

Олимпиада школьников СПбГУ по химии

2012/13 учебный год, 10-11 класс

Отборочный этап

Вариант №3

1. Поверхностно-активным веществом, входящим в состав жидкого мыла, является пальмиат калия $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOK}$. Рассчитайте сумму всех стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции полного сгорания пальмиата калия в кислороде.

(25 баллов)

2. Рассчитайте массовую долю вещества в растворе, образующемся при достаточно длительном кипячении 250 мл 9% раствора пероксида водорода. Испарением воды следует пренебречь.

(25 баллов)

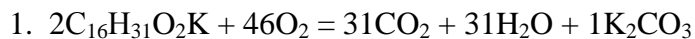
3. Первый пептид окситоцин был синтезирован американским биохимиком Винсентом дю Виньо в 1953-м, за что в 1955-м ученый получил Нобелевскую премию по химии. Сколько трипептидов, содержащих разные аминокислоты, можно синтезировать из аргинина, лизина и валина?

(25 баллов)

4. Трихлоруксусная кислота широко используется в биохимии для осаждения макромолекул, таких как протеин, ДНК и РНК. Сколько штук атомов кислорода содержится в 81,7 г трихлоруксусной кислоты.

(25 баллов)

Решение.



Ответ: 111.

2. При кипячении пероксида водорода в растворе остается только вода.

Ответ: 100% (или 0%).

3. Сокращенные формулы трипептидов: A-L-V, A-V-L, V-A-L, V-L-A, L-V-A, L-A-V.

Ответ: 6 трипептидов.

4. Количество CCl_3COOH составляет 0.5 моль. Следовательно, атомов кислорода в два раза больше, 1 моль. Поскольку надо вычислить количество штук атомов, то оно равно числу Авогадро.

Ответ: $6 \cdot 10^{23}$ штук.

Олимпиада школьников СПбГУ по химии

2012/13 учебный год, 10-11 класс

Санкт-Петербург

1. В избытке хлора сожгли 0.66 моль галлия. Полученный продукт **A** разделили на две равные части и провели следующие эксперименты.

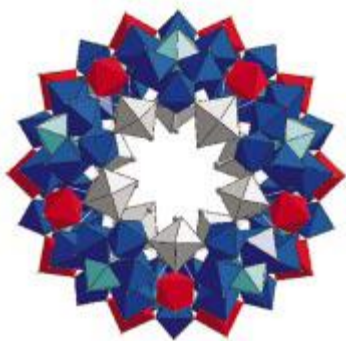
Первую часть продукта **A** растворили в дистиллированной воде. Какую реакцию среды (кислую, нейтральную, щелочную) имеет полученный раствор? После добавления к полученному раствору избытка нитрата серебра выпало 143.5 г осадка. Установите простейшую формулу продукта **A**.

Над второй частью продукта **A** при нормальных условиях пропустили 7.39 л газообразного аммиака, который полностью поглотился, при этом образовалось кристаллическое вещество **B** белого цвета. Напишите структурную формулу образовавшегося соединения **B**, покажите, каким образом образуются химические связи в этом соединении. При нагревании до 700 °С вещество **B** разлагается с выделением 1 моль газа **B** и твердого вещества **Г**. Газ **B** полностью реагирует с 17 г газообразного аммиака с образованием белого кристаллического вещества **Д**.

Напишите уравнения всех протекающих реакций.

(20 баллов)

2. Бакиболы - полиядерные шароподобные частицы. Одной из них является

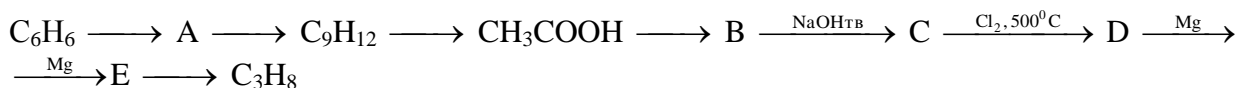


гетерометаллический гетеровалентный (содержащий металл в разных степенях окисления) комплекс состава $\text{H}_{412}\text{K}_{22}\text{Mo}_{80}\text{Na}_6\text{O}_{536}\text{S}_{12}\text{V}_{22}$ (**III**). Для получения такого гигантского комплекса требуются чрезвычайно простые вещества и условия проведения процесса: молибдат натрия Na_2MoO_4 и сульфат ванадила VO_2SO_4 растворяют в разбавленной серной кислоте. К раствору прибавляют дитионит натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ в качестве восстановителя. Происходит процесс самосборки. Комплекс **III** образуется при добавлении хлорида калия к полученному раствору. Определите количество электронов, которое может отдать 1

моль **III** при окислении его в водном растворе, если известно, что весь ванадий находится в степени окисления +4. Напишите общее уравнение реакции образования **III** из приведенных выше реактивов, если в результате, кроме комплекса **III**, образуются сульфат и хлорид натрия.

(30 баллов)

3. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания:



(30 баллов)

4. Впервые пептиды были выделены из ферментативных гидролизатов белков. Термин "пептиды" предложен Э. Фишером, который к 1905 разработал первый общий метод синтеза пептидов и синтезировал ряд олигопептидов различного строения. Химический синтез пептидов заключается в создании пептидной связи между группой -COOH одной аминокислоты и NH_2 -группой другой аминокислоты или пептида. Очень важной частью препаративной химии белков является анализ состава неизвестного пептида.

Для частичного гидролиза 3 моль полипептида потребовалось 4 моль воды, при этом образовалась следующая смесь продуктов: Trp-Pro-Gly, Pro-Gly и Trp. Предложите формулу полипептида с минимальной длиной цепи. Дополните условия задачи так, чтобы Ваше решение было единственным. Определите молярное соотношение дипептида и трипептида в полученной смеси.

(20 баллов)

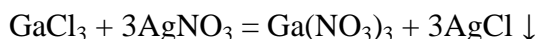
Решение

1.



0.66 моль 0.66 моль

При растворении в воде вещества А из-за гидролиза по катиону среда в растворе кислая.



0.33 моль 0.33 моль



0.33 моль 0.33 моль 0.33 моль

В веществе **Б** есть донорно-акцепторная связь между атомом азота (донор неподеленной 2s пары) и атомом галлия (акцептор за счет вакантной 4p-орбитали).



0.33 моль 1 моль



1 моль 1 моль

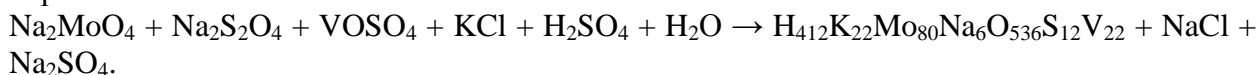
Уравнения реакции подтверждаются количественными расчетами.

2.

В комплексе $\text{H}_{412}\text{K}_{22}\text{Mo}_{80}\text{Na}_6\text{O}_{536}\text{S}_{12}\text{V}_{22}$ формальная степень окисления молибдена +5.9; степени окисления остальных элементов известны, в т.ч. ванадия (+4) и серы (+6). Это означает, что в комплексе **III** есть молибден в разных степенях окисления (что так же следует из условия задачи). Моно считать, что из 80 атомов Мо 8 находятся в степени окисления +5, а 72 атома в степени окисления +6.

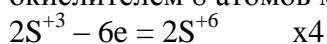
Таким образом, при окислении комплекса **III** в водном растворе, повысить свою степень окисления может ванадий (до +5, т.к. находится в 5В группе Периодической системы) и тот молибден, который находится в степени окисления +5 (до +6, т.к. находится в VIВ группе). Всего может быть отдано 22 электрона 22мя атомами ванадием и 8 электронов 8ю атомами молибдена. Суммарно 30 электронов.

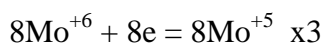
Суммарный процесс образования комплекса может быть представлен следующим образом:



Для уравнивания реакции необходимо составить электронный баланс (или воспользоваться методом полуреакций).

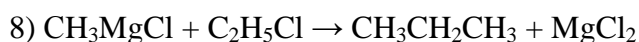
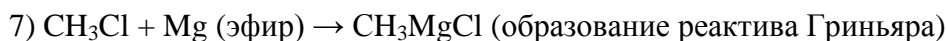
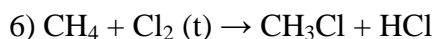
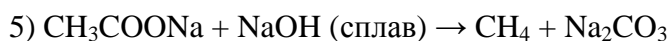
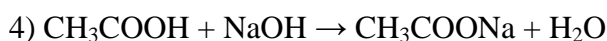
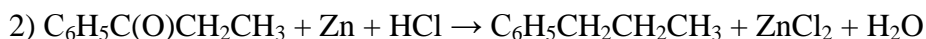
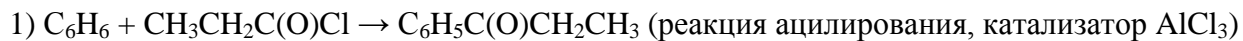
Восстановителем является $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ за счет серы в формальной степени окисления +3, окислителем 8 атомов молибдена (из 80) в Na_2MoO_4 .





Таким образом, перед Na_2MoO_4 будет коэффициент 240 (т.к. только 8 атомов из 80 меняет степень окисления, а остальные степень окисления не меняют), перед комплексом III – 3, а перед $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ будет коэффициент 4. Остальные коэффициенты расставляются стандартным образом.

3.



Для уравнивания 3й реакции требуется электронный баланс (или метод полуреакций).

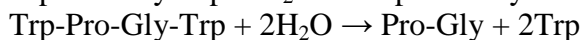
4.

Т.к. продуктами гидролиза полипептида являются трипептид, дипептид и аминокислота, наименьшее количество остатков аминокислот, которые могут входить в состав полипептида, равняется 4.

Возможны два варианта такого тетрапептида:

Trp-Pro-Gly-Trp или Trp-Trp-Pro-Gly. Дополнением условия может служить, например, указание, что на концах пептида находятся одинаковые аминокислоты.

Схематично уравнение гидролиза полипептида можно записать следующими двумя реакциями:



Так как для гидролиза 3 моль пептида потребовалось 4 моль воды, в первый процесс вступило в 2 раза больше пептида, чем во второй. Таким образом, соотношение трипептида к дипептиду в полученной смеси будет составлять 2 к 1.