

**Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2025/26 уч.г.**

**9-10 класс**

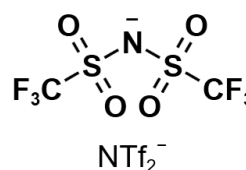
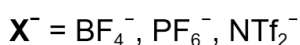
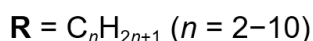
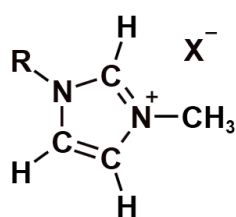
**1. Жидкие соли**

**(11 б)**

Ионные жидкости это соли, находящиеся при комнатной температуре в жидком состоянии, которые состоят из катионов и анионов неорганического или органического происхождения. Первую ионную жидкость  $[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3][\text{NO}_3]$  (нитрат этиламмония) открыл химик Пауль Вальден в 1914 году. Многие ионные жидкости нелетучие, не горят и инертны в отношении водной среды, поэтому их используют в качестве растворителя для различных реакций. В то же время ионные жидкости более вязкие, чем вода.

**a)** Напиши формулы **i)** кислоты Брэнстеда (Brønsted) и **ii)** основания Брэнстеда, при реагировании которых образуется нитрат этиламмония. (1)

Одними из распространённых ионных жидкостей являются имидазолиевые соли  $[\text{C}_n\text{MIm}][\text{X}]$ , основанные на производных метилимидазола (MIm), где R обозначает линейную углеводородную цепь определённой длины.



**b)** Определи (среднюю) степень окисления следующих элементов в соответствующих анионах ( $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{NTf}_2^-$ ): **i)** бор, **ii)** фосфор, **iii)** азот, **iv)** сера. (1)

**c)** Определи геометрию (расположение электронов) следующих молекул и ионов: **i)**  $\text{BF}_3$ , **ii)**  $\text{BF}_4^-$ , **iii)**  $\text{PF}_5$ , **iv)**  $\text{PF}_6^-$ . (2)

**d)** Определи локальные VSEPR-формулы ( $\text{AX}_n\text{E}_m$ ) в анионе  $\text{NTf}_2^-$  для **i)** атома азота и **ii)** атомов серы в сульфониальной группе. (1)

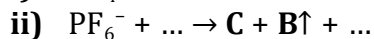
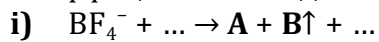
**e)** Оцени, как меняются (уменьшается, увеличивается, не меняется) следующие свойства соответствующей ионной жидкости: **i)** гидрофильность, **ii)** гидрофобность, **iii)** плотность и **iv)** электропроводность в ряду  $[\text{C}_2\text{MIm}]^+\text{X}^- \rightarrow [\text{C}_4\text{MIm}]^+\text{X}^- \rightarrow [\text{C}_6\text{MIm}]^+\text{X}^-$  при удлинении углеводородной цепи R. (1)

**f)** Оцени, как меняется (уменьшается, увеличивается, не меняется) вязкость и температура кипения ионных жидкостей в данных рядах: (1)



Инертность в отношении воды и термостабильность ионной жидкости обусловлены в первую очередь анионом, который в неблагоприятных реакционных условиях может гидролизироваться при соприкосновении с водой или разложиться при нагревании.

**g)** Напиши уравнения реакций полного гидролиза **i)**  $\text{BF}_4^-$  и **ii)**  $\text{PF}_6^-$  и расставь коэффициенты. Соединения **A** и **C** это трехосновные кислоты. (2)



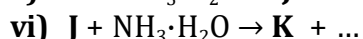
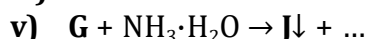
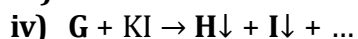
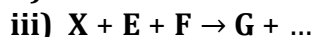
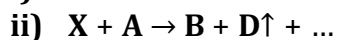
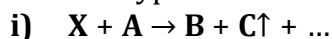
**h)** Нарисуй структурные формулы Льюиса (Lewis) кислот **i)** **A** и **ii)** **C**, образующихся в пункте **g)**. (2)

## 2. Красочные реакции

(10 б)

Известный металл **X** реагирует и с разбавленной, и с концентрированной кислотой **A**, образуя раствор, содержащий соль **B** ( $w_x = 33,88\%$ ). При реагировании с разбавленной кислотой **A** образуется в основном бесцветный газ **C** ( $w_o = 53,32\%$ ), при реагировании с концентрированной кислотой - коричневый газ **D** ( $w_o = 69,55\%$ ). С разбавленной кислотой **E** металл **X** не реагирует, однако при добавлении сильного окислителя (например бинарного вещества **F** ( $w_o = 94,07\%$ )) образуется раствор зелёно-синей соли **G** ( $w_x = 47,27\%$ ). Соль **G** участвует в нескольких интересных реакциях. При реагировании раствора **G** с раствором иодида калия образуется соль **H** и простое вещество **I**. При реагировании **G** с раствором аммиака сначала образуется синий осадок **J**, который при дальнейшем добавлении раствора аммиака образует раствор тёмно-синего комплексного соединения **K**. **K** содержит комплексный катион  $Y^{y+}$ , в октаэдрической внутренней сфере которого четыре молекулы воды, по сравнению с гидратированным ионом  $X^{x+}$ , заменены молекулами аммиака. При реагировании соли **G** с ионами, содержащимися в кислоте **E**, образуются разные комплексные анионы, например зелёный комплексный анион  $Z^{z-}$  ( $w_x = 30,95\%$ ).

а) Напиши уравнения следующих реакций и расставь в них коэффициенты. (6)



б) Нарисуй следующие структуры: (2)

i) структуру *транс*- $Y^{y+}$ ;

ii) две возможных структуры  $Z^{z-}$ , в которых лиганды центрального атома металла расположены по-разному;

iii) структуру простейшего возможного многоядерного комплексного аниона, у которого такой же массовый процент элементов, как у комплексного аниона  $Z^{z-}$ , но в котором лиганды вокруг атомов металла расположены в тригонально-бипирамидальной геометрии.

в) Напиши электронную формулу i) катиона, содержащегося в солях **B** и **G** и ii) катиона, содержащегося в соли **H**. (1)

iii) Объясни, почему соль **H** бесцветная (белая), а соли **B** и **G** цветные. (1)

## 3. Одноосновные и двухосновные кислоты

(10 б)

Водный раствор pH которого равен 3,75, содержит две одноосновных кислоты  $HA_1$  ( $K_{a1} = 1,74 \cdot 10^{-7}$ ) и  $HA_2$  ( $K_{a2} = 1,34 \cdot 10^{-7}$ ). Для титрования 100 см<sup>3</sup> раствора кислот нужно 100 см<sup>3</sup> 0,220 М раствора NaOH. Концентрации частиц в многокомпонентных водных растворах можно определить с помощью выражений баланса зарядов. Баланс зарядов учитывает, что раствор в целом электронейтральный, то есть сумма положительных зарядов равна сумме отрицательных зарядов.

а) Посчитай концентрации (моль·дм<sup>-3</sup>) кислот i)  $HA_1$  и ii)  $HA_2$  в 100 см<sup>3</sup> изначального водного раствора. Для проведения подсчетов используй упрощенное выражение баланса зарядов  $[H^+] = [A_1^-] + [A_2^-]$ . (3)

б) Посчитай pH водного раствора, который содержит 6,00·10<sup>-2</sup> М  $NaA_1$  и 4,00·10<sup>-2</sup> М  $NaA_2$  соли натрия. Используй упрощенное выражение баланса зарядов  $[OH^-] = [HA_1] + [HA_2]$ . Ионное произведение воды  $K_w = K_a \cdot K_b = 1,0 \cdot 10^{-14}$ . (3)

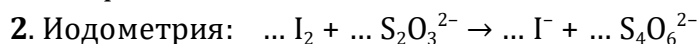
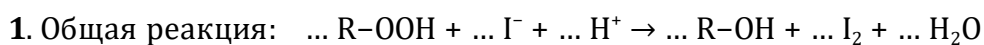
Карбоновая кислота  $H_2X$ , которая в природе содержится в основном в винограде и в цитрусовых плодах, состоит из углерода, кислорода и водорода.  $H_2X$  симметричная молекула, которая не содержит разветвленную углеродную цепь. При элементном

анализе, основанном на горении, что соединение содержит 32,01% углерода и 4,03% водорода по массе. В 50,00 см<sup>3</sup> деионизированной воды растворили 1,220 г чистой кислоты H<sub>2</sub>X. Для титрования 17,10 см<sup>3</sup> приготовленного раствора понадобилось 19,68 см<sup>3</sup> 0,2825 М раствора NaOH.

- с) Определи с помощью расчетов молярную массу H<sub>2</sub>X (г·моль<sup>-1</sup>) (1,5)  
d) Определи с помощью расчетов суммарную формулу H<sub>2</sub>X. (2)  
е) Нарисуй плоскую структурную формулу кислотного аниона X<sup>2-</sup>. (0,5)

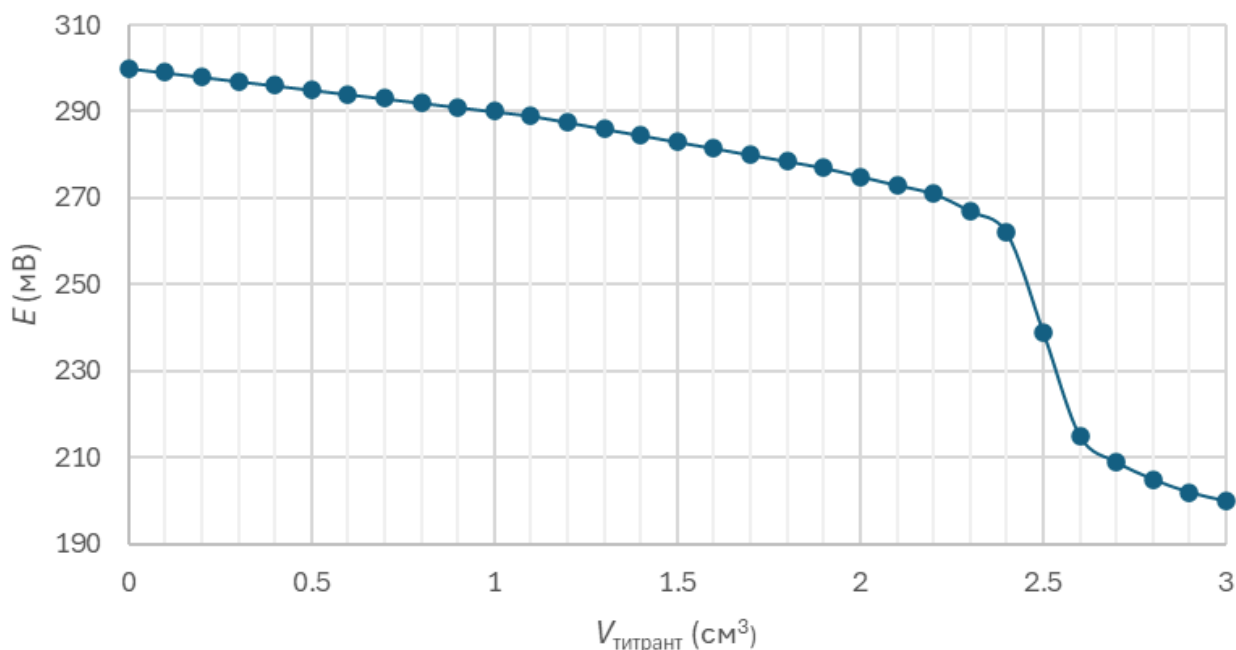
#### 4. Определение перекисного числа (9 б)

Для оценки качества жиров и масел используется перекисное число. При соприкосновении с кислородом в течение времени в ходе окисления ненасыщенных жирных кислот образуются соединения, содержащие пероксидную группу (-O-O-). Их количество можно определить с помощью иодометрии, в ходе которой количество образующегося иода определяется раствором Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Перекисное число определяется как количество веществ в пробе, которые окисляют иодид ионы и выражается в миллиэквивалентах активного кислорода на килограмм (мэкв·кг<sup>-1</sup>). 1 мэкв·кг<sup>-1</sup> = 0,5 ммоль O<sub>2</sub>·кг<sup>-1</sup>. В ходе работы проходят **реакции 1-2** (даны без коэффициентов):



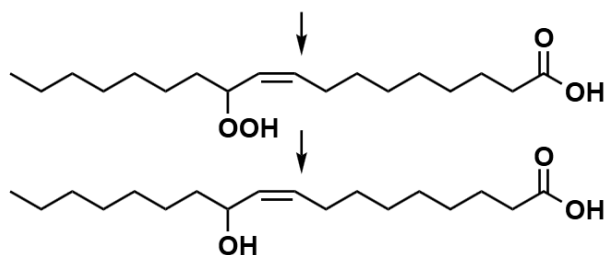
Для данного эксперимента в лаборатории используется основанный на потенциометрическом титровании автоматический титратор, который измеряет объем добавленного титранта (см<sup>3</sup>) и электродный потенциал между электродом сравнения и индикаторным электродом (мВ). В ходе титрования измеряемый электродный потенциал снижается за счет уменьшения количества свободного иода. В конечной точке титрования происходит резкий скачок измеренного электродного потенциала, по месту нахождения этой точки можно выяснить точное количество затраченного титранта.

Раствор иодида калия приготовили, взвесив 10 г KI и добавив 13 г воды. В качестве титранта использовали 0,01 М раствор Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Для анализа взяли 1 г пробы масла, к которой добавили 30 см<sup>3</sup> растворителя (60% ледяной уксусной кислоты и 40% хлороформа). В раствору добавили 0,5 см<sup>3</sup> раствора иодида калия и 30 см<sup>3</sup> деионизированной воды. Далее провели потенциометрическое титрование полученного раствора, в ходе которого получили следующий график:



- a) Расставь коэффициенты в **реакциях 1–2**. (1)
- b) Для эксперимента приготовили 100 г раствора, состоящего на 60% из ледяной уксусной кислоты и на 40% из хлороформа (по массе  $w/w\%$ ). При комнатной температуре плотность ледяной уксусной кислоты  $1,05 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$  и плотность раствора хлороформа  $1,48 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ . Посчитай, сколько  $\text{см}^3$  хлороформа и ледяной уксусной кислоты использовали для приготовления раствора. (1)
- c) Определи с помощью графика конечную точку титрования с точностью  $\pm 0,1 \text{ см}^3$ . (1)
- d) Посчитай, сколько моль свободного иода образуется при реагировании компонентов пробы с раствором KI. (1)
- e) Ниже изображено образовавшееся при разложении олеиновой кислоты пероксидное соединение, из которого в **реакции 1** образовался спирт. Нарисуй структурную формулу изначальной жирной кислоты (олеиновая кислота или (9Z)-октадеценовая кислота), из которой образовалось пероксидное соединение. (0,5)

Олеиновая кислота



- f) i) Посчитай перекисное число пробы изначальной жирной кислоты ( $\text{мэкв}\cdot\text{кг}^{-1}$ ). (1)
- ii) Предельное значение перекисного числа равно  $10 \text{ мэкв}\cdot\text{кг}^{-1}$ . Ниже предельного значения масло считается пригодным для использования, а значения выше предельного показывают, что проба начала портиться. Кратко объясни, можно ли на основании результатов анализа утверждать, является ли проба пригодной к использованию или нет. (0,5)
- g) В ходе реакции титрования происходит переход ионов тиосульфата ( $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ) в ионы тетраionate ( $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ ). Нарисуй структурные формулы Льюиса для i)  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  и ii)  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ . Подсказка: анион  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$  содержит три S-S связи, где степень окисления двух атомов серы равна 0. (2)

- h) В случае, если для проведения данного эксперимента нельзя использовать автоматический титратор, можно ли вместо него использовать обычное титрование с индикатором? Если да, то какое из следующих соединений могло бы подойти для определения конечной точки титрования данных реакций: крахмал, бромкрезоловый зеленый, фенолфталеин или ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота)? (1)

### 5. Быстрое замешательство

(9 б)

Химическая кинетика изучает протекание химических реакций во времени. В один туманный день Лаура решила изучить разложение  $N_2O_5$  в закрытом сосуде. При высоких температурах  $N_2O_5$  разлагается на коричневый газ **X** и кислород (**реакция 1**). Сначала Лаура решила выяснить, какие факторы влияют на скорость реакции и занесла свои наблюдения в таблицу. На следующий день Лаура обнаружила, что кто-то стер все плюсы из таблицы.

Фактор	Скорость растёт	Скорость не меняется	Скорость снижается
Повышение температуры			
Использование сосуда с бóльшим объемом			
Добавление кислорода			
Добавление катализатора			
Добавление азота			

Таблица 1. Влияние разных факторов на скорость реакции.

- а) i) Напиши уравнение **реакции 1** и расставь коэффициенты. (1)  
 ii) Помоги Лауре заполнить таблицу. Напиши "+" в правильную ячейку в зависимости от того, как влияет упомянутый фактор на скорость реакции (повышает, снижает или не влияет). (2,5)

Далее Лаура решила изучить кинетику **реакции 1**. Всего она сделала три опыта, каждый раз меняя начальную концентрацию  $N_2O_5$   $c_0$ . Через 100 секунд после начала реакции Лаура измеряла поглощение  $A$  (при  $\lambda = 400$  нм) газа **X**. Результаты опытов представлены в таблице ниже:

Опыт	$c_0(N_2O_5)$ , моль·дм <sup>-3</sup>	$A(X)$
1	0,020	0,10
2	0,030	0,15
3	0,05	0,25

Таблица 2. Изучение кинетики разложения  $N_2O_5$ .

- б) i) Определи порядок **реакции 1**. (1)  
 ii) Напиши кинетическое уравнение **реакции 1**. (1)

При высоких температурах газ **X** разлагается на оксид **Y** ( $M_Y = 30,01$  г·моль<sup>-1</sup>) и кислород (**реакция 2**). Теперь Лаура изучала зависимость концентрации **X** от времени. На основании данных эксперимента она сделала следующий график:

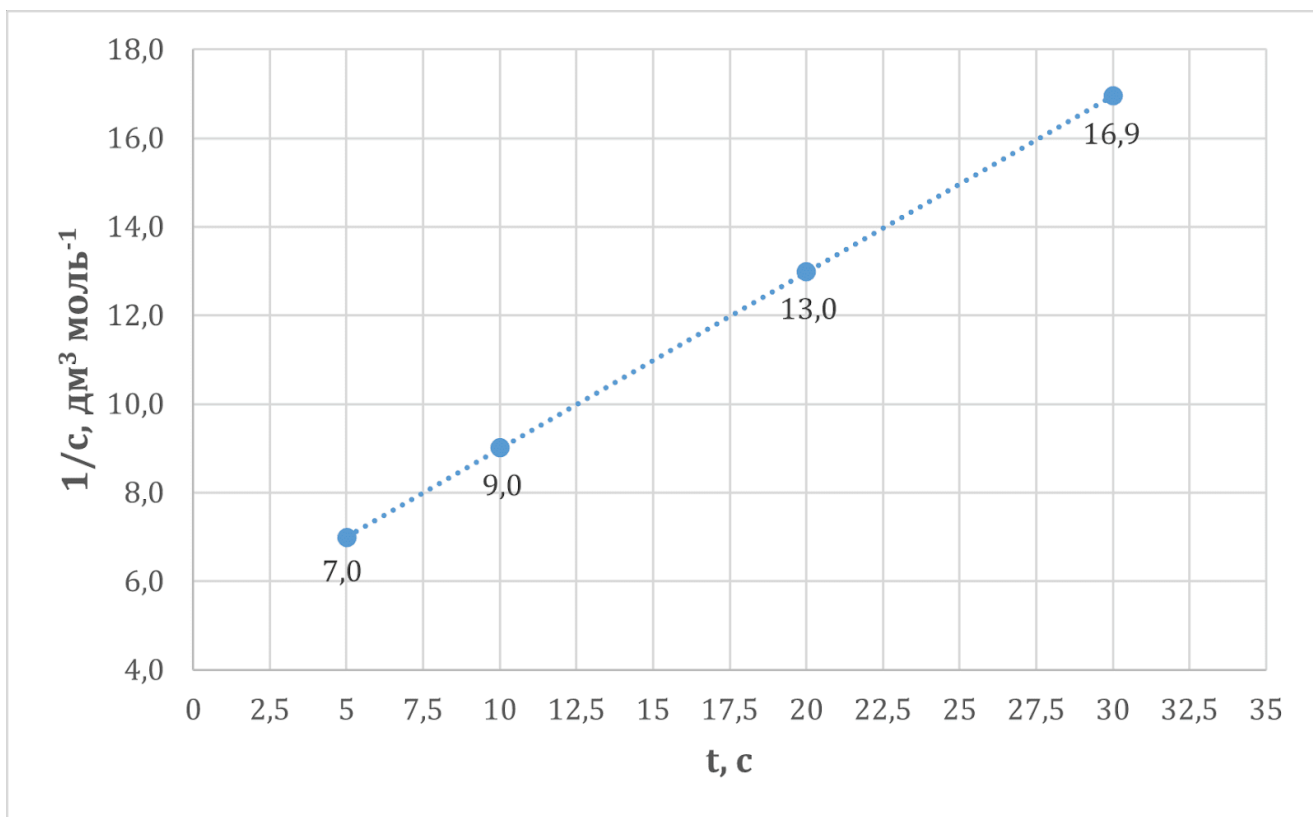


Рисунок 1. Изменение концентрации вещества X в течение времени.

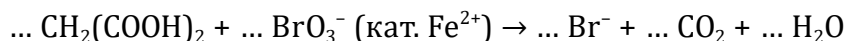
- с) i) Напиши уравнение **реакции 2** и расставь коэффициенты. (1)  
 ii) Определи начальную концентрацию X  $c_0$  (моль·дм<sup>-3</sup>) и константу скорости реакции  $k$ . (1,5)

При исследовании кинетики химических реакций часто рассчитывается период полураспада  $\tau$ , то есть время, за которое реагирует половина начального количества вещества.

- d) Определи с помощью графика период полураспада **реакции 2** (с). (1)

### 6. Самоорганизующийся раствор (11 б)

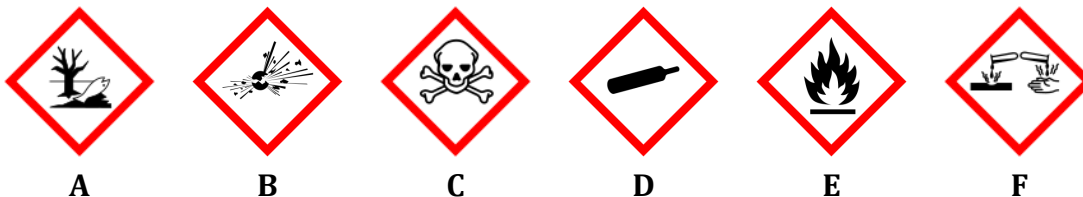
Реакция Белоусова-Жаботинского является одной из самоорганизующихся реакций, где периодическое изменение концентраций частиц многокомпонентной реакционной смеси вызывает повторяющиеся (колеблющиеся) изменения цвета, то есть конвекционные узоры. В реакции пропандиовая кислота окисляется ионами бромата ( $\text{BrO}_3^-$ ) под действием ферроина (катализатор и индикатор окислительно-восстановительного процесса, содержащий ионы  $\text{Fe}^{2+}$ ) до диоксида углерода:



- a) Расставь коэффициенты в общем уравнении реакции Белоусова-Жаботинского. (1)  
 Реакция происходит в несколько этапов путем смешивания следующих растворов в определенном порядке: подкисленный раствор  $\text{KBrO}_3$ , раствор  $\text{KBr}$ , раствор пропандиовой кислоты и раствор ферроина. Сначала ионы  $\text{BrO}_3^-$  восстанавливаются под действием бромид-ионов до свободного брома (**реакция 1**). Далее бром реагирует с пропандиовой кислотой, образуя монозамещенную 2-бромпропандиовую кислоту

(реакция 2). Окисление ионов  $\text{Fe}^{2+}$  под действием ионов бромата это автокаталитический процесс, в ходе которого образуется бромистая кислота ( $\text{HBrO}_2$ ) (реакция 3), которая повышает концентрацию брома (реакция 4). При окислении  $\text{Fe}^{2+}$  образующиеся ионы железа в высокой концентрации вызывают разложение бромпроизводной пропандиовой кислоты до муравьиной кислоты и диоксида углерода, при этом дополнительно образуются бромид-ионы (реакция 5). Лишний бром реагирует с муравьиной кислотой, заканчивая реакционный цикл и образуя диоксид углерода (реакция 6).

b) Выбери, какие пиктограммы опасности (A–F) не относятся к бром.



c) Закончи уравнения реакций 1–6 и расставь в них коэффициенты.

1.  $\dots \text{BrO}_3^- + \dots \text{Br}^- + \dots \text{H}^+ \rightarrow \dots \text{_____} + \dots \text{H}_2\text{O}$
2.  $\dots \text{_____} + \dots \text{CH}_2(\text{COOH})_2 \rightarrow \dots \text{_____} + \dots \text{H}^+ + \dots \text{Br}^-$
3.  $\dots \text{Fe}^{2+} + \dots \text{BrO}_3^- + \dots \text{H}^+ \rightarrow \dots \text{_____} + \text{HBrO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
4.  $\dots \text{HBrO}_2 + \dots \text{Br}^- + \dots \text{H}^+ \rightarrow \dots \text{_____} + \dots \text{H}_2\text{O}$
5.  $\dots \text{_____} + \dots \text{_____} + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{Fe}^{2+} + \dots \text{_____} + \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}^+ + \dots \text{Br}^-$
6.  $\dots \text{_____} + \dots \text{_____} \rightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}^+ + \dots \text{Br}^-$

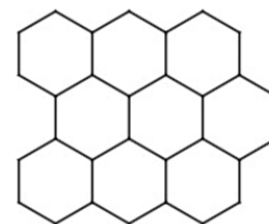
d) Напиши кратко, i) какой реагент и ii) почему вызывает смену цвета конвекционных узоров (оранжево-красный  $\rightleftharpoons$  синий)

e) В химический стакан отмерили  $70,0 \text{ см}^3$  дистиллированной воды и растворили в ней  $5,50 \text{ г KBrO}_3$ . Посчитай, сколько грамм брома образуется из  $6,0 \text{ см}^3$  этого раствора, если весь бромат превращается в бром.

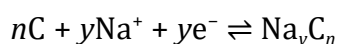
## 7. Изучение анодной реакции натрий-ионного аккумулятора

(9 б)

Использование аккумуляторов в настоящее время чрезвычайно актуально, особенно в связи с необходимостью хранения электрической энергии, произведенной с помощью возобновляемых источников энергии. Однако для производства наиболее широко используемых сегодня литий-ионных аккумуляторов необходимо применять материалы, которые присутствуют в земной коре в ограниченных количествах. Поэтому учёные постоянно ищут новые альтернативные материалы для изготовления аккумуляторов. Одной из хороших альтернатив литий-ионным аккумуляторам являются натрий-ионные аккумуляторы, в которых переносчиками заряда служат широко распространённые в земной коре ионы натрия. В качестве анода в натрий-ионных аккумуляторах используется углеродный материал с нерегулярной структурой, где атомы углерода расположены в виде шестиугольных цепей (см. рисунок рядом).

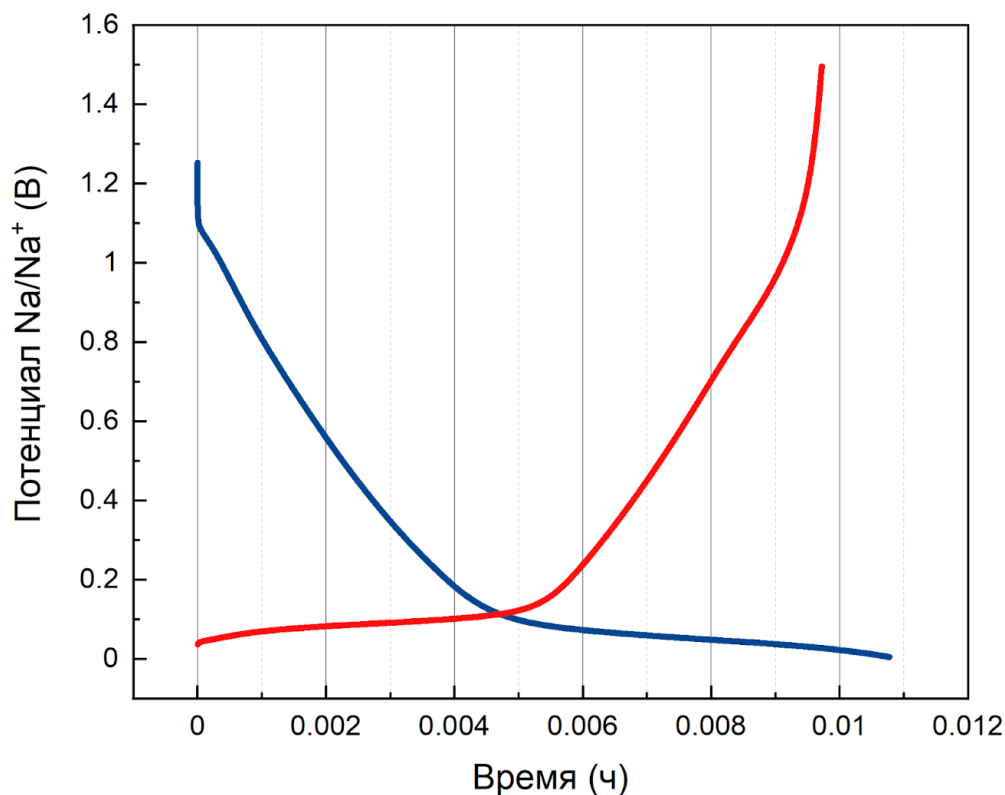


При зарядке аккумулятора ионы натрия перемещаются в углеродный материал, что можно описать приведённым ниже уравнением. При разрядке аккумулятора происходит обратная реакция:



Для оценки способности углеродного материала накапливать заряд проводится тест, в котором в качестве катода используется металлический натрий, а аккумулятор при постоянной силе тока попеременно разряжают и заряжают. В ходе эксперимента

непрерывно регистрируют время (ч), затраченное на зарядку/разрядку, и потенциал  $\text{Na}/\text{Na}^+$  (В) между клеммами аккумулятора. Полученные результаты представляют графически:



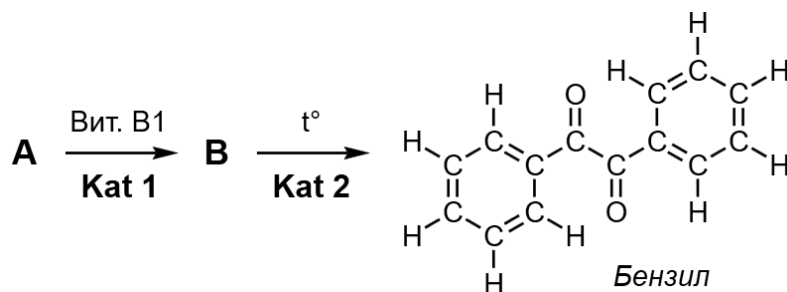
- Укажи на графике рядом с соответствующим профилем потенциала уравнение реакции, происходящей в углеродном материале. (1)
- Емкость химического источника тока  $Q$  - это физическая величина, показывающая, какое количество электрического заряда источник тока накапливает при номинальном напряжении. Ее можно рассчитать, умножив силу тока на время, затраченное на накопление электрического заряда. Рассчитай емкость аккумулятора (мА·ч) в конце полной зарядки, если во время опыта сила тока была постоянной и равна 25 мА. (1)
- При проведении опыта на аноде использовали электрод, который на 75% состоит из углерода с неупорядоченной структурой, на 15% из проводящих примесей и на 15% из связующего вещества. Общая масса электрода была 13,5 мг, из которых 8,5 мг приходилось на токовый коллектор из алюминия. Посчитай, какая была бы емкость неупорядоченного углерода на 1 грамм углерода (мАч/г). (2)
- Единица измерения электрического заряда  $q$  1 кулон (С). Это заряд, который проходит через поперечное сечение проводника при силе тока 1 ампер (А) за одну секунду (с):  $1 \text{ С} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}$ . Одному кулону соответствует  $1/1,602176634 \cdot 10^{-19}$  электронов. Посчитай значение  $u$  анодной реакции, если  $n = 12$ . Масса электрона  $m = 9,10938356 \cdot 10^{-31}$  кг, молярная масса электрона  $M = 5,49 \cdot 10^{-7}$  г/моль. (5)

## 8. Домашний синтез бензила

(10 б)

Нужна ли для органического синтеза сложная аппаратура, или для этого достаточно средств, которые можно найти на любой хорошо оборудованной кухне, а также продуктов из продуктового магазина? Далее мы рассмотрим один возможный проект, который доказывает, что даже дома можно провести органический синтез более простого типа.

Для домашнего синтеза бензина понадобятся несколько таблеток витамина В1, пара щепоток катализатора (**Kat 1**), миндальный экстракт, немного уксуса и средство для снятия лака без ацетона.



Сначала измельчи несколько таблеток витамина В1, добавь миндальный экстракт и пару щепоток **Kat 1**. Затем тщательно перемешай полученную смесь и нагрей её в микроволновой печи в течение примерно 1 минуты. После этого накрой емкость фольгой и сделай в ней карандашом несколько отверстий, чтобы жидкость могла частично испаряться. Через пару дней образуются белые кристаллы (**B**), которые можно отделить от раствора фильтрованием через кофейный фильтр. Чтобы получить бензил, нужно смешать полученные кристаллы в ступке с **Kat 2** и нагревать в микроволновой печи около 10 минут. Образующиеся жёлтые кристаллы и есть кристаллы бензила. Чтобы удалить из бензила **Kat 2**, необходимо перенести смесь в шприц без поршня или в небольшую рюмку и медленно добавить пищевой уксус. При этом выделяются пузырьки газа. Затем нужно добавить органический растворитель (средство для снятия лака), которое может содержать, например, метилацетат. Поскольку водная фаза и органическая фаза с разной плотностью почти не смешиваются, образуются два слоя, которые можно разделить декантацией (сливанием). После испарения растворителя образуются жёлтые кристаллы бензила.

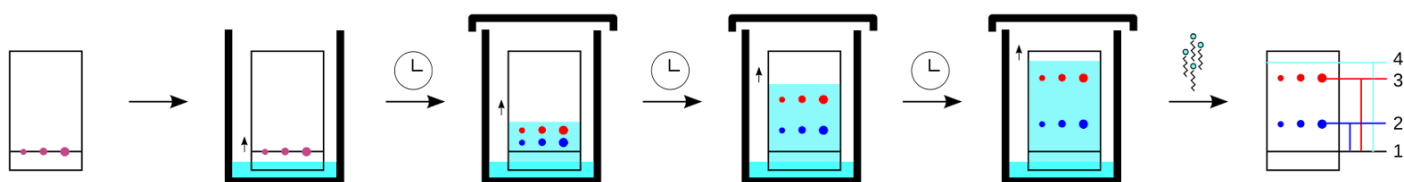
**a)** Нарисуй структурные формулы веществ **A** и **B**. Вещество **A** это альдегид (содержит группу  $-\text{C}(=\text{O})\text{H}$ ) и в веществе **B** есть только один углерод, вокруг которого четыре других атома. (2)

**Kat 1** это обычное вещество, которое можно найти на кухне. **Kat 2** получают при умеренном нагревании **Kat 1** в печи ( $\sim 80^\circ\text{C}$ ).

**b)** Напиши химические формулы **Kat 1** и **Kat 2** (2)

**c)** Закончи предложение: "Бензил в водной фазе / органической фазе." (0,5)

В лаборатории завершение реакции можно проверить с помощью тонкослойной хроматографии (TLC). Для этого небольшую каплю исследуемой смеси наносят на пластинку, покрытую полярным силикагелем, и помещают её нижним краем в смесь органических растворителей. Растворитель начинает подниматься вверх по пластинке и уносит нанесённые на неё вещества. Поскольку разделяемые вещества по-разному взаимодействуют с поверхностью пластинки, они перемещаются по ней с разной скоростью. На рисунке ниже показано разделение смеси (фиолетовые пятна) на её компоненты (красные и синие пятна). Светло-голубым цветом показана смесь растворителей. После того, как вещества разделились, растворитель испаряют, например, с помощью фена. Для каждого пятна можно определить время удержания или коэффициент удержания ( $R_f$ ), который равен расстоянию, пройденному веществом по пластинке, деленному на расстояние, пройденное растворителем.



- d) После 10 минут нагревания в микроволновой печи из реакционной смеси взяли маленькую пробу и растворили в органическом растворителе. Каплю полученного раствора нанесли на TLC пластинку. После испарения растворителя появились два пятна  $R_{f1} = 0,26$  и  $R_{f2} = 0,52$ . Определи, какое из пятен ( $R_{f1}$  и  $R_{f2}$ ) принадлежит бензилу, а какое веществу **B**. (1)

Разделение органической и водной фаз описывает коэффициент разделения  $K_j$ . В выражении  $c_{\text{орг}}$  означает концентрацию вещества в органической фазе и  $c_{\text{вода}}$  - концентрацию в водной фазе:

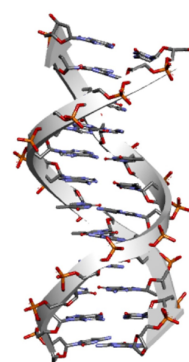
$$K_j = \frac{c_{\text{орг}}}{c_{\text{вода}}}$$

Соединение **A** окисляется на воздухе достаточно быстро, образуя соединение **C**. Для разделения этих соединений можно добавить к смеси **A** и **C** воду и с помощью NaOH сделать среду слегка основной. После этого в смесь можно добавить бензол. При взбалтывании смеси вещество **A** разделяется между водой и бензолом, коэффициент разделения  $K_j = 127$ . Предположим, что основного водного раствора  $80 \text{ см}^3$  и в нём содержится 1 г вещества **A**. Раствор экстрагируют 10 раз с помощью  $3 \text{ см}^3$  бензола.

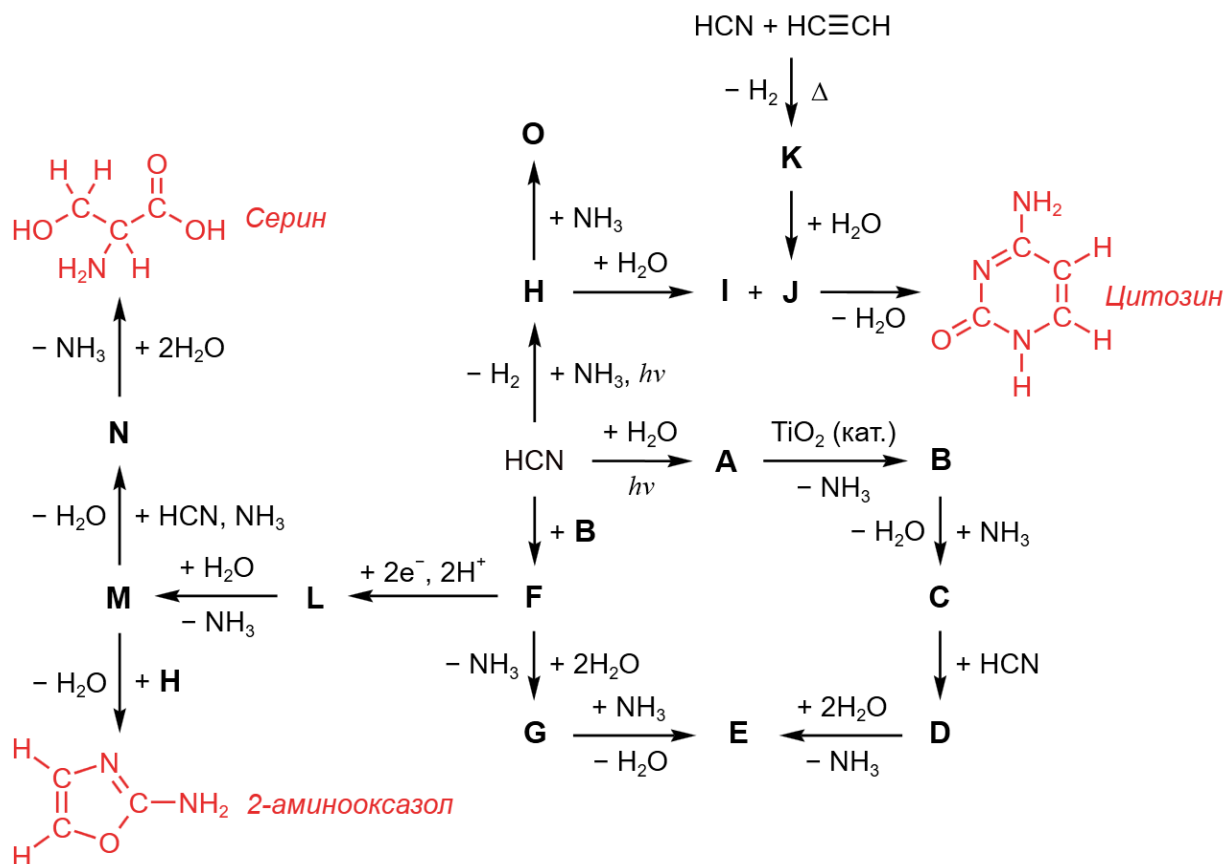
- e) Посчитай, какую часть (%) вещества **A** удалось получить из воды. (2,5)  
 f) Посчитай сколько нужно бензола для экстрагирования ( $\text{см}^3$ ), чтобы за один раз получить столько же вещества **A**, сколько получается при экстрагировании 5 раз с помощью  $3 \text{ см}^3$  бензола. (2)

## 9. Пребиотическая химия

Из низкомолекулярных соединений, то есть соединений с небольшой молекулярной массой, таких как  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCN}$  и др., в ходе биохимических процессов образуются многие типы высокомолекулярных, то есть имеющих большую молекулярную массу, биомолекул, например: белки, углеводы, липиды (например, жиры) и нуклеиновые кислоты (например, наследственное вещество ДНК). Пребиотическая химия изучает химические процессы, происходившие на Земле до возникновения жизни и которые могли привести к образованию первых более сложных биомолекул. Цианистый водород ( $\text{HCN}$ ) обнаружен во внеземных средах, например в межзвездных газовых облаках и в составе комет. На планете Земля это соединение в большом количестве встречается вблизи вулканов и гидротермальных источников (подводных горячих источников). Ниже показаны некоторые реакции, связанные с цианистым водородом, при образовании биологически важных исходных соединений, которые в зависимости от условий среды могли происходить как в космосе, так и на Земле.



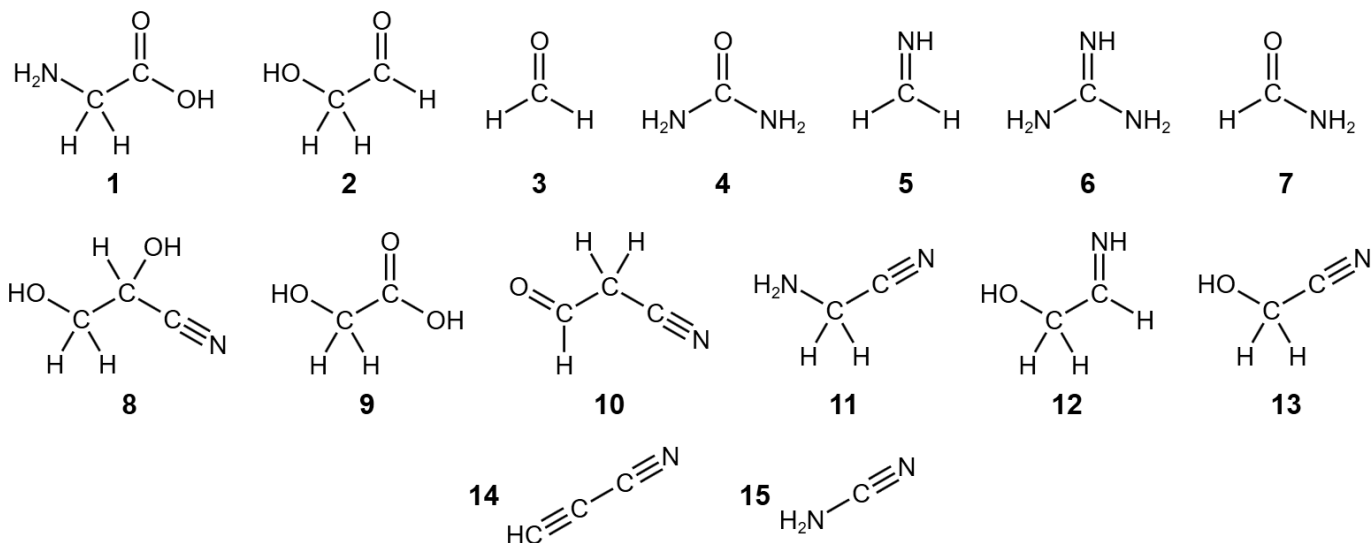
(11 б)



Символ  $\Delta$  (дельта) обозначает повышенную температуру и  $h\nu$  (световое) излучение.

- a) Определи степень окисления каждого атома углерода в изображенной на рисунке структуре цитозина. (1)
- b) Обведи функциональную группу в молекуле серина, которая ведет себя i) как основание Брэнстеда при добавлении ионов водорода и ii) как кислота Брэнстеда при добавление гидроксид-ионов. (0,5)
- c) Определи соединения А–О. Заполни ячейки таблицы, соответствующие обозначениям, подходящими номерами соединений (1–15). Каждое соединение можно использовать только один раз! (7,5)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O



При окислении цианистого водорода может образоваться циановая кислота (HOCN), которая существует в виде четырёх различных структурных изомеров, содержащих группу CN, включая фульминную кислоту, изоциановую кислоту и изофульминную кислоту. Соответствующие изомеры, в свою очередь, делятся на две таутомерные пары. Таутомерами называют структурные изомеры с одной и той же молекулярной формулой, находящиеся между собой в равновесии и отличающиеся положением определенного атома или группы.

**d)** Закончи плоские структурные формулы соединений, представленных на схеме. В каждой структуре уже даны атомы водорода. Не забудь подписать формальные заряды атомов там, где это надо. *Подсказка: фульминная кислота содержит связь C-H.* (2)

