

При гидрировании диметилксалата образуются метанол **В** и этиленгликоль **З**. Взаимодействие этиленгликоля с диметилксалатом дает циклический диэфир этиленоксалат **И**. Полимеризация **И** приводит к образованию полиэтиленоксалата **К**.

*Формулы веществ:*

<b>А</b>	
<b>Б</b>	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$
<b>В</b>	$\text{CH}_3\text{OH}$
<b>Г</b>	$\text{CO}$
<b>Д</b>	$\text{O}_2$
<b>Е</b>	гемоглобин (структурная формула не требуется), гем – полный балл, если просто указано «железо» - половина баллов.
<b>Ж</b>	 (допускается изображение таутомеров)
<b>З</b>	
<b>И</b>	(формула  также оценивается полным баллом)
<b>К</b>	 (за неверно выбранное мономерное звено – половина баллов)

**Критерии оценивания:**

Формулы веществ **А–К** – по 2 балла (всего 20 баллов)

Ответ без расчетов – 0 баллов

Итого 20 баллов.

## Задача 2.

Аминокислота **I**, открытая лишь в конце XX века, входит в состав активных центров некоторых жизненно важных ферментов и содержит 8,33% азота (по массе). Лабораторный синтез аминокислоты **I** можно осуществить следующим образом. К суспензии гидрохлорида серина (2-амино-3-гидроксипропановой кислоты) в тетрагидрофуране по каплям прибавляют эквимолярное количество  $\text{SOCl}_2$ . Упаривание раствора приводит к кристаллизации ионного соединения **II**, содержащего 44,31% хлора (по массе). При взаимодействии  $\text{NaBH}_4$  с суспензией простого вещества **III** в этаноле получается соль **IV**, летучее бинарное соединение **V** с сильным неприятным запахом, простое вещество **VI** и соединение **VII**, горящее зеленым пламенем. Для селективного протекания реакции, необходимо, чтобы боргидрид натрия и вещество **III** были взяты в соотношении 2 : 3 (по молям). К раствору соединения **II** добавляют водный раствор аммиака, пока pH не станет равен 9. После этого к полученному раствору добавляют спиртовой раствор соли **IV**. Полученный раствор подкисляют до pH = 2 и охлаждают. При этом выпадают кристаллы вещества **VIII**. На последней стадии вещество **VIII** растворяют в 0,5 М растворе NaOH и небольшими порциями прибавляют  $\text{NaBH}_4$ . Подкисление до pH = 5,5 приводит к образованию аминокислоты **I**. Определите вещества **I–VIII** и запишите уравнение синтеза соли **IV**.

**Решение:** Рассчитаем молярную массу аминокислоты **I** в расчете на 1 атом азота:

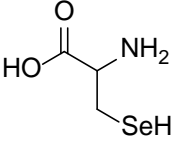
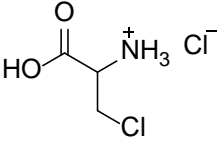
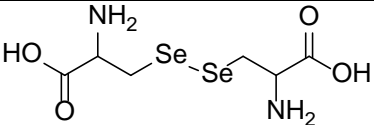
$$14/0,0833 = 168 \text{ г/моль}$$

Вычитая из этого значения молярную массу фрагмента  $\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ , который присутствует практически во всех аминокислотах, получаем 80 г/моль, что соответствует группе  $\text{SeH}$ . Таким образом, аминокислота **I** – это селеноцистеин.

Взаимодействие серина с хлористым тионилем приводит к замене группы OH на Cl.

Твердое простое вещество **III** – селен. В задаче описывается синтез селеноцистина **VIII** и его восстановление до селеноцистеина **I**.

Формулы веществ:

<b>I</b>	 (допускается запись в цвиттер-ионной форме)
<b>II</b>	 (допускается запись в форме гидрохлорида) за непротонированную форму – половина баллов
<b>III</b>	Se
<b>IV</b>	$\text{Na}_2\text{Se}_2$
<b>V</b>	$\text{H}_2\text{Se}$
<b>VI</b>	$\text{H}_2$
<b>VII</b>	$\text{B}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$
<b>VIII</b>	

**Уравнения реакции:**



**Критерии оценивания:**

Формулы веществ I–VIII – по 2 балла (всего 16 баллов)

Уравнение реакции – 4 балла (с неверными коэффициентами – 2 балла)

Итого 20 баллов.

**Задача 3.**

Соль **W**, состоящая из трех элементов и содержащая 46,93 % натрия (по массе), является довольно необычной. Если поместить соль **W** в воду, то получится раствор, имеющий сильнощелочную среду. Соль **W** взаимодействует с углекислым газом с образованием соединений **X** и **Y**, каждое из которых находит широкое применение. Получают соль **W** сплавлением соединения **X** с бинарным соединением **Z**, содержащим 74,19 % натрия (по массе) при высоком давлении.

Определите вещества **W–Z**. Изобразите структуру Льюиса для аниона в соли **W**. Рассчитайте pH раствора, полученного при растворении 1 г соли **W** в 2 литрах воды (изменением объема раствора пренебречь). Укажите области применения соединений **X** и **Y**.

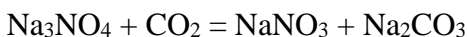
**Решение:**

Исходя из массовой доли натрия в соединении **Z**, находим, что **Z** – оксид натрия  $\text{Na}_2\text{O}$ .

Поскольку соль **W** получается при сплавлении с оксидом натрия, по всей видимости, соль **W** содержит оксоанион. Молярная масса соли **W** равна  $23/0,4693=49$  г/моль на каждый натрий в формульной единице. Перебирая различные количества натрия, находим, что формула соли **W** –  $\text{Na}_3\text{NO}_4$  – ортонитрат натрия. Ортонитрат натрия взаимодействует с водой, давая смесь нитрата натрия и гидроксида натрия:



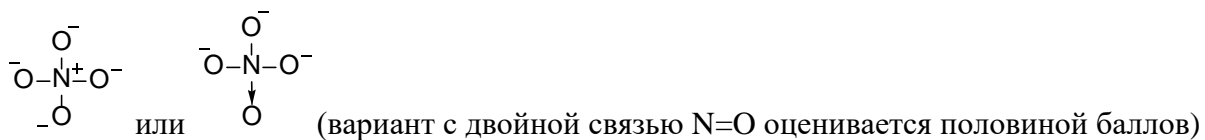
Взаимодействие  $\text{Na}_3\text{NO}_4$  с углекислым газом дает смесь нитрата и карбоната натрия:



Таким образом, вещество **X** –  $\text{NaNO}_3$ , а **Y** –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Нитрат натрия применяется как азотное удобрение (натриевая селитра) и в пиротехнике, а карбонат натрия используется в производстве стекла, мыла, стиральных порошков и др.

Структура Льюиса для аниона соли **W**:



Рассчитаем pH раствора ортонитрата в 2 л воды.

$$n(\text{Na}_3\text{NO}_4) = 1 / 147 = 6,80 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(\text{NaOH}) = 2 n(\text{Na}_3\text{NO}_4) = 0,0136 \text{ моль}$$

$$c(\text{NaOH}) = n/V = 0,0136/2 = 6,80 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

$$p\text{OH} = -\lg[\text{OH}^-] = 2,17$$

$$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 11,83$$

**Критерии оценивания:**

*Формулы веществ W-Z – по 3 балла (всего 12 баллов)*

*Структура Льюиса аниона соли W – 2 балла (1 балл, если есть связь N=O)*

*Области применения веществ X и Y – по 1 баллу (всего 2 балла)*

*Расчет pH – 4 балла (из них 1 балл за вывод о том, что среда раствора определяется гидроксидом натрия)*

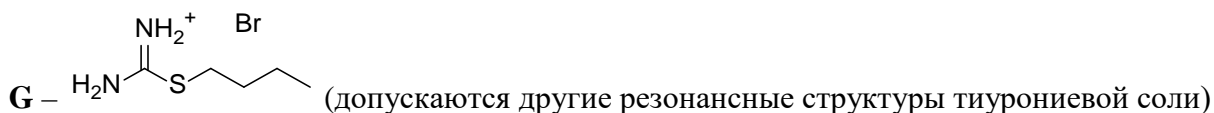
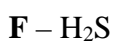
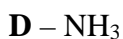
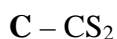
***Итого 20 баллов.***

#### Задача 4.

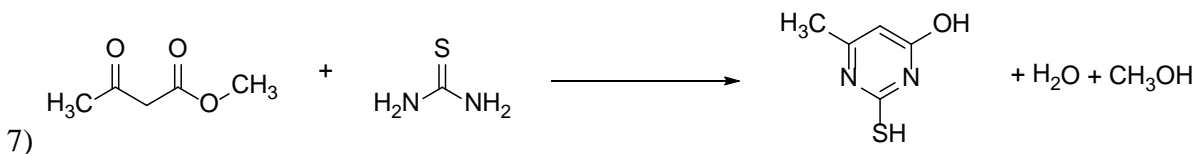
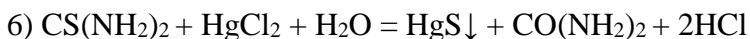
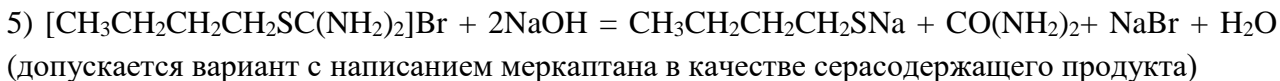
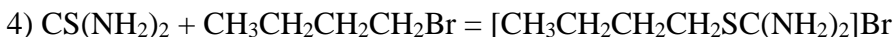
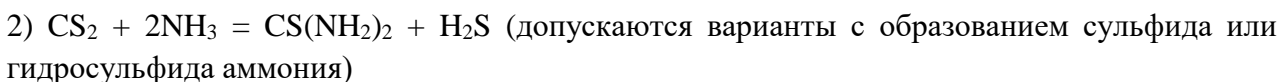
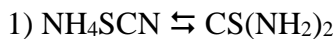
Ионное соединение **A** при нагревании обратимо изомеризуется в вещество **B** молекулярного строения (*реакция 1*), причем при 140 °С равновесная смесь содержит 28 % вещества **B**, а при 180 °С – 22 %. Альтернативным способом получения вещества **B** является взаимодействие бинарных соединений **C** и **D** (*реакция 2*). Вещество **C** является горючей, нерастворимой в воде жидкостью, а вещество **D** бесцветным газом с резким запахом, очень хорошо растворимым в воде. В промышленности вещество **B** получают взаимодействием веществ **E** и **F** с водой и углекислым газом (*реакция 3*). Известно, что вещество **E** состоит из трех элементов и содержит 50% кальция (по массе), а вещество **F** представляет собой бесцветный газ с запахом «тухлых яиц». Вещество **B** реагирует с 1-бромбутаном с образованием ионного соединения **G** (*реакция 4*). При кипячении соединения **G** в водном растворе гидроксида натрия (*реакция 5*) среди прочих продуктов образуется соединение **H**, используемое в качестве удобрения. Соединение **H** можно получить напрямую из вещества **B** при его взаимодействии с водным раствором хлорида ртути(II) (*реакция 6*). Взаимодействие вещества **B** с метиловым эфиром ацетоуксусной (3-оксобутановой) кислоты в щелочной среде приводит к образованию ароматического соединения **I** (*реакция 7*).

Определите вещества **A–I** и напишите уравнения реакций 1-7. Рассчитайте  $\Delta H^\circ$  реакции 1 (зависимостью энтальпии и энтропии от температуры пренебречь).

#### Решение:



Уравнения реакций:



Константа равновесия связана с температурой следующим соотношением:

$$\ln K = -\Delta H^\circ/RT + \Delta S^\circ/R$$

Используя значения константы равновесия при двух разных температурах получаем:

$$\Delta H^\circ = RT_1T_2 \ln(K_2/K_1)/(T_2 - T_1)$$

Переведем температуру в кельвины:  $T_1 = 140^\circ\text{C} = 413 \text{ K}$ ,  $T_2 = 180^\circ\text{C} = 453 \text{ K}$ .  
Соответствующие значения констант равновесия:  $K_1 = 0,28/0,72 = 0,389$

$$K_2 = 0,22/0,78 = 0,282$$

Подставим найденные значения констант равновесия в выражение для расчета энтальпии:

$$\Delta H^\circ = 8,314 \cdot 413 \cdot 453 \cdot \ln(0,282/0,389)/(453 - 413) = -12509 \text{ Дж/моль} = -12,5 \text{ кДж/моль.}$$

**Критерии оценивания:**

Формулы веществ А-Г – по 1 баллу ( всего 9 баллов)

Уравнения реакций 1-7 – по 1 баллу ( всего 7 баллов)

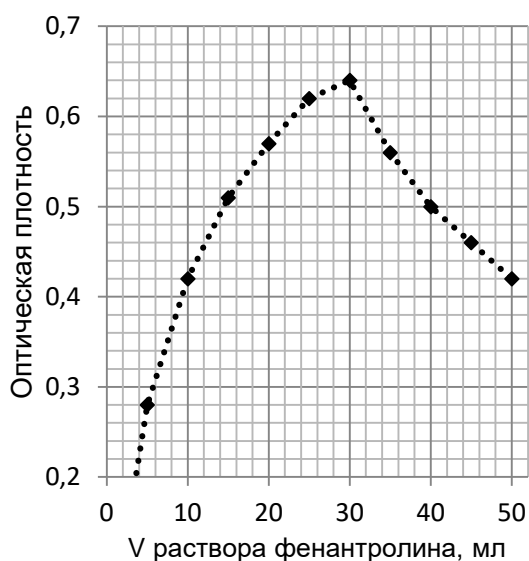
(неуравненные реакции оцениваются половиной баллов)

Расчет энтальпии – 4 балла (из них 1 балл за расчет констант равновесия, 1 балл за верно определенный знак энтальпии, 1 балл за формулу, связывающую энтальпию и константу равновесия) При верном расчете энтальпии балл за константы выставляются автоматически, даже если отдельный расчет констант не производился. Ответ без формул и расчетов – 0 баллов.

**Итого 20 баллов.**

### Задача 5.

Спектрофотометрия является эффективным методом определения концентрации веществ, поглощающих свет в видимой, а также в ближних ИК- и УФ-областях спектра. Через исследуемый раствор пропускается луч монохроматического света, после чего прибор фиксирует интенсивность прошедшего излучения. На основании полученных данных прибор выдаёт значение оптической плотности, которая связана с концентрацией поглощающего вещества и интенсивностью входящего и выходящего света законом Бугера-Ламберта-Бэра:  $A = \varepsilon \cdot c \cdot l = -lg \frac{I}{I_0}$ , где  $A$  – оптическая плотность раствора,  $\varepsilon$  ( $\frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{см}}$ ) – коэффициент экстинкции, зависящий от природы вещества и длины волны поглощаемого света;  $c$  ( $\frac{\text{моль}}{\text{л}}$ ) – молярная концентрация поглощающего свет вещества;  $l$  (см) – длина оптического пути света в растворе;  $I$  и  $I_0$  (Вт) – интенсивности вошедшего и вышедшего излучения соответственно.

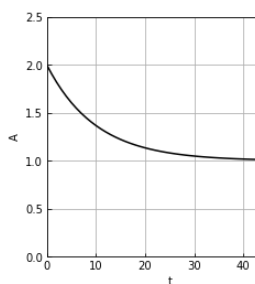


Смешали 10 мл  $2,5 \cdot 10^{-4}$  М раствора  $\text{FeSO}_4$  и  $V$  мл  $2,5 \cdot 10^{-4}$  М раствора 1,10-фенантролина в воде. Были измерены оптические плотности аликвотных порций полученных растворов. На графике слева отображена зависимость оптической плотности исследуемого раствора от  $V$  ( $\lambda = 515$  нм,  $l = 1$  см,  $I_0 = 5$  Вт,  $\text{Fe}^{2+}$  и фенантролин на этой длине волны не поглощают, спектрофотометр откалиброван по дистиллированной воде).

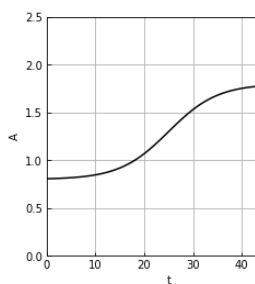
1. Определите состав образующегося комплекса.
2. Рассчитайте коэффициент экстинкции этого комплекса.

3. Сколько фотонов в секунду (в среднем) поглощает одна молекула комплекса при  $V = 30$  мл? Считайте, что в поглощении участвует весь объем раствора.

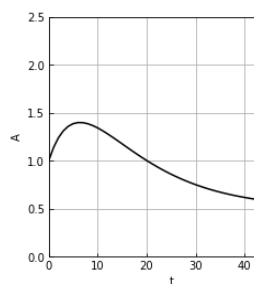
Спектрофотометрия нашла своё применение и в кинетических исследованиях: за изменением оптической плотности в ходе реакции довольно просто наблюдать, а исходя из полученных данных, можно сделать большое количество выводов. Ниже приведены графики, отображающие зависимость оптической плотности раствора от времени протекания реакций  $R \rightarrow P$  (где R – реагент, P – продукт). Механизмы этих превращений неизвестны.



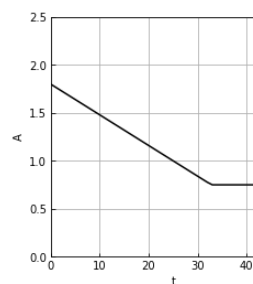
(1)



(2)



(3)



(4)



4. Определите, существуют ли модельные реакции, соответствующие приведенным зависимостям  $A(t)$  (ответ обязательно обоснуйте с точки зрения химической кинетики). Если существуют, то:

- Приведите уравнения стадий в простейшем механизме этой реакции.
- Определите, как соотносятся коэффициенты экстинкции веществ, участвующих в этой реакции
- Где возможно, определите порядки по реагенту  $R$ .

### Решение задачи

1) Из графика видно, что сначала оптическая плотность раствора возрастала до объема ~30 миллилитров, после чего уменьшается. Объяснить это можно тем, что сначала образуется комплекс, хорошо поглощающий свет при 515 нм, а затем раствор начинает разбавляться, поскольку всё железо  $2+$  прореагировало. Комплекс железа можно записать в виде  $[\text{Fe}(\text{phen})_n]^{2+}$ , тогда объем раствора 1,10-фенантролина, необходимого для стехиометрического образования комплекса, будет равен  $10n$  мл. Самый близкий целый  $n$  – 3, поэтому логично предположить, что состав комплекса –  $[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}$ .

2) При  $V = 30$  мл суммарный объем раствора будет равен 40 мл,  $\nu_{[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}} = \nu_{\text{Fe}^{2+}}^0 = C_{\text{Fe}^{2+}}^0 \cdot V^0 = 2.5 \cdot 10^{-4} \text{ М} \cdot 10 \text{ мл} \cdot 10^{-3} \frac{\text{мл}}{\text{л}} = 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ моль}$ . Тогда  $C_{[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}} = \frac{\nu_{[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}}}{V_{\text{общ}}} = \frac{2.5 \cdot 10^{-6} \text{ моль}}{0.04 \text{ л}} = 6.25 \cdot 10^{-5} \text{ М}$ . По закону Бугера-Ламберта-Бэра  $A \approx 0.64 = \varepsilon \cdot c \cdot l \Rightarrow \varepsilon_{515 \text{ нм}} = \frac{A}{c \cdot l} = \frac{0.64}{6.25 \cdot 10^{-5} \text{ М} \cdot 1 \text{ см}} = 10240 \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{см}}$

3) По определению  $A = -\lg \frac{I}{I_0} \Rightarrow I_{\text{погл}} = I_0 - I = I_0(1 - 10^{-A}) = 5 \text{ Вт} \cdot (1 - 10^{-0.64}) = 3.85 \text{ Вт}$ . Энергия одного фотона  $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ . Тогда количество поглощенных комплексом фотонов за одну секунду равно  $\frac{P}{E} = \frac{3.85 \text{ Вт}}{\frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 2.998 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{515 \cdot 10^{-9} \text{ м}}} = 9.98 \cdot 10^{18} \frac{1}{\text{с}} = 1.657 \cdot 10^{-5} \frac{\text{моль}}{\text{с}}$ .

Количество фотонов, которое в среднем поглощает одна молекула комплекса, можно найти как отношение числа поглощенных фотонов за одну секунду к количеству комплекса:

$$\alpha = \frac{1.657 \cdot 10^{-5} \frac{\text{моль}}{\text{с}}}{2.5 \cdot 10^{-6} \text{ моль}} = 6.63 \frac{1}{\text{с}}$$

Первый график:

- Похоже на обычную реакцию превращения вещества с большим  $\varepsilon$  в вещество с меньшим  $\varepsilon$   $R \rightarrow P$
- $\varepsilon_R > \varepsilon_P$
- нельзя определить.

Второй график:

- Видно, что скорость изменения оптической плотности сначала очень низкая, затем увеличивается, проходит через своё максимальное значение, и в конце начинает уменьшаться. Такое поведение свойственно автокаталитическим реакциям:  $R + P \rightarrow 2P$
- $\varepsilon_P > \varepsilon_R$
- нельзя определить.

Третий график:

- a) На этом графике наблюдается максимум оптической плотности, поэтому логично предположить наличие механизме последовательных стадий с образованием интермедиата I:  $R \rightarrow I \rightarrow P$
- b)  $\varepsilon_I > \varepsilon_R > \varepsilon_P$
- c) Нельзя определить.

Четвёртый график:

- a) Оптическая плотность линейно меняется, после чего достигает постоянного значения, что намекает на реакцию нулевого порядка:  $R \rightarrow P$
- b)  $\varepsilon_R > \varepsilon_P$
- c) Скорость изменения оптической плотности линейна, значит скорость изменения концентраций тоже линейно зависит от времени, значит это реакция нулевого порядка.

**Критерии оценивания:**

*П.1 – 2 балла за верный состав комплекса*

*П.2 – 3 балла за верный расчёт концентрации комплекса, 3 балла за коэффициент экстинкции (всего 6 баллов)*

*П.3 – 3 балла за верный расчёт количества поглощённых фотонов в секунду (из них 1 балл за расчет энергии фотона и 1 балл за расчет поглощаемой мощности). Правильно рассчитанное значение количества фотонов без отдельного расчета энергии фотона и поглощаемой мощности оценивается полным баллом. Ответ без расчетов – 0 баллов.*

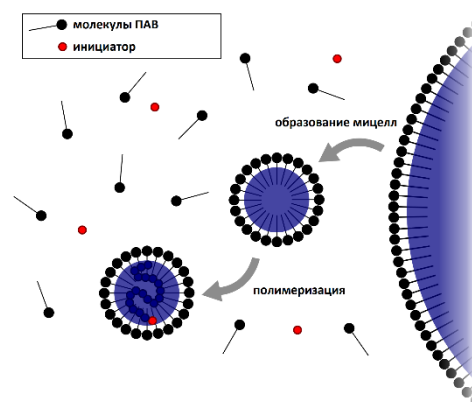
*П.4 – по 1 баллу за каждый правильный и обоснованный ответ в подпункте, из подпунктов с оценивать только для последнего графика (всего 9 баллов)*

**Итого 20 баллов**

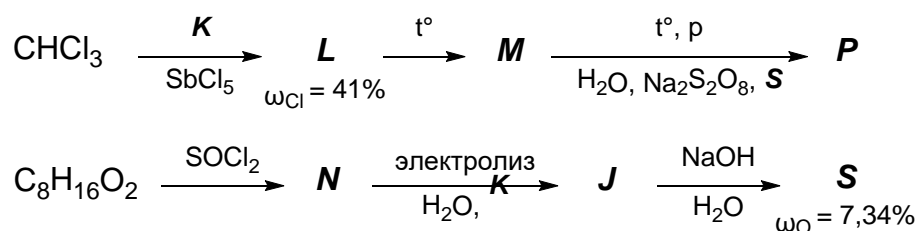
## Задача 6.

Эмульсионная полимеризация – один из распространенных промышленных способов получения полимеров. Данный процесс применяется для синтеза многих каучуков, полистирола, поливинилацетата, а также для получения широко применяемого в промышленности и быту полимера  $P$ .

Эмульсионная полимеризация применяется для радикальной полимеризации олефиновых мономеров. При проведении процесса чаще всего используют воду и мономер, нерастворимый или плохо растворимый в воде, при этом образуется эмульсия, для стабилизации которой добавляют поверхностно активные вещества (ПАВ). Молекулы ПАВ образуют мицеллы, внутри которых происходит полимеризация. При синтезе полимера  $P$  в качестве мономера используют соединение  $M$ , а в качестве ПАВ – соединение  $S$ . Для инициирования процесса используют  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ .



Мономер  $M$  и поверхностно активное вещество  $S$  получают по следующей схеме:



1. Определите и назовите вещества  $K$ ,  $L$ ,  $M$ ,  $P$ ,  $N$ ,  $J$ ,  $S$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$ , запишите уравнения представленных на схеме реакций. Где в быту можно встретиться с полимером  $P$ ? Вещество  $K$  при  $25^\circ\text{C}$  является едким бесцветным газом с относительной плотностью по неону равной 1. Из какого минерала и каким образом в промышленности получают  $K$ ? Приведите название минерала и уравнение реакции.

2. При проведении эмульсионной полимеризации важно контролировать размер образующихся мицелл. Для определения радиуса мицелл используют уравнение Эйнштейна:

$$D = \frac{K_B T}{6\pi\eta r}$$
, где  $D$  – коэффициент диффузии,  $K_B$  – постоянная Больцмана,  $T$  – температура,  $\eta$  – вязкость,  $r$  – радиус мицелл.

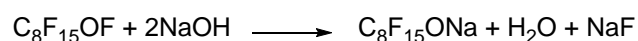
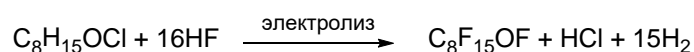
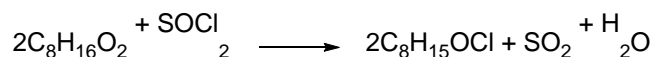
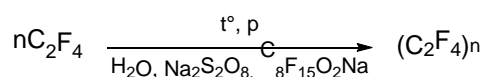
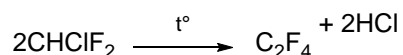
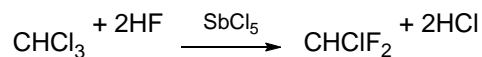
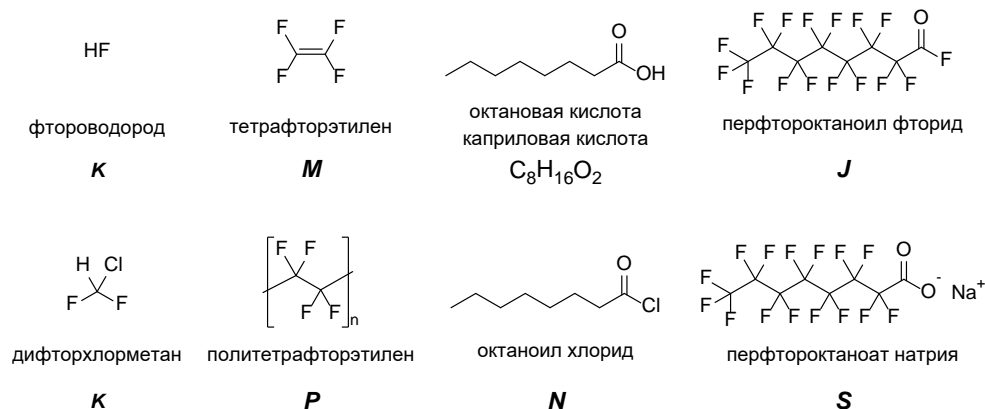
Определите радиус мицелл в среде с вязкостью  $1,03 \cdot 10^{-2}$  Пуаз, если коэффициент диффузии  $9,214 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/с, а измерения проводили при  $25^\circ\text{C}$ . Рассчитайте молярную массу мицелл и количество молекул ПАВ в одной мицелле, если плотность чистого вещества  $S$  1,13 г/мл. Для всех расчётов примите что мицеллы имеют сферическую форму и состоят только из молекул вещества  $S$ .  $K_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К. 1 Пуаз = 0,1 Па·с.

## Решение и критерии:

1. Исходя из массовой доли хлора в соединении **L** можно рассчитать молярную массу, если в соединении содержится один атом хлора, то  $M(L) = 86,5$  г/моль, за вычетом хлора и углерода остается 39 г/моль, что соответствует атому водорода и двум атомам фтора, тогда  $L = \text{CHClF}_2$  (дифторхлорметан). Исходя из схемы вещество **K** содержит фтор и может быть элементарным фтором или фтороводородом, поскольку это бесцветный газ, то  $K = \text{HF}$ . Молярная масса  $\text{HF} = 20$  г/моль, что соответствует молярной массе неона.

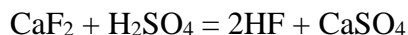
Так как эмульсионную полимеризацию проводят для олефиновых мономеров, то **M** содержит двойную связь. При пиролизе дифторхлорметана происходит отщепление хлороводорода и образование дифторкарбена, который сдвигается в тетрафторэтилен, при полимеризации которого образуется политетрафторэтилен, также известный как тефлон или фторопласт-4.

Вещество с формулой  $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$  имеет степень ненасыщенности один и содержит цикл или двойную связь. Поскольку на первой стадии действуют хлористым тионилем, то скорее всего это карбоновая кислота и из нее получают хлорангидрид. Тогда  $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$  – октановая или каприловая кислота, а **N** – октаноил хлорид. Так как вещество **S** является ПАВ и получается при взаимодействии производного карбоновой кислоты с щелочью, то скорее всего **S** это натриевая соль и в молекуле осталась карбонильная группа, тогда молярная масса **S** при расчете на два атома кислорода 436 г/моль, за вычетом двух кислорода, одного натрия и восьми углеродов остается 285 г/моль, что соответствует пятнадцати атомам фтора. Тогда вещество **S** это полностью фторированный октаноат натрия  $\text{C}_8\text{F}_{15}\text{O}_2\text{Na}$ , который получают из перфтороктаноил фторида, вещества **J**. В качестве соединения **J** также засчитывается перфтороктановая кислота и перфтороктаноил хлорид.



В быту встретиться с тетрафторэтиленом можно на кухне, тефлон используют как антипригарное покрытие для сковородок. Также из тефлона изготавливают ФУМ-ленту.

Вещество **K**, то есть фтороводород, получают из фторида кальция (название минерала плавиковый шпат или флюорит) действием серной кислоты:



*За каждое соединение и название по 0,5 б, всего 8 баллов.*

*За каждое уравнение по 0,5 б, всего 3 балла.*

*За применение тефлона 1 балл.*

*За название минерала и реакцию получения фтороводорода по 1 б, всего 2 балла.*

*Всего за первый пункт 14 баллов.*

2. Расчет по уравнению Эйнштейна проводят, переводя все единицы в СИ, тогда вязкость  $1,03 \cdot 10^{-3}$  Па·с. Радиус мицелл:

$$r = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (273 + 25)}{6 \cdot 3,14 \cdot 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot 9,214 \cdot 10^{-11}} = 2,3 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 2,3 \text{ нм}$$

*За расчет радиуса мицелл 2 балла.*

Молярную массу мицелл (также называется мицеллярной массой ПАВ) можно найти, зная объем одного моля мицелл и плотность, так как мицеллы имеют сферическую форму и состоят только из молекул ПАВ.

$$V_m = V_{\text{мицеллы}} \cdot N_A = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot N_A = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (2,3 \cdot 10^{-9})^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 0,0307 \text{ м}^3/\text{моль}$$

Умножив полученное значение на плотность можно найти молярную массу мицелл:

$$M_{\text{мицелл}} = V_m \cdot \rho = 0,0307 \cdot 1130 = 34,691 \text{ кг/моль} = 34691 \text{ г/моль}$$

*За расчет молярной массы мицелл 2 балла.*

Количество молекул в одной мицелле (также называется числом ассоциации, обозначается  $m$ ) можно найти, разделив молярную массу мицелл на молярную массу ПАВ:

$$m = \frac{M_{\text{мицелл}}}{M_{\text{ПАВ}}} = \frac{34691}{436} = 79,57 \approx 80 \text{ молекул}$$

*За расчет количества молекул в одной мицелле 2 балла.*

*Всего за второй пункт 6 баллов.*

***Итого 20 баллов.***