

Задача 1

Универсальным минеральным удобрением является «нитрофоска», получаемая из апатита, азотной кислоты, аммиака и хлористого калия. Это комплексное удобрение представляет собой смесь следующего состава: $\text{CaHPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 3\text{NH}_4\text{Cl} + 3\text{KNO}_3$. Рассчитайте в «нитрофоске» содержание (масс. %) по отдельности K_2O , P_2O_5 и «общего азота». Какую массу (кг) апатита ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}_{0.5}(\text{OH})_{0.5}$) необходимо переработать (содержит 25% примесей (по массе)), чтобы получить 100 кг «нитрофоски». Следует учесть, что практический выход в процессе переработки апатита составляет 88%.

(15 баллов)

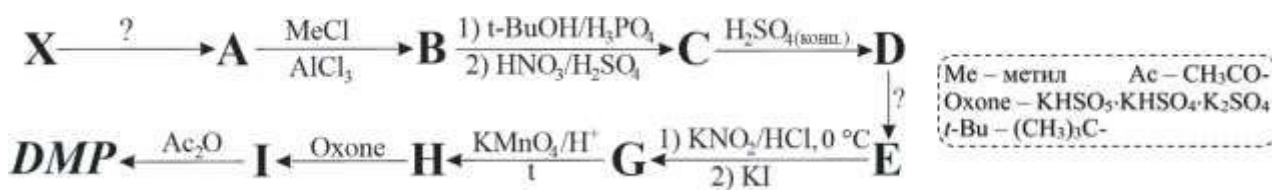
Задание 2

Эта история произошла в далёком 1836 году, когда английский химик Эдмунд Деви на заседании в Бристоле рассказал следующее: «При попытке получить калий, сильно нагревая смесь прокаленного винного камня с древесным углем в большом железном сосуде (*реакция 1*), я получил чёрное вещество, которое легко разлагалось водой и образовывало газ **X**, оказавшийся новым соединением углерода и водорода (*реакция 2*). Этот газ горит на воздухе ярким коптящим пламенем, более густым и светящимся даже сильнее, чем пламя маслородного газа **Y**. Если подача воздуха ограничена, горение сопровождается обильным отложением сажи. В контакте с избытком хлора газ мгновенно взрывается, причем взрыв сопровождается большим красным пламенем и значительными отложениями сажи (*реакция 3*). Дистиллированная вода поглощает около одного объёма нового газа, однако при нагревании раствора газ выделяется, по-видимому, не изменяясь... Для полного сгорания 1 объёма нового газа необходимо 2.5 объёма кислорода. При этом образуются углекислый газ и вода, которые являются единственными продуктами горения (*реакция 4*)... Газ **X** содержит столько же углерода, что и маслородный газ **Y**, но вдвое меньше водорода.... Он удивительно подойдёт для целей искусственного освещения, и только его удастся дешево получать».

1. Определите вещества **X** и **Y**, а также приведите их тривиальные названия и по номенклатуре ИЮПАК, результаты аргументируйте.

2. Напишите уравнения *реакций 1-4*, если дополнительно известно, что винный камень представляет собой соль винной кислоты и содержит 34.51 % калия по массе.

3. Газ **X** можно также использовать для синтеза органического окислителя, известного под аббревиатурой DMP. Схема данного синтеза представлена ниже:



Определите структурные формулы веществ **A-I**, а также структуру DMP. Предложите условия проведения реакций $\text{X} \rightarrow \text{A}$ и $\text{D} \rightarrow \text{E}$. Приведите одну произвольную реакцию окисления с участием DMP.

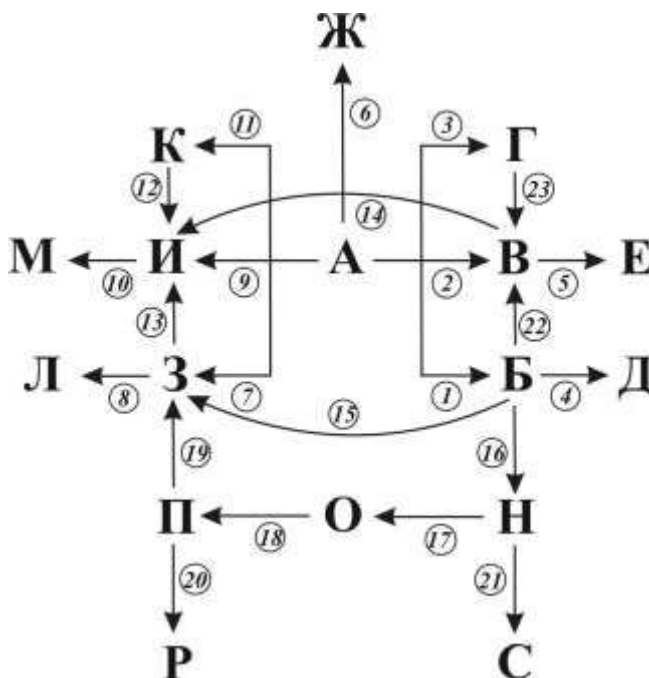
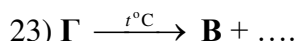
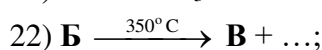
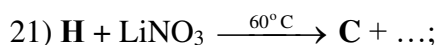
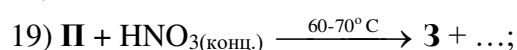
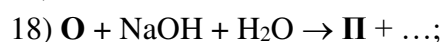
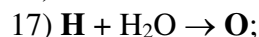
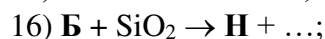
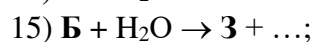
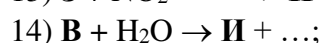
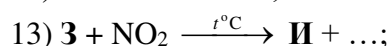
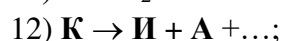
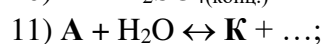
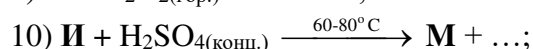
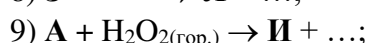
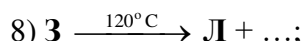
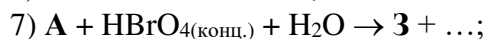
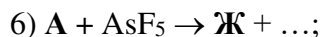
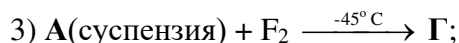
(15 баллов)

Задача 3

На представленной схеме приведены превращения веществ **A-Y**, в состав которых входит элемент **X**. О веществах и реакциях, зашифрованных на схеме, известно следующее:

- 1) вещества **Б, В, Г, Ж, Л** и **М** – бинарные, а вещества **Д, Е, З, И, К, Н** и **Р** – трехэлементные;
- 2) в *реакции 1* образуется два продукта в мольном соотношении 2:7;
- 3) разница молекулярных масс пар веществ **Б-В** и **В-Г** составляет 254 г/моль, для веществ **И** и **К** 32 г/моль, для веществ **Л** и **М** 32 г/моль, для веществ **Н** и **О** 2 г/моль, для веществ **Н** и **С** 12 г/моль, а для веществ **З** и **П** 66 г/моль;
- 4) молекулярная масса вещества **Ж** – 1218 г/моль;
- 5) у веществ **Д** и **Е**, имеющих ионное строение, масса катиона в **Д** равна массе аниона в **Е**, а у вещества **Ж**, также имеющего ионное строение, масса аниона равна массе аниона в **Д**;

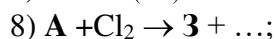
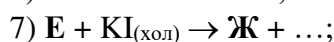
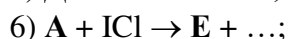
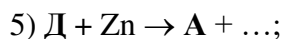
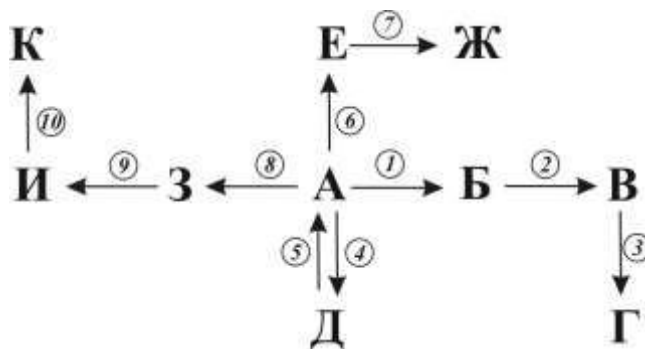
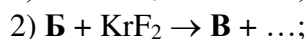
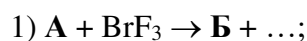
7) элемент **X** – редкий элемент, чрезвычайно сильно рассеян в природе и поэтому присутствует практически везде; в виде простого вещества редко встречается в свободном виде, что весьма необычно для его достаточно высокой химической активности (в частности, встречается в термальных источниках вулкана *Везувия*); сырьём для промышленного получения **X** в России служат нефтяные буровые воды.

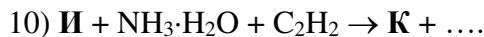
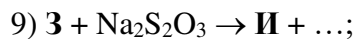
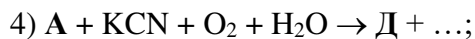
$$1) \mathbf{A} + \text{KrF}_2 \rightarrow \mathbf{B} + \dots;$$


вещество	$\omega_x, \%$	вещество	$\omega_o, \%$
Е	45.357	И	27.273
Л	72.571	О	13.559
М	79.874	С	7.080
Н	53.361	Р	15.066

(25 балла)

А – один из семи элементов древности. В современном мире этому металлу отводится большая роль в банковском секторе, ювелирном деле, радиотехнике и др. На схеме приведены превращения с участием элемента **А**. В соединениях **В** и **Г** элемент **А** проявляет необычные степени окисления. Содержание **А** в **В** составляет 67.47%. В молекуле соединения **И** атом **А** находится в квадратном окружении, а в реакции **10** образуется желтый осадок. Расшифруйте соединения **А-К** и напишите все реакции:





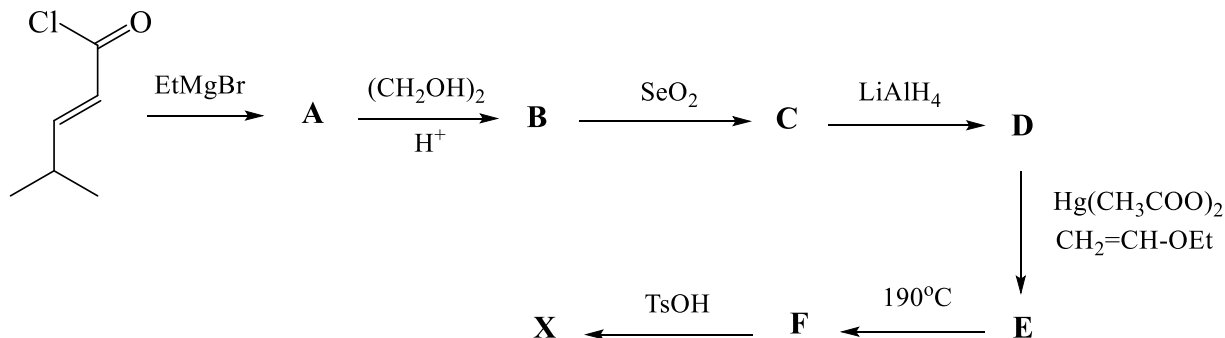
Известно, что $M(D) = 288$ г/моль; $M(Ж) = 324$ г/моль; $M(I) = 490$ г/моль; $M(K) = 418$ г/моль.

(15 баллов)

Задача 5

Вещество **X** – это монотерпен, присутствующий в больших количествах в эфирных маслах тимьяна, укропа и мяты. Данное вещество существует в виде двух оптических изомеров, которые могут вызывать различные биологические реакции, особенно по отношению к обонятельным рецепторам. Так, **S-(+)-X** обладает ментоловым, пряным ароматом средней крепости, тогда как **R-(-)-X** обладает мятным и сладковатым запахом средней крепости.

Далее представлена схема синтеза смеси оптических изомеров **X**.



Дополнительная информация:

- на стадии получения вещества **B** происходит изомеризация двойной связи $C=C$ в более замещенное положение;
- вещество **E** представляет собой простой эфир двух спиртов, один из которых виниловый;
- обозначения: Ts ($n\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2$).

В таблице приведены некоторые сведения о зашифрованных на схеме соединениях.

Соединение	A	B	C	D	E	F	X
M , г/моль	126	170	?	186	?	212	?
Число атомов H	14	?	16	?	20	?	14
Число атомов C	?	10	10	10	12	12	10

Приведите структурные формулы неизвестных соединений (без указания стереохимии). Ответ представьте в виде таблицы (номер вещества – структура) или цепочки превращений. Назовите вещество **X**. Какую роль выполняют реагенты: EtMgBr, $(\text{CH}_2\text{OH})_2$, SeO_2 , LiAlH_4 и TsOH? Сколько молей брома и бромоводорода может максимально присоединить вещество **X**?

(15 баллов)

Задача 6

При пропускании жёлто-зеленого газа **A** над жидким веществом **B** при нагревании реакционного сосуда до 100°C образуется растворимое в воде вещество **B** (реакция 1), которое в виде очень разбавленного раствора нашло применение, как дезинфицирующее средство, несмотря на то что в виде более концентрированных растворов представляет огромную опасность для жизни человека. Реакция насыщенных растворов иодида калия и **B** даёт помимо прочих продуктов соединения **Г** (реакция 2), подщелоченный раствор которого нашёл широкое применение в аналитической химии. При пропускании через подщелоченный гидроксидом калия раствор вещества **Г** газа **Д**, используемого при сварке металлов, образуется осадок белого цвета, представляющий собой кристаллогидрат вещества **Е**, в котором $n(\text{Е}):n(\text{H}_2\text{O}) = 3:1$ (реакция 3). При гидролизе кристаллогидрата вещества **Е** раствором соляной кислоты помимо прочих продуктов образуется органическое вещество **Ж** (реакция 4), которое в качестве промежуточного соединения образуется в печени человека при употреблении продуктов, содержащих вещество **З**. Конечным продуктом превращения в **Ж** в организме человека является кислота **И**, соль которой можно получить при реакции подщелоченного гидроксидом калия раствора **Г** с веществом **Ж** (реакция 5). О каких веществах идёт речь в данной задаче, если дополнительно известно, что массовая доля одного из элементов в **Г** равна 64.55%, из 1.7 г вещества **Г** можно получить 0.31933 г (выход 64%), а в результате реакции 5 на дне сосуда образовалась жидкость металлического цвета? Напишите уравнения всех описанных выше химических реакций.

(15 баллов)