

Материалы заданий олимпиады 2024–2025 учебного года

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

1.2 Задания Теоретического тура

1.2.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

Элемент **X** существует в нескольких модификациях: серой, красной, черной и т.д. Серый γ -**X**, называемый также «металлическим» – полупроводник. **X** растворим в сероуглероде. Меняя скорость испарения сероуглерода, можно получить кристаллы красного кристаллического α , β и γ -**X**, образованные циклическими молекулами **X**.

Температура кипения сероуглерода $46,2^{\circ}\text{C}$, эбуллиоскопическая постоянная $E = 2,34 \text{ K}\cdot\text{кг/моль}$. В 100 г сероуглерода растворили 500 мг **X**, после чего температура кипения увеличилась и составила $46,2185^{\circ}\text{C}$.

Элементарный **X** окисляется при нагревании на воздухе (реакция 1), образует соединения с галогенами и расплавленными щелочными металлами. В высшем фториде (плотность по оксирану 4,39) массовая доля **X** составляет 40,93%.

При окислении **X** концентрированной азотной кислотой (реакция 2) получается вещество, обладающее сильными окислительными свойствами и образующее при растворении в воде кислоту **A** (реакция 3). Так, метилэтилкетон под его действием превращается в диацетил (реакция 4). Реакция **X** с хлорной водой приводит к другой кислоте, **B** (реакция 5), более сильной, чем серная кислота. Золото в этой кислоте растворяется, переходя в степень окисления +3 (реакция 6).

1. Рассчитайте молярную массу молекул **X**, растворенных в сероуглероде. Определите элемент **X** и формулу его молекулы. Со свойствами какого элемента проявляется сходство?

2. Определите формулу высшего фторида **X**. Определите гибридизацию орбиталей атома **X** в этом соединении и форму молекулы. Приведите формулы кислот **A** и **B**.

3. Напишите уравнения реакций 1–6;

Кислота **B** способна окислить хлороводород до хлора. $\phi^{\circ} \text{B}^{\text{n-}}/\text{A}^{\text{m-}} = 1,147 \text{ В}$, $\phi^{\circ} \text{Cl}_2/2\text{Cl}^{-} = 1,359 \text{ В}$. При 298 К созданы концентрации компонентов: $[\text{HCl}] = 0,1 \text{ моль/л}$, $[\text{Cl}_2] = 0,002 \text{ моль/л}$, $[\text{B}] = 0,01 \text{ моль/л}$, $[\text{A}] = 0,005 \text{ моль/л}$.

4. Напишите уравнение реакции, рассчитайте стандартную ЭДС реакции и ЭДС в созданных условиях.

Задача №10-2

Вещества A_1 и A_2 представляют собой бесцветные аморфные гелеобразные гидроксиды, нерастворимые в воде. A_1 растворяется в растворе гидроксида натрия, а A_2 – как в растворе гидроксида натрия, так и в соляной кислоте.

Вещества B_1 и B_2 являются бесцветными ядовитыми газами с отвратительными запахами. При сжигании B_1 образуется газ, окисление которого веществом B_3 приводит к кислоте V_1 (реакция 1). При сжигании B_2 образуется гигроскопичный белый порошок, который растворяется в воде с образованием кислоты V_2 (реакция 2). При взаимодействии кислот V_1 и V_2 с раствором гидроксида бария (реакции 3 и 4) в определенном соотношении можно получить нерастворимые соли G_1 и G_2 .

Вещества D_1 и D_2 – белые порошки, которые при внесении в воду разлагаются (реакции 5 и 6), выделяя легкий горючий газ и образуя растворимые соединения E_1 и E_2 . Если через раствор E_1 пропустить избыток углекислого газа (реакция 7), то выпадает осадок A_2 .

Дополнительно известно, что:

- вещества, обозначенные одинаковыми буквами, имеют одинаковые молярные массы;
- A_1 и A_2 при нагревании разлагаются с образованием оксидов, являющихся основой множества драгоценных камней;
- B_1 – B_3 – бинарные вещества, содержащие один общий элемент;
- D_1 и D_2 широко используются в качестве восстановителей в органической химии.

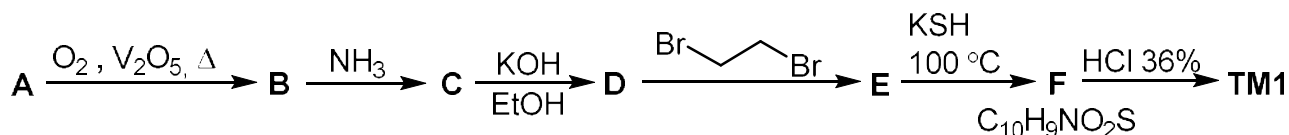
1. Определите формулы всех зашифрованных веществ, ответ аргументируйте.

2. Запишите уравнения реакций 1–7.

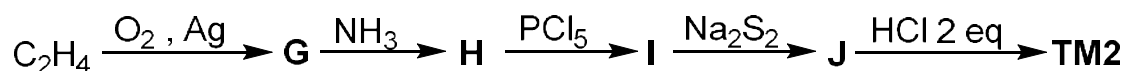
Задача №10-3

В середине XX века было установлено, что протеиногенная аминокислота X имеет способность защищать организм от воздействия радиационного облучения путем связывания свободных радикалов. В результате исследований, направленных на повышение эффективности радиопротекторов, появились меркамин (TM1) и цистамин (TM2).

Синтез меркамина начинается с каталитического окисления углеводорода A , содержащего 93,71% углерода. Известно также, что при обработке соединения F соляной кислотой побочным продуктом является ароматическая двухосновная кислота.



Вещество H , из которого синтезируют более эффективный цистамин, получают в больших объемах, разделяя ректификацией продукты реакции аммиака с G . Вещество I имеет брутто-формулу $C_2H_7NCl_2$.



Полупродукт J имеет симметричное строение и выделяется после реакции в виде основания.

1. Изобразите структурные формулы веществ A – J , $TM1$ и $TM2$;

2. На основании структур $TM1$ и $TM2$ назовите аминокислоту X

Задача № 10-4

Согласно современным представлениям, человеку массой 80 кг для нормальной жизнедеятельности необходимо ежедневно употреблять пищу, содержащую 2700 ккал. Известно, что при полном сжигании 1 г сахарозы выделяется 16,53 кДж энергии.

1. Выведите молекулярную формулу сахарозы, если соотношение массовых долей в молекуле сахарозы углерода/кислорода и углерода/водорода равно 0,817 и 6,578 соответственно. Составьте термохимическое уравнение окисления сахарозы кислородом.

2. Зная, что 1 кал соответствует 4,184 Дж, рассчитайте массу сахарозы, который человек должен съесть для удовлетворения суточной потребности калорий.

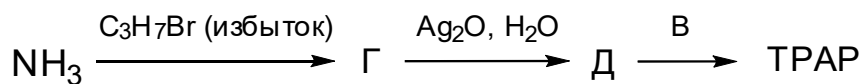
3. Человеческий организм состоит на 60 % из воды, остальное приходится на костный материал. Вода обладает теплоемкостью ≈ 1 кал/(г·К), что позволяет ей поглощать выделяющуюся энергию. Считая человека теплоизолированной системой, в которой энергия химической реакции переходит в тепловую энергию, рассчитайте изменение температуры тела при употреблении суточной дозы сахарозы, полученной в предыдущем условии. Теплоемкость костей примите равной половине теплоемкости воды.

4. Температура человеческого тела поддерживается постоянной около 36–37 °С. Пусть охлаждение человека будет происходить за счет испарения воды. Какая масса воды должна испариться, чтобы полностью компенсировать повышение температуры из предыдущего пункта. Теплоту испарения воды принять равной 42,95 кДж/моль.

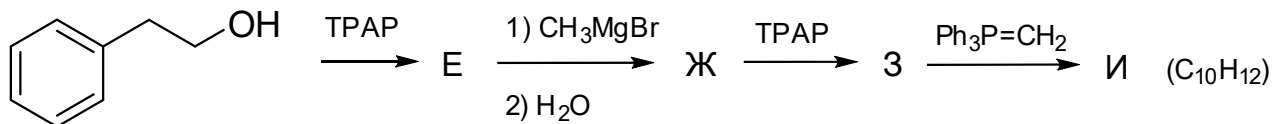
Задача №10-5

Металл **М** входит в состав многих специфических реагентов, применяемых в химии. **М** имеет плотность 12,41 г/см³ и гексагональную кристаллическую решетку с параметрами элементарной ячейки $a = 2,706 \text{ \AA}$, $c = 4,268 \text{ \AA}$ (см. рисунок справа). Одним из важнейших стартовых соединений **М** является хлорид **А**, который содержит 51,34% хлора по массе и образуется при прямом хлорировании **М** (реакция 1). Если вещество **А** растворить в избытке соляной кислоты и пропустить через раствор аммиак, выпадает пурпурно-красный осадок вещества **Б**, использующегося как индикатор при окислительно-восстановительном титровании. Вещество **Б** содержит по массе 35,31% **М**, 22,84% азота, 24,83% хлора и 11,18% кислорода и имеет в масс-спектре пик $m/z = 858$. При осторожном нагревании до 150 °С **Б** теряет 8,39% массы. Раствор, содержащий 8,58 мг **Б** в 100 мл растворителя, имеет осмотическое давление 1,734 кПа при стандартных условиях.

Другое интересное **М**-содержащее вещество имеет латинскую аббревиатуру ТРАР и применяется в органическом синтезе в качестве мягкого и селективного окислителя. Оно представляет собой соль, состоящую из однозарядных органического катиона и неорганического аниона. Для синтеза ТРАР соль **А** сначала обрабатывают избытком бромата и карбоната натрия (реакция 2), при этом образуется зеленый раствор соли **В**. Дальнейший синтез ТРАР отражен на схеме:



В качестве примера использования ТРАР можно привести следующую схему синтеза соединения **И**:



1. Определите при помощи расчетов металл **М**, а также брутто-формулы солей **А**, **Б** и **В**, напишите уравнения реакций 1 и 2.

2. Определите изотонический коэффициент в растворе вещества **Б**, приведите формулу **Б**, выделяя внутреннюю сферу комплексного иона в квадратные скобки. Напишите уравнение диссоциации **Б** в растворе.

3. Определите структурные формулы веществ **Г–И** и ТРАР. Назовите ТРАР (расшифруйте эту аббревиатуру).