

Задания 91-ой Санкт-Петербургской олимпиады школьников по химии

Заключительный этап. Теоретический тур

10 класс

1. Приведите по два примера уравнений химических реакций, в одном из которых следующие соединения являются реагентами, а в другом – продуктами (всего 10 уравнений):

- 1) простое вещество и вода
- 2) металл и оксид неметалла
- 3) две кислоты
- 4) кислород и соль кислородсодержащей кислоты
- 5) оксид металла и диоксид азота

Примечание: укажите условия выбранных Вами процессов, где это необходимо. Использование дополнительных веществ не допускается.

2. Навеску белого кристаллического вещества **X** массой 0.50 г внесли в воду. При этом наблюдался бурный процесс и образовался раствор, добавление к которому избытка раствора нитрата стронция привело к образованию 1.25 г осадка. Такую же навеску вещества **X** растворили в 200 мл раствора едкого кали с концентрацией 1.25 моль/л. Полученный раствор разделили на две равные части. К обеим добавили 25% раствор соляной кислоты до достижения нейтральной среды с использованием в качестве индикатора в одном случае – метилоранжа, в другом – фенолфталеина. Массы прореагировавшего раствора кислоты составили 18.25 г и 17.40 г. Определите вещество **X**. Напишите уравнения протекающих реакций. Какое количество вещества щелочи осталось в растворе после добавления вещества **X**?

3. В истории открытия химических элементов надежное и прочное место отведено немецким химикам и Германии. В этой задаче будет рассмотрено 2 элемента, открытых на территории этой страны. Первый элемент (**A**) в виде простого вещества мягкий серебристо-белый металл с голубоватым и синеватым оттенком. Его получение основано на обжиге руд другого элемента, находящегося с **A** в одной группе: например, минерала **A₁**. Последний может содержать до 0.4% **A**; окраска этого минерала сильно зависит от присутствующих в нем примесей. При обжиге оба элемента переходят в свои оксиды, после чего их прокаливают с углем при температуре 850 – 900 °С – в этом случае более летучий **A** возгоняется, а другой элемент остается в печи.

Про металл **A** известно, что если образец, полученный при прокаливании 100 г минерала **A₁** (выходы во всех реакциях – 100%), растворить в концентрированной азотной кислоте, то объем выделившегося бурого газа при 0 °С и 100.5 кПа равен 140.78 мл. Полученную при этом соль можно перевести в нерастворимый гидроксид **A₂** с массовой долей элемента **A** 76.77 %.

Второй элемент (**B**) является радиоактивным. Его наиболее устойчивый изотоп ${}^A_Z\text{B}$ получается из ${}^{243}_{94}\text{Pu}$ в результате трех α -распадов и трех β -распадов. При сгорании 0.01 г **B** в атмосфере хлора образуется 0.01767 г пентахлорида **B₁**, который затем может быть гидролизован в гидроксид состава **B₂·xH₂O**,

растворяющийся в смеси серной и плавиковой кислот. При выпаривании полученного раствора выделяется белое вещество **В**₃, который содержит 4 элемента: Н ($\omega = 0.00561$), **В** ($\omega = 0.42924$), О ($\omega = 0.38642$) и S ($\omega = 0.17873$). Определите элементы **А** и **В**, а также все упомянутые в задаче вещества. Напишите уравнения реакций.

4. Теперь она не казалась ему ледяной, как в тот раз, когда она сидела за окном и кивала ему головой; теперь она казалась ему совершенством. («Снежная королева», Г.-Х. Андерсен)

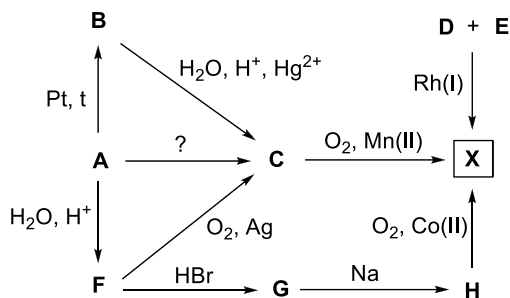
Широко распространенное органическое вещество **Х** в промышленности получают несколькими способами, представленными на схеме. Оно также образуется в результате деятельности микроорганизмов. Известно, что **А**, **В**, **Н** – углеводороды, **Д** и **Г** – спирты, **Е** – газ ($D(H_2) = 14$).

1) Определите зашифрованные вещества **А** – **Н**, **Х** и приведите их структурные формулы.

2) В реакции **В** → **С** также образуется побочный продукт, содержащий связь C=C ($M = 70$ г/моль). Предложите его структуру и механизм образования.

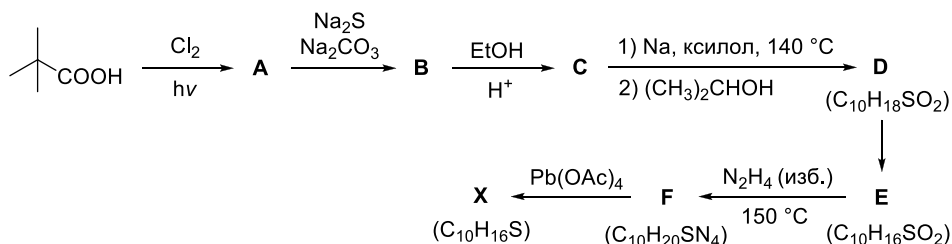
3) Вещество **С** можно получить из **А** в одну стадию. Каковы условия этой реакции?

4) Как называется безводное вещество **Х**?



5. 165-летию со дня рождения академика Алексея Евграфовича Фаворского (1860-1945) посвящается....

Вещество **Х**, изучаемое в качестве перспективного реагента для «клик»-химии, может быть получено по следующей схеме:



Известно, что **Д** – **Г** и **Х** – циклические молекулы.

1) Определите зашифрованные вещества **А** – **Г**, **Х** и приведите их структурные формулы.

2) Предложите реагент для превращения **Д** в **Е**.

3) Что такое «клик»-химия? Изобразите продукт реакции соединения **Х** с бензилазидом.

6. В сосуд объемом 1 м³ при температуре 298 К закачали кислород под давлением 3 атм и поместили 10 кг графита. Сосуд закрыли и нагрели до 1000 К до установления постоянного давления.

1) Какие два основных продукта **А** и **В** могут образоваться в сосуде?

2) Исходя из термодинамических характеристик **А** и **В**, приведенных в таблице, оцените (рассчитайте) константы равновесия реакций их образования из простых веществ при температуре 1000 К. Температурной зависимостью $\Delta_f H_T^0$ и S_T^0 пренебрегите. Объем графита по окончании реакции считайте пренебрежимо малым по сравнению с объемом сосуда.

3) Рассчитайте установившееся после нагревания отношение давлений газообразных веществ в сосуде. Все газы считайте идеальными.

Вещество	$\Delta_f H_{298.15K}^0, \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	$S_{298.15K}^0, \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
C _(граф.)		5.7
O ₂		205.0
А	-110.5	197.5
В	-393.5	213.7

Для справки: константа равновесия связана с термодинамическими характеристиками реакции следующим образом: $-RT \ln K = \Delta_r H^0 - T \Delta_r S^0$