

Задача 1 (Литва)

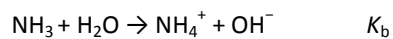
Жидкий лёд (5 баллов)

Все необходимые константы вы можете найти в книгах или интернете. Обязательно приведите ссылки на используемые источники информации.

Следующие эксперименты были проведены в стандартных условиях.

Раствор А – 0,4 М раствор NH_4OH .

- 1) Для того, чтобы получить 0,1 М раствор NH_4Cl , к 400 мл раствора А необходимо добавить раствор HCl . Рассчитайте концентрацию и объём раствора HCl .
- 2) Как K_b и K_w зависят от температуры? (для ответа на этот вопрос используйте таблицы термодинамических свойств)

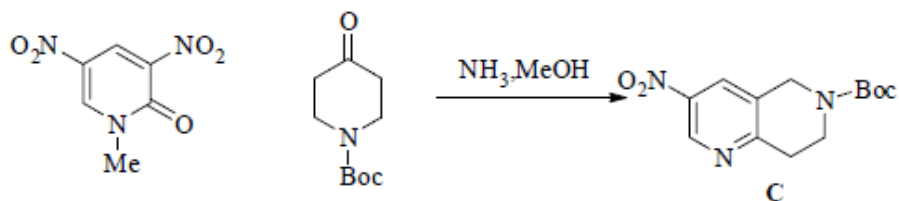
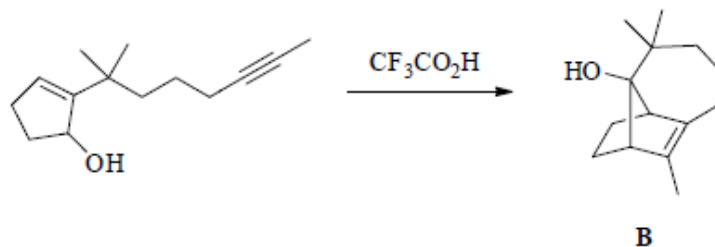
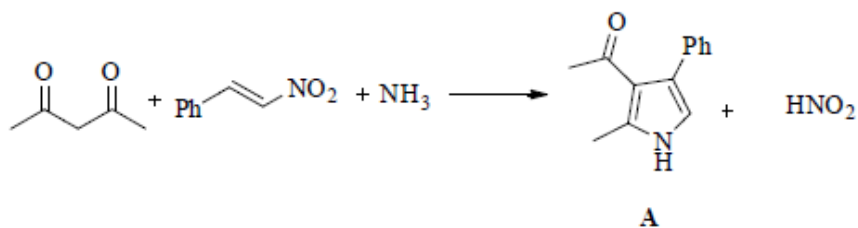


- 3) Может ли 0,1 М раствор NH_4Cl быть нейтральным ($\text{pH}=7$)? Если да, то при какой температуре?
- 4) Найдите наименьшее и наибольшее значение pH для 0,1 М раствора NH_4Cl ?

Задача 2 (Литва)

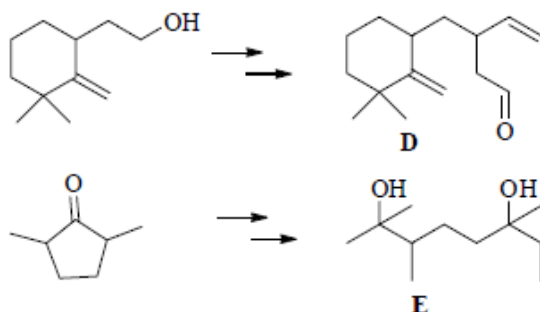
Соскучились ли вы по органике? (9 баллов)

- 1) Нарисуйте механизмы приведенных ниже превращений? *Вос* – защитной группы.



- 2) Предложите схемы синтеза (с указанием реагентов и промежуточных продуктов) веществ **D** и **E**. Используйте содержащие атомы углерода вещества в качестве реагентов.

NB! Механизмы приводить не нужно.



Задача 3 (Эстония)

Химия неизвестного вещества (5 баллов)

Впервые вещество **X** было получено в середине 20-ого века. Это достижение подтвердило существование нового класса веществ. Газ **Y** был использован в качестве одного из реагентов в синтезе **X**. Интересно, что до конца 20-ого века не существовало чисто химического метода синтеза **Y**. Приведённая ниже последовательность реакций, представляет собой синтез вещества **X**, начиная с синтеза вещества **Y**, с использованием обычных химических веществ.

- $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{минеральная кислота A} + \text{соответствующая соль B} \rightarrow \text{комплекс } 22,2\% \text{ Mn} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
 - Полуметалл **D** + газ **E** (простое вещество) \rightarrow жидкость **F** (40,7% **D**)
 - $\text{F} + \text{A} \rightarrow \text{жидкость G (56,2\%)} + \text{минеральная кислота H}$
 - $\text{C} + \text{G} \rightarrow \text{комплекс металла I (44,3\% D)} + \text{соль J (49\% Mn)} + \text{газ Y (простое вещество)}$
 - $\text{Y} + \text{K} \rightarrow \text{M}$ (**K** – благородный металл)
 - $\text{M} + \text{L (1:1)} \rightarrow \text{X}$
- 1) Напишите формулы веществ **A–M**, **X**, **Y**.
 - 2) Напишите уравнения реакций 1–6.

Задача 4 (Литва)

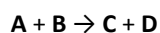
Химический осциллятор (8 баллов)

Химическая кинетика – одна из наиболее захватывающих областей химии и, к тому же, она тесно связана с термодинамикой. Для решения задачи вы можете использовать любой источник информации, но **обязательно** приведите ссылку на использованный вами источник (книги, сайты, лекции). *Пишите объяснения на английском языке.*

Часть 1

Начнём с некоторых экспериментальных методов, по той причине, что они являются неотъемлемой частью жизни любого уважающего себя химика. Хотя грамотно распланированный эксперимент уже стал обыденностью современного учёного, существует опасность, что оборудование во время эксперимента не сработает должным образом, и тогда не остаётся другого выхода, кроме как модифицировать методику.

Давайте рассмотрим следующую реакцию:



Для того, чтобы определить порядок реакции по реагентам **A** и **B** был поставлен соответствующий эксперимент. Зависимость концентраций от времени была измерена с помощью спектрометра. Однако из-за неисправности монитора читаемыми остались только последние две цифры. Были получены следующие данные.

Таблица 1: данные из двух серий измерений. (1st), (2nd), (3rd) показывают, сколько раз данные цифры высвечивались на экране после того, как они были записаны. Если написано «*. *99 (2nd)», то это означает, измерение было сделано, когда «*. *99 (2nd)» появилось на экране во второй раз.

No.	Time (the 1 st trial)	Absorbtion	Time (the 2 nd trial)	Absorbtion
0	0 s	*. *76	0 s	*. *76
1	16 s	*. *90 (1st)	12 s	*. *39 (2nd)
2	39 s	*. *52 (2nd)	24 s	*. *09 (2nd)
3	69 s	*. *95 (2nd)	41 s	*. *44 (2nd)
4	110 s	*. *98 (2nd)	59 s	*. *61 (2nd)
5	160 s	*. *73 (3rd)	87 s	*. *89 (3rd)
6	222 s	*. *29 (3rd)	112 s	*. *29 (2nd)
7	280 s	*. *46 (2nd)	140 s	*. *12 (3rd)
8	357 s	*. *58 (3rd)	179 s	*. *64 (3rd)
9	458 s	*. *94 (3rd)	230 s	*. *89 (3rd)
10	572 s	*. *43 (3rd)	297 s	*. *01 (3rd)

Несмотря на то, что спектрометр был неисправен, некоторые точные значения были всё же получены:

- Концентрация реагента **B** оставалось примерно постоянной на протяжении реакции. В первой серии измерений она была равна 1 М, а во второй – в два раза больше.
- Ширина ячейки равна 1 см и молярный коэффициент поглощения равен $4530 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.
- Исходная концентрация реагента **A** неизвестна, но она оставалось постоянной на протяжении всего эксперимента.

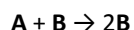
Вопросы:

- 1) Какие предположения можно сделать, работая с приведённой информацией.
- 2) Определите порядок реакции по каждому из реагентов.
- 3) Определите общий порядок реакции.
- 4) Определите начальную концентрацию **A**.
- 5) Определите реальную кинетическую константу реакции.

Для всех вышеприведённых вопросов покажите свои вычисления и вывод математических формул.

Часть 2

В этой части мы уделим больше внимания автокаталитическим реакциям. Реакция, которую мы рассмотрим выглядит следующим образом:



В вышеприведённой реакции концентрации **A** и **B** зависят от времени следующим образом:

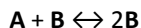
$$[A] = \frac{[A]_0 + [B]_0}{1 + \frac{[B]_0}{[A]_0} e^{([A]_0 + [B]_0)kt}}$$
$$[B] = \frac{[A]_0 + [B]_0}{1 + \frac{[A]_0}{[B]_0} e^{-([A]_0 + [B]_0)kt}}$$

Вопросы:

- 1) Начертите функции $A(t)$ и $B(t)$ на одном графике.
- 2) Отметьте значения асимптот и пересечения с осью y .
- 3) Что произойдёт с графиком если уменьшить/увеличить $[A_0] + [B_0]$?
- 4) Что случится если уменьшить/увеличить значение $[B_0]$?

Часть 3

Колебательные реакции – ещё один интересный пример автокаталитических реакций. Математическое описание этих реакции слишком трудное, чтобы можно было начертить график, поэтому давайте посмотрим на эти реакции иначе. Исследуем реакцию:

**Вопросы:**

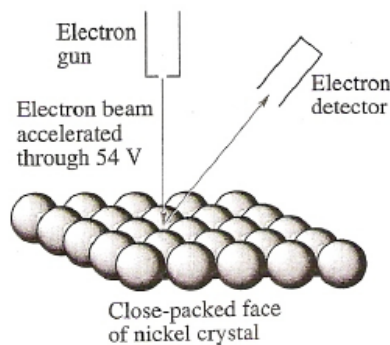
- 1) Начертите график «Энергия реагентов в зависимости от времени» для неавтокаталитической реакции. Как изменение концентрации частиц катализатора влияет на кривизну графика?
- 2) Используя принцип Ла-Шателье и знания, полученные в первом вопросе, ответьте, почему вообще существуют колебательные реакции?

Задача 5 (Литва)

Наследие Де Бройля (3 балла)

В 1927 году Дэвисон и Гермер продемонстрировали, что эксперимент по дифракции электронов на поверхности кристалла никеля может быть объяснён только наличием волновых свойств у электрона. Используя отношение Де Бройля они смогли вычислить межатомное расстояние между атомами никеля, а полученный ими результат находился в согласии с измерениями дифракции рентгеновских лучей.

Дэвисон и Гермер использовали пучок электронов, который ускорялся с помощью разности потенциалов величиной 54,0 В; электроны достигали поверхности по нормали, т.е. двигаясь перпендикулярно ей, так как показано на рисунке 1. До начала эксперимента пробу никеля нагрели до высокой температуры – это привело к образованию больших кристаллов никеля, в которых атомы расположены упорядоченно – так как на рисунке. В отличие от рентгеновских лучей, электроны не проникают глубоко в кристалл и рассеиваются преимущественно внешним слоем атомов металла. Зафиксированное рассеивание электронов было наибольшим при угле 50° по отношению к нормали – этот результат объясняется как конструктивная интерференция электронных волн рассеянных ближайшими атомами никеля.



Вычислите длину волны электронов, расстояние между рядами атомов никеля и металлический радиус никеля. Подсказка: начните с вычисления момента импульса электрона.