

Материалы заданий олимпиады 2024–2025 учебного года

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

1.1 Задания Отборочного теоретического тура

1.1.4. Задания 11 класса

Задача №11-1

Металл **X** является компонентом многих сплавов. Хлорирование металла приводит к образованию плохо растворимых в воде кристаллов **X₁** фиолетового цвета (*реакция 1*). Растворение катализируется солями восстановителями – Fe^{2+} , Sn^{2+} , X^{2+} . При выпаривании водных растворов **X₁** образуется кристаллогидрат **X₂**. Для полного превращения 1 г **X₂** в **X₁** необходимо 8 г хлористого тионила (избыток 77,6%) (*реакция 2*).

Исходя из **X₁**, можно получить различные **X**-органические соединения. Так, реакция бензола, **X₁** и металлического алюминия в присутствии AlCl_3 при повышенных температуре и давлении приводит к образованию солеобразного соединения **X₃** (массовая доля **X** 13,79%, содержит тетраэдрический анион) (*реакция 3*), восстановление которого дитионитом натрия в щелочной среде приводит к одному из представителей класса сэндвичевых соединений – веществу **X₄**. Сжигание 1,67 г **X₄** в избытке кислорода при 500°C приводит к образованию 0,61 г темно-зеленого порошка **X₅** и газообразным продуктам (*реакция 4*).

1. Определите металл **X**, вещества **X₁**–**X₄**. Ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций 1-4.

Задача №11-2

При облучении легких металлов **X** и **Y** α -частицами выделяются нейтральные частицы и образуются элементы **X1** и **Y1**.

Водородные соединения элементов **X1** и **Y1** ведут себя по-разному: В случае **X1** это стабильное вещество с плотностью менее 1 г/л, разлагающееся лишь при высоких температурах (реакция 1) и не взаимодействующее с гидроксидом калия; производное **Y1** воспламеняется при контакте с воздухом (реакция 2). Водородное соединение **Y1** можно получить при нагревании элементарного **Y1** в растворе гидроксида калия (реакция 3).

Высшие оксиды **X1** и **Y1** тоже различаются: Производное **X1** при нормальных условиях является газом (плотность по дейтерию $\text{D}(\text{D}_2) = 11$). Продукт окисления **Y1** – твердое вещество ($\omega(\text{Y1}) = 43,64\%$).

Нагревание смеси элементов **Y** и **Y1** приводит к образованию вещества **Z** (реакция 4), в котором элементы находятся в отношении 1:1. **Z** реагирует с водой, при этом образуется водородное соединение **Y1**.

Оксиды элементов **X1** и **Y1** реагируют с водой, образуя соответственно слабую и средней силы кислоту. Натриевая средняя соль кислоты, образованной **X1**, реагирует с хлоридом кальция с выпадением белого осадка (реакция 5), который растворяется при дальнейшем пропускании оксида **X1** через раствор (реакция 6); Кислота, содержащая **Y1** ($\omega(\text{Y1}) = 31,61\%$), реагирует с молибдатом аммония, при этом выпадает желтый осадок.

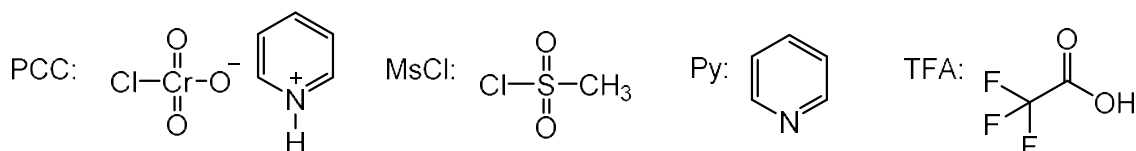
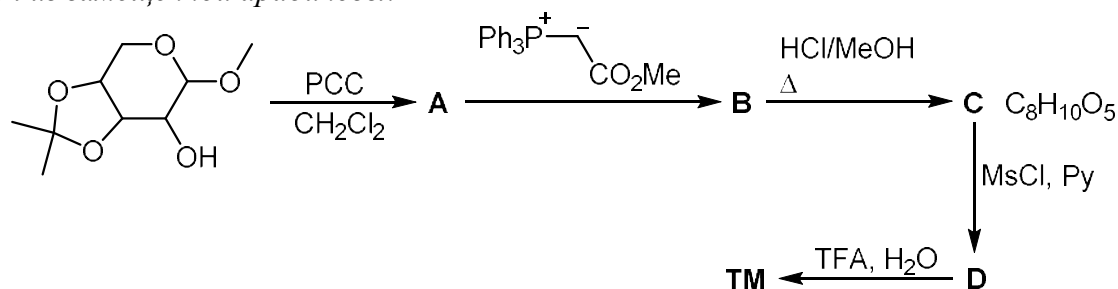
Примечание: При решении задачи учитывайте возможность образования изотопов (± 1 а.е.м. от табличного значения атомной массы).

1. Назовите вещества **X**, **Y**, **XI**, **YI** и **Z**.

2. Напишите уравнения ядерных реакций **X** и **Y** с α -частицами и уравнения химических реакций 1–6.

Задача № 11-3

Некоторые плесневые грибы выделяют микотоксин патулин (структура **TM**), обладающий антибактериальными свойствами. Ниже приведен метод синтеза патулина, исходя из замещенной арабинозы:



В продукте **B** преобладает (E)-изомер. Переход **B** – **C** представляет собой реакцию циклизации.

Про конечный продукт **TM** известно следующее:

1. Состоит из двух гетероциклов, один из которых – лактон

2. Содержит систему из трех сопряженных π -связей

3. По данным элементного анализа: C – 54.55%; H – 3.92%; O – 41.52%.

1. Изобразите структуры соединений **A** – **D** и **TM**. Для соединения **B** изобразите строение обоих изомеров;

2. Предложите метод синтеза реагента, используемого на стадии **A** – **B**. Исходите из уксусной кислоты.

Задача №11-4

Синтез-газ, представляющий собой смесь монооксида углерода и водорода, имеет большое значение в промышленном органическом синтезе. Для его получения обычно используют конверсию метана с водяным паром (реакция 1) или реакцию угля с водяным паром (реакция 2). В 1923 году компания BASF разработала процесс превращения синтез-газа в метанол (реакция 3) при температуре 250–300°C и под давлением 5–10 МПа в колонне синтеза, содержащей катализатор на основе оксидов меди и цинка.

1. Запишите уравнения реакций 1 и 2 и рассчитайте их тепловые эффекты (Q), если теплоты образования метана, газообразной воды и угарного газа составляют 74,8, 241,8 и 110,5 кДж/моль, соответственно.

2. При получении 8 кг метанола по описанному методу выделяется 22,7 МДж теплоты. Рассчитайте тепловой эффект реакции синтеза метанола (в кДж/моль) и запишите термохимическое уравнение реакции 3.

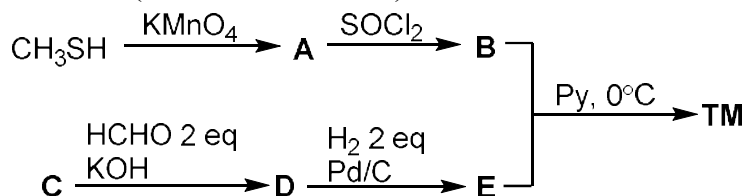
3. В колонну синтеза метанола был введен синтез-газ с начальными концентрациями водорода и угарного газа 0,7 моль/л. После установления равновесия выход метанола составил 20%. Рассчитайте равновесные концентрации всех веществ в колонне синтеза и значение константы равновесия, выраженной через молярные концентрации.

4. Как повлияет на выход метанола в данном процессе: а) понижение давления; б) понижение температуры; в) увеличение количества катализатора? Ответы аргументируйте, используя принцип Ле Шателье.

5. Рассчитайте, во сколько раз увеличится скорость реакции синтеза метанола, при повышении температуры синтеза от 250 до 350°C, если температурный коэффициент Вант-Гоффа равен 2,5.

Задача №11-5

Миелосан – алкилирующий препарат, используемый, в том числе в трансплантологии, получают по следующей схеме (обозначен как **ТМ**):



Известно, что соединение **A** – сильная кислота, не обладающая, в отличие от серной кислоты, коррозионными и окислительными свойствами.

О веществе **D** известно следующее:

1. Не реагирует с $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Br}$
2. Вступает в реакцию электрофильного присоединения галогенов
3. Реагирует с металлическим натрием
4. При реакции с подкисленным водным раствором сульфата ртути (II) в продуктах обнаруживается вещество, дающее положительную пробу с 2,4-динитрофенилгидразином
5. Элементный состав: С – 55,81 %; Н – 7,03 %; О – 37,17 %

1. Изобразите структурные формулы соединений **A–E** и **ТМ**. Учтите, что конечный продукт имеет симметричное строение;

2. Напишите схему реакции **D** с кислым водным раствором сульфата ртути (II). Как продукт этой реакции реагирует с 2,4-динитрофенилгидразином?

3. При кипячении **ТМ** с раствором едкого кали образуется студенистый осадок **F** и органическое вещество. Напишите уравнение этой реакции;

4. Препарат, содержащий миелосан, растворили в мерной колбе на 50,0 мл, отобрали 10,0 мл полученного раствора и гидролизовали его 50,0 мл 0,100 н. гидроксида натрия. На титрование избытка щелочи израсходовали 12,00 мл 0,010 н. раствора соляной кислоты. Определите массу чистого миелосана в препарате. Результат укажите с точностью до трех знаков после запятой.