

Материалы заданий олимпиады 2022–2023 учебного года

Многопредметная олимпиада Пермского государственного национального исследовательского университета «Юные таланты» Предмет (комплекс предметов):
Химия

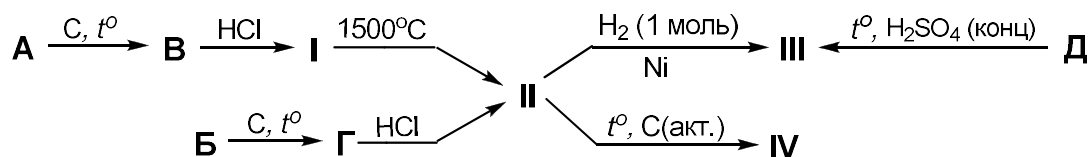
1.2 Задания Теоретического тура

1.2.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

Используя оксиды **A** и **B**, а также уголь в качестве единственного источника углерода, можно получить углеводороды **I** – **IV**, являющиеся простейшими представителями своих гомологических рядов. Оксид **A** широко встречается в природе, как в чистом виде, так и в виде сложных минералов, составляет основу глины и драгоценных камней: рубина и сапфира. Молярные массы оксидов **A** и **B** различаются в 1.82 раза.

Оксиды **A** и **B** сплавили с избытком угля при высокой температуре (реакции 1 и 2), а затем полученные бинарные соединения **B** и **Г** обработали соляной кислотой (реакции 3 и 4). Углеводород **I**, образующийся в реакции 3, при быстром нагревании до 1500°C превращается в углеводород **II** (реакция 5), который далее можно превратить в углеводород **III** действием одного эквивалента водорода (реакция 6). Углеводород **III** можно получить и действием концентрированной серной кислоты при нагревании на жидкость **Д** (реакция 7). Нагревание углеводорода **II** в присутствии активированного угля приводит к веществу **IV** (реакция 8). Все описанные превращения отражены на схеме:



1. Установите формулы веществ **A** – **Д**, если дополнительно известно, что массовая доля кислорода в **Д** равна 34.78%. Ответ подтвердите расчетом.
2. Приведите молекулярные брутто-формулы углеводородов **I** – **IV**. Изобразите структурные формулы углеводородов **II** и **IV**.
3. Напишите полные уравнения реакций 1–8.

Задача №10-2

При реакции алкена **A** с избытком хлора и брома образуются соответственно продукты **B** и **В**, молярные массы которых отличаются в 1,899 раз. При гидрировании **A** образуется алкан **Г**, данный процесс является обратимым. Теплоты образования **A** и **Г** составляют –52,5 и 85 кДж/моль соответственно.

1. Установите молекулярную брутто-формулу **A**, ответ подтвердите расчетом.
2. Изобразите структурные формулы веществ **A** – **Г**.
3. Рассчитайте тепловой эффект (Q) реакции гидрирования **A**, запишите термохимическое уравнение. Как нужно изменить температуру и давление, чтобы увеличить выход вещества **Г** в данной реакции?

В замкнутый реактор при стандартных условиях ввели смесь **A** и водорода в молярном соотношении 1 : 2,5, при этом общее давление составило 559,25 мм.рт.ст. Затем смесь нагрели до 100°C, добавили катализатор гидрирования и выдержали до установления равновесия, при этом давление составило 520 мм.рт.ст. (100°C).

4. Рассчитайте парциальные давления (в барах) всех веществ в полученной равновесной смеси, равновесный выход реакции (%) и константу равновесия K_p при 100°C , выраженную через давления в барах (1 бар = 750 мм.рт.ст.).

В замкнутый реактор при стандартных условиях ввели смесь А и водорода в мольном соотношении 1 : 2,5, при этом общее давление составило 512,66 мм рт.ст. Затем смесь нагрели до $133,9^\circ\text{C}$, добавили катализатор гидрирования и выдержали до установления равновесия.

5. Рассчитайте константу равновесия реакции гидрирования при $133,9^\circ\text{C}$ и равновесный состав полученной газовой смеси при $133,9^\circ\text{C}$ (мол. %).

Задача №10-3

Кислород является важнейшим простым веществом, необходимым для жизни человека. Для обеспечения кислородом людей, работающих в замкнутых пространствах, например, на космических летательных аппаратах или подводных лодках, часто используют химически связанный кислород, входящий в состав различных соединений. В качестве одного из аварийных средств, предназначенных для быстрого получения кислорода, применяют так называемые хлоратные свечи.

В состав простейшей хлоратной свечи входит порошок железа и бертолетова соль. Бертолетова соль содержит 31,84 масс.% калия и 28,98 масс.% хлора, остальное – кислород. При поджигании хлоратной свечи железо сгорает до железной окалины ($\omega(\text{O}) = 27,59\%$), а выделяющееся при этом тепло расходуется на разложение бертолетовой соли с выделением кислорода.

1. Установите формулу бертолетовой соли. Запишите термохимическое уравнение реакции ее разложения, если для разложения 1 моль соли требуется 44,7 кДж тепла.

2. Известно, что при сгорании образца железа массой 16,8 г до оксида железа (II) выделяется 81,6 кДж теплоты, а при сгорании такого же образца до оксида железа (III) теплоты выделяется на 42 кДж больше. Запишите уравнения этих реакций и рассчитайте их тепловой эффект на 1 моль образующего оксида. Используя эти данные, рассчитайте тепловой эффект реакции сгорания железа до железной окалины (на 1 моль окалины) и запишите соответствующее термохимическое уравнение.

3. Рассчитайте массы железного порошка и бертолетовой соли, необходимые для приготовления хлоратной свечи, способной генерировать 1 м^3 (н.у.) кислорода.

Задача № 10-4

Металл X обычно считают достаточно инертным, однако даже при комнатной температуре он вступает в различные химические превращения. Например, X растворяется в концентрированных азотной (реакция 1) и иодоводородной кислотах (реакция 2), а также в растворе цианида натрия в присутствии кислорода (реакция 3). На воздухе X постепенно покрывается тонким слоем черного вещества А, содержащего 87,08 мас.% X (реакция 4).

Вещество А является одним из основных природных минералов, содержащих X. При комнатной температуре А не взаимодействует с растворами щелочей и кислотно-неокислителей, но реагирует с 50% азотной кислотой, при этом образуется белый осадок вещества Б (реакция 5). Кроме того, А постепенно реагирует со смесью соляной кислоты и пероксида водорода с образованием белого осадка В (реакция 6). Нагревание смеси веществ А и Б выше 300°C приводит к образованию X (реакция 7). Вещество В хорошо реагирует с раствором тиосульфата натрия, при недостатке последнего образуется вещество Г (26,91 мас.% X), а при избытке – вещество Д (19,30 мас. % X).

1. Установите металл X и формулы веществ А–Д, ответ подтвердите расчетом.

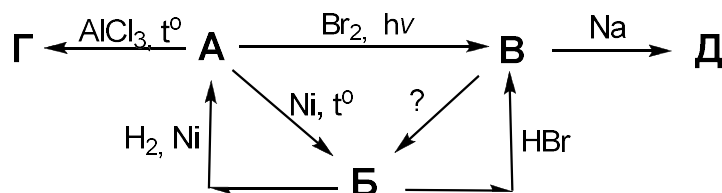
2. Напишите уравнения реакций 1–7.

3. Металл **X** образует кубическую гранецентрированную решетку с параметром $a = 408,6$ нм. Рассчитайте радиус **X** (нм) и его плотность в г/см^3 .

4. Произведение растворимости вещества **A** в водном растворе равно $7,2 \cdot 10^{-50}$. Рассчитайте молярные концентрации ионов в насыщенном растворе **A** в моль/л. Какой объем насыщенного водного раствора **A** нужно взять, чтобы в нем содержался 1 мкг ионов **X**?

Задача №10-5

Органические вещества **A** и **Б** содержат одинаковое количество атомов углерода в молекулах. Оба вещества имеют линейное (неразветвленное) строение, а вещество **Б** имеет *цис*, *транс*-изомеры. При сжигании 11,6 г **A** в избытке кислорода образуется 22,4 л ($68,25^\circ\text{C}$, 1 атм) углекислого газа и 18 мл воды. При выдерживании **A** при высокой температуре в присутствии никеля образуется **Б**; данная реакция является обратимой: при добавлении водорода в реакционную смесь снова образуется **A**. Бромирование **A** при облучении протекает с преимущественным образованием соединения **B**, из которого в одну стадию можно получить **Б**. Эти и другие превращения отражены на схеме:



1. Установите брутто-формулу вещества **A**, проведя расчет по продуктам сгорания.
2. Изобразите структурные формулы веществ **A–D**.
3. Для вещества **Б** изобразите структурные формулы *цис*- и *транс*-изомеров.
4. Напишите полные уравнения реакций, обозначенных на схеме превращений (всего 7 уравнений), используя структурные формулы органических веществ. Укажите необходимый реагент вместо знака «?».
5. Напишите уравнение реакции **Б** с раствором KMnO_4 при нагревании в присутствии серной кислоты. Рассчитайте, какой минимальный объем раствора KMnO_4 с концентрацией 0,1 моль/л (в мл) потребуется для полного окисления 560 мл **Б**.