

10 класс

Задание 1.

Элемент **X** получил своё название по причине разнообразной окраски своих соединений. Простое вещество **A** представляет собой металл, устойчивый к окислению на воздухе. Так как этот металл пассивируется при действии азотной кислоты, обычно его переводят в растворимую форму с помощью щелочного плавления. При плавлении смеси твёрдого **A**, KOH и KClO_3 образуется жёлтое соединение **B** (**реакция 1**). При подкислении раствора **B** серной кислотой образуется оранжевое соединение **B** (**реакция 2**), широко используемое как окислитель и являющееся первичным стандартом для окислительно-восстановительного титрования. В растворе, подкисленном серной кислотой, **B** может быть восстановлено сернистым газом до соединения **Г** зелёного цвета (**реакция 3**). Если восстановление **B** проводить в щелочной среде при помощи гидразина (N_2H_4), можно получить растворимое в воде зелёное соединение **Д** (**реакция 4**).

При добавлении к **B** избытка концентрированной серной кислоты образуется красное соединение **E**, имеющее полимерное строение (**реакция 5**). Если добавить к смеси **B** с серной кислотой твёрдый KCl , можно получить красное летучее соединение **Ж** (**реакция 6**), молекула которого имеет форму искажённого тетраэдра.

Одной из наиболее интересных реакций соединения **B** является взаимодействие с пероксидом водорода. В присутствии серной кислоты и пиридина ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$) образуется ярко-синее соединение **З** с массовым содержанием элемента **X** 24.64% (**реакция 7**).

1. Определите элемент **X** и соединения **A-З**, учитывая, что все зашифрованные соединения содержат элемент **X**.
2. Что в переводе означает название элемента **X**?
3. Напишите уравнения реакций 1-7.
4. Как называют смесь **B** с серной кислотой в лаборатории?
5. Изобразите структуру мономерного звена соединения **E**.

Задание 2.

Газообразные вещества **A-F** в виде смесей различного состава применяются для синтеза ценных промышленных продуктов. Информация о составе стехиометрических смесей и продуктах синтезов приведена в таблице:

Смесь	Плотность смеси (н.у.), г/л	Основной продукт	Побочный продукт
A + B	0.380	C	–
A + D	0.476	M	– (примеси E, W)
C + D	1.005	P	W
C + E	0.737	P	A
F + C	1.161	U	W

Известно, что продукты синтеза **M**, **W** и **P** при н.у. представляют собой жидкости, **U** – кристаллическое вещество.

1. Установите формулы газов **A–F** и продуктов синтеза **M**, **W**, **P** и **U**.
2. Запишите уравнения пяти реакций, соответствующих образованию основных продуктов синтезов.
3. Чуть выше комнатной температуры **P** переходит в газообразное состояние, образуя пары плотностью несколько ниже плотности воздуха. Рассчитайте плотность этого вещества при 47 °С и давлении 740 мм рт.ст.

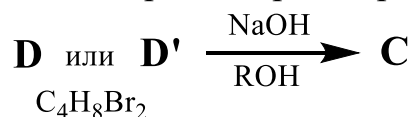
Задание 3.

Несмотря на то, что реакцию превращения вещества **A** в **C** открыл ученик А.Е. Фаворского В.Н. Ипатьев, ныне она известна под другой фамилией. Процесс был усовершенствован и поставлен на промышленные рельсы, поскольку вещество **C** важно для производства резины. Для его получения необходимо соединение **A**, которое образуется в процессе ферментации целлюлозных материалов или сахара:



1. Приведите структурные формулы соединений **A–C**. Приведите ещё три одностадийных способа получения вещества **A**.
2. Напишите уравнение реакции превращения **A** в **C** и фамилию русского химика, в честь которого она названа.

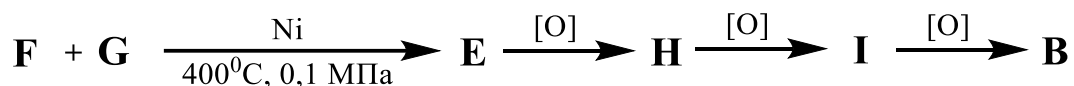
Получить **C** можно и другими способами, например, взяв в качестве исходного вещества один из изомерных дибромалканов **D** или **D'** с брутто-формулой $\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2$ и подействовав на них спиртовым раствором щелочи:



3. Приведите структурные формулы соединений **D** и **D'**.

4. Ещё один изомер с формулой $C_4H_8Br_2$, **D''**, образуется при присоединении брома к алкену и не является оптически активным (молекула имеет плоскость симметрии). При этом его использование для получения **C** нецелесообразно. Приведите структурные формулы **D''** и основного продукта, образующегося из него вместо **C** при действии спиртового раствора щелочи.

Одним из побочных продуктов реакции ферментации является гомолог **A**, ядовитое соединение **E**. Наиболее распространенным промышленным способом его получения служит взаимодействие двух неорганических веществ **F** и **G**, газов легче воздуха. Токсичное действие **E** объясняется тем, что продукты его окисления в организме повреждают зрительный нерв, угнетают ЦНС и могут привести к летальному исходу. Описанные процессы можно поэтапно описать в виде схемы:



5. Приведите структурные формулы веществ **F-I**.

Задание 4.

Твёрдые вещества с развитой поверхностью способны в значительном количестве поглощать газы. Такой процесс называется адсорбцией, а участвующие в нем твердые вещества – сорбентами. При постоянной температуре количество поглощённого газа n зависит от давления следующим образом:

$$n = n_{\max} \cdot \frac{K \cdot p}{1 + K \cdot p},$$

где $n_{\max}$ – максимальное количество газа, которое может поглотить сорбент, K – константа равновесия адсорбции, p – равновесное давление газа.

Некоторый сорбент характеризуется константой адсорбции $K = 5.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па}^{-1}$.

1. При каком равновесном давлении газа будет адсорбировано 90% от максимально возможного его количества?

При исследовании адсорбции азота на некотором пористом материале массой 0.434 г при 250 К получили следующую зависимость массы поглощённого вещества от давления азота:

$p / \text{Па}$	5000	8000	12000	18000	?
$m \text{ погл. } N_2 / \text{мг}$	131	?	224	269	300

2. Рассчитайте по этим данным величины K и $n_{\max}$ (в моль) для данного образца.

3. Вычислите значения, которые должны располагаться в таблице на месте знаков вопроса.

Величина $n_{\max}$ соответствует случаю, когда вся поверхность сорбента равномерно покрыта молекулами адсорбированного газа. Известно, что 1 молекула азота в среднем занимает на поверхности площадь $16 \text{ \AA}^2$.

4. Используя полученную вами величину $n_{\max}$, рассчитайте удельную площадь поверхности исследованного образца ($\text{м}^2/\text{г}$).

Адсорбция в описанном опыте характеризуется изменением энтальпии в 20.0 кДж/моль .

5. Какой знак имеет величина энтальпии адсорбции? Ответ объясните.