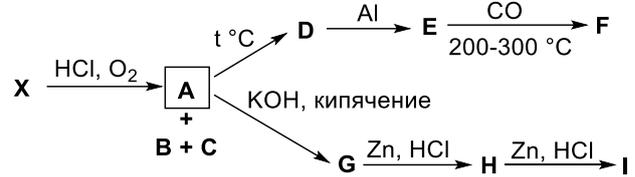


Заключительный этап. Теоретический тур

11 класс

1. Оксидный минерал **X** чёрного цвета состоит из четырёх элементов. Некоторые его превращения приведены на схеме справа. При количественном протекании реакций из 3.0300 г **X** можно получить 2.318 г жёлтого оксида **D**, а из него 1.838 г простого вещества **E**. Массовые доли элементов в веществе **X** составляют 9.22%, 9.06% и 60.63%. Известно, что вещество **H** имеет синюю окраску, а вещество **I** – бурое, а **F** – легколетучее в вакууме вещество. Известно, что если обрабатывать **X** соляной кислотой без доступа кислорода, то образующийся раствор почти не будет окрашен.



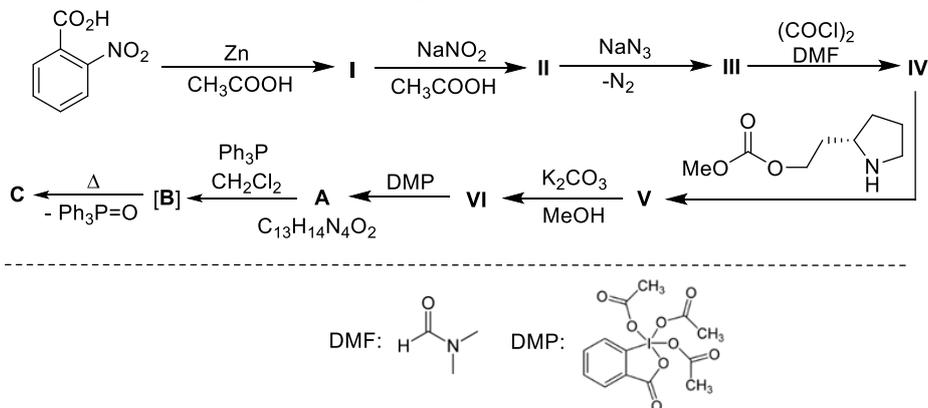
- 1) Определите вещества **A – I, X**. Ответ подтвердите расчетом.
- 2) Напишите уравнения упомянутых на схеме реакций.

2. «Лунное затмение». Элемент **X** существует в виде нескольких аллотропных модификаций, в том числе «красной» и «черной». При взаимодействии вещества **A**, образуемого элементом **X**, с избытком хлора или брома получают соединения одинакового стехиометрического состава (*реакция 1*), которые могут быть использованы для получения низших галогенидов путем взаимодействия с **A** (*реакция 2*). Вещество **A** растворяется при нагревании в растворе сульфита натрия с образованием соединения **B** (*реакция 3*). Воздействие на него соляной кислоты приводит вновь к веществу **A** и выделению газа с неприятным запахом (*реакция 4*). При реакции простого вещества **A** с разбавленной азотной кислотой (*реакция 5*) получается соединение **C**, которое при действии перекиси водорода в щелочной среде, переходит в вещество **D** (*реакция 6*).

- 1) Установите элемент **X**, а также вещества **A – D**.
- 2) Напишите уравнения реакций *1 – 6*.

Примечание: массовое содержание элемента X в его низшем бромиде, а также в соединении D, составляет примерно 50%.

3. В конце XX века было обнаружено, что карбонильные соединения могут вступать в реакцию не только с илидами фосфора, но и с их азотсодержащими аналогами, что позволило разработать новый подход к получению целого класса органических соединений. Ниже приведена схема синтеза вещества **C** с использованием вышеописанной реакции на последней стадии:



- 1) Расшифруйте структурные формулы соединений **I – VI**. Известно, что соединение **II** имеет ионное строение.
- 2) Приведите структурные формулы соединений **A, B** и **C**, если известно, что соединение **C** содержит три цикла разного размера, а массовая доля азота в соединении **B** составляет 5.69%.
- 3) Органические соединения какого класса позволяет синтезировать данная методика?

4. Порошок металла **А** серого цвета растворили в избытке сильной минеральной кислоты **Б**, при этом наблюдали выделение газа и образование раствора зеленого цвета. Раствор упарили, твердый остаток высушили в токе воздуха и получили устойчивое к нагреванию вещество **В** салатно-зеленого цвета, содержащее 26.94% металла **А** по массе. Вещество **В** растворили в воде с добавлением аммонийной соли кислоты **Б**, добавили нашатырный спирт и активированный уголь. Через полученную суспензию пропустили ток воздуха до появления желто-бурой окраски. Уголь отфильтровали, а к фильтрату добавили избыток концентрированной кислоты **Б**, при этом выпал осадок вещества **Г** желтого цвета. Оно содержит по массе 14.71% металла **А**, 59.83% аниона кислоты **Б** и 20.97% азота.

- 1) Определите вещества **А–Г**, напишите уравнения двух описанных в условии задачи реакций.
- 2) В чем заключается роль активированного угля в упомянутой реакции?
- 3) Предложите строение вещества **Г**.
- 4) Что будет происходить при растворении соединения **В** в большом количестве воды? В какой цвет окрасится полученный раствор?

5. Реакции аминов с карбонильными соединениями могут приводить к различным типам продуктов, в зависимости от строения исходных веществ. Обычно для протекания этих реакций требуется удаление воды и катализ минеральными кислотами. В таблице представлена информация о семи реакциях, продукты которых содержат только углерод, водород и азот:

№	Амин	Карбонильное соединение	$\omega(\text{N})$ в продукте, %	Число циклов в молекуле продукта
1	бензиламин	бензальдегид	7.17	2
2	диметиламин	формальдегид	27.42	0
3	диметиламин	пентан-3-он	12.37	0
4	2,6-диметиланилин	глиоксаль	10.60	2
5	пропан-1,3-диамин	бензальдегид	17.27	2
6	орто-фенилендиамин	глиоксаль	21.52	2
7	орто-фенилендиамин	уксусная кислота	21.20	2

- 1) Изобразите структурные формулы продуктов указанных семи реакций.
- 2) Предложите, для чего необходимо удалять воду из реакционной смеси и добавлять минеральные кислоты?

6. Процесс диффузии глюкозы через клеточную мембрану печени является ключевым биологическим механизмом, поддерживающим нашу жизнедеятельность. При диффузии наблюдается изменение толщины мембраны во времени, причём в реальной жизни этот процесс включает в себя активный транспорт через специальные места, унипорты, которые обеспечивают направленный транспорт глюкозы против градиента концентрации.

- 1) Приведите структурную формулу глюкозы.
- 2) Рассчитайте общий диффузионный поток глюкозы через мембрану с участием унипорта в момент времени $t=10$ с. Примите, что площадь мембраны клетки печени составляет $S=2 \cdot 10^{-6}$ м²; концентрации глюкозы внутри ($C_{\text{вн}}$) и снаружи ($C_{\text{сн}}$) клетки равна соответственно 1 ммоль/л и 5 ммоль/л, соответственно; коэффициент диффузии глюкозы (D) равен $5 \cdot 10^{-10}$ м²/с; исходная толщина мембраны клетки (L_0) – 8 нм; коэффициенты изменения толщины мембраны во времени (k_1 и k_2) – 0.12 нм/с² и 1.4 нм/с, а скорость диффузии глюкозы через унипорт (U) является постоянной – $3 \cdot 10^{-7}$ моль/с.

3) Как и во сколько раз изменится поток при увеличении изначальной толщины мембраны в 6 раз. Ответ подтвердите расчётами.

4) Определите момент времени, когда толщина мембраны станет максимальной, и рассчитайте общий диффузионный поток в этот момент.

Примечание. Диффузионный поток ($J_{\text{диф}}$) вычисляется по формуле 1-го закона Фика: $J_{\text{диф}} = -D \cdot \Delta C / \Delta x$, где ΔC – изменение концентрации вдоль мембраны, Δx – изменение координаты вдоль мембраны. Толщина мембраны в момент времени t задётся формулой $L(t) = L_0 + k_1 t^2 + k_2 t$. Учтите, что общий поток является аддитивной величиной по отношению ко всем вкладам диффузии с учётом их направления; градиент имеет линейный характер; а скорость изменения концентрации внутри и снаружи намного меньше скорости изменения толщины мембраны.