

Из предложенных шести задач оцениваются пять с наибольшим баллом!

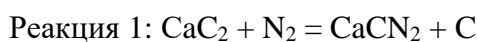
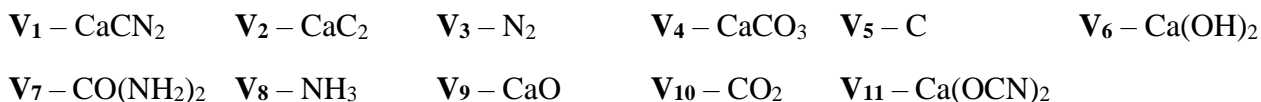
Указание: а) при расчетах значения атомных масс следует округлять до целых, кроме хлора ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$), б) в решении задачи обязательно нужно привести необходимые расчеты и рассуждения, ответ без доказательств может быть оценен в 0 баллов

Задача 1.

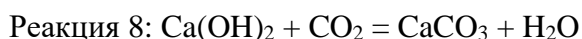
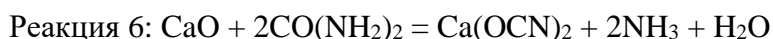
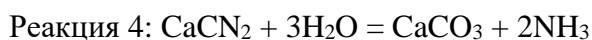
Вещество V_1 получают путем взаимодействия бинарного соединения V_2 с простым веществом V_3 при температуре $2000\text{ }^\circ\text{C}$ (*р-ция 1*). В промышленности вещество V_3 получают путем криогенной ректификации воздуха. Если вещество V_1 получать из соли V_4 и простых веществ V_3 и V_5 , то температуру синтеза удастся снизить до $1000\text{ }^\circ\text{C}$ (*р-ция 2*). При гидролизе вещества V_1 горячей водой образуется щелочь V_6 и вещество V_7 широко применяемое в качестве удобрения (*р-ция 3*). При гидролизе соединения V_1 перегретым водяным паром образуется соль V_4 и газ V_8 (*р-ция 4*). Раньше данная реакция использовалась для промышленного получения газа V_8 . Получить соединение V_1 из соли V_4 можно и другим способом. Сначала соль V_4 разлагают при нагревании на оксиды V_9 и V_{10} (*р-ция 5*). Затем оксид V_9 сплавляют с соединением V_7 с образованием соли V_{11} , газа V_8 и воды (*р-ция 6*). При нагревании соли V_{11} образуется соединение V_1 и газ V_{10} (*р-ция 7*), вызывающий помутнение раствора V_6 (*р-ция 8*).

1. Определите неизвестные вещества $V_1 - V_{11}$.
2. Запишите уравнения реакций *1 – 8*.
3. Как сейчас в промышленности получают газ V_8 ?

Решение



(вариант с образованием CO_2 оценивать половиной баллов)



Современный промышленный метод синтеза аммиака – синтез Габера: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$

Критерии оценивания

1. Формулы веществ $V_1 - V_{11}$ – по 1 баллу (всего 11 баллов).
2. Уравнения реакций 1 – 8 – по 1 баллу (всего 8 баллов).
за уравнения с неверными коэффициентами – по 0,5 балла
если хотя бы одно вещество неверно или пропущено – 0 баллов
3. Синтез Габера – 1 балл.

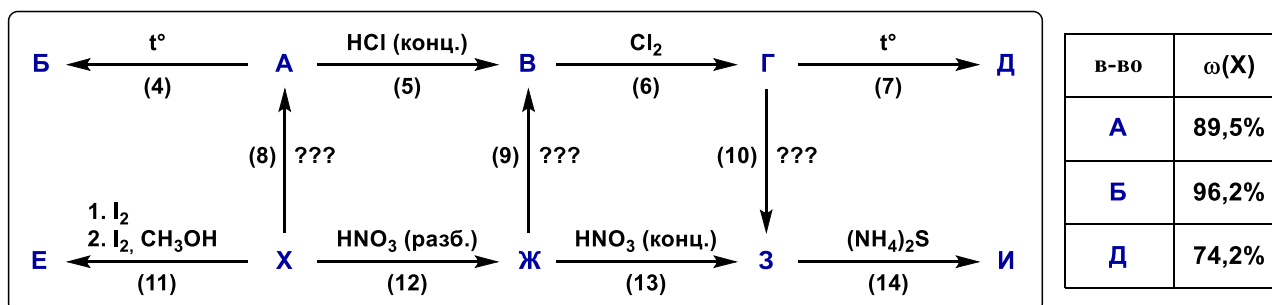
Итого 20 баллов

Задача 2.

В конце XIX века английский ученый при исследовании пыли с сернокислотных производств решил воспользоваться новым для того времени аналитическим методом – спектральным анализом. В спектре он обнаружил новую линию, которую нельзя было приписать ни одному из известных на тот момент элементов. Так был открыт элемент **X**.

Об элементе **X** в то время говорили как об элементе редком и рассеянном, однако **X** не так уж редок. Найдены даже его собственные минералы, например минерал **Y**, при обжиге 100 г которого в избытке кислорода, с последующим длительным выдерживаем твердых продуктов обжига в избытке кислорода, образуется твердый остаток такой же массы, а также некоторый газ объемом 13,06 л (н.у.) (*р-ция 1*). При этом если газообразный продукт обжига пропустить через нагретый оксид ванадия (V) с избытком кислорода, образуется другое соединение (*р-ция 2*), конденсирующееся в циклический тример при охлаждении (*р-ция 3*).

Ниже представлена схема превращений веществ **A-I**, в состав каждого из которых входит элемент **X**, в круглых скобках указаны номера реакций.



1. Определите элемент **X**, формулу минерала **Y**, ответ подтвердите расчетом. Запишите уравнения реакций 1 – 3.
2. Расшифруйте цепочку превращений, запишите формулы соединений **A-I**.
3. Напишите уравнения реакций 4 – 14. На месте знаков «???» в реакциях 8 – 10 предложите реагенты для их протекания (и условия, где это возможно).

Решение

Определить элемент **X** можно либо зная его историю открытия, либо узнать из расчета по данным об обжиге минерала. Газ, конденсирующийся в тример – SO_3 , образуется из диоксида серы и кислорода в присутствии V_2O_5 . Значит в неизвестном минерале присутствует, по-видимому, сера. Тогда можно записать формулу минерала в виде AS_x , и определить состав **A**:



Предположим, что в минерале содержится всего 1 атом серы, тогда:

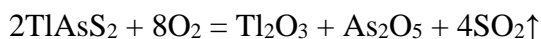
$$n(\text{минерала}) = n(\text{SO}_2) = 13,06/22,4 = 0,583 \text{ моль}$$

$$M(\text{минерала}) = 100/0,583 = 171,5 \text{ г/моль, откуда } M(\text{A}) = 139,5 \text{ г/моль}$$

Если в минерале содержится 2 атома серы (т.е. $x = 2$), тогда:

$$n(\text{минерала}) = 0,583/2 = 0,2915 \text{ моль, } M(\text{A}) = 100/0,2915 - 2 \cdot 32 = 279 \text{ г/моль}$$

Дальнейший перебор значений x , с учетом данных об обжиге, не приведет к разумным результатам, т. е. данный минерал не является бинарным соединением. В состав серосодержащих минералов часто входят атомы других неметаллов, например, мышьяка. Существует большое число минералов, в состав которых входит сера и мышьяк (реальгар, арсенипирит, аурипигмент и т.д.). Под молярную массу 139,5 г/моль может подойти либо один атом церия, либо по одному атому меди (цинка) и мышьяка. Но ни то, ни другое не подходит, так как масса остатка не будет равняться массе минерала. В то же время под молярную массу 279 г/моль прекрасно подходит атом таллия и мышьяка, что можно подтвердить расчетами:

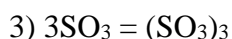
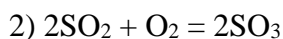
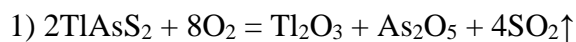


$$m(\text{остатка}) = 0,583/4 \cdot (204 \cdot 2 + 16 \cdot 5 + 75 \cdot 2 + 16 \cdot 5) = 100 \text{ г} = m(\text{минерала})$$

Следовательно, элемент **X** – **Tl**, **Y** – TlAsS_2 – минерал лорандит

К этому можно было прийти и без расчетов, зная, что таллий был открыт Круксом, который в спектре обнаружил линию зелёного цвета, что как раз и стало той самой первой «весточкой» нового элемента. Еще определить таллий можно исходя из приведенных массовых долей, например, предположив, что **A**, **Б** или **Д** являются бинарными соединениями, оксидами или хлоридами.

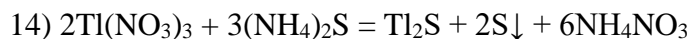
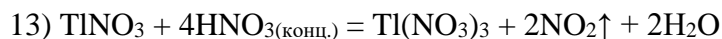
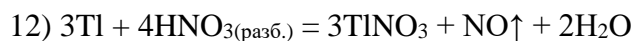
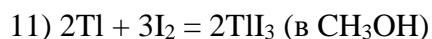
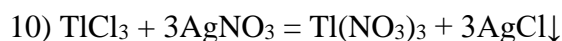
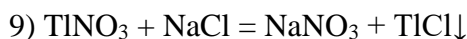
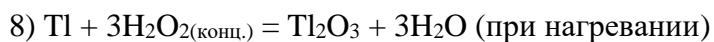
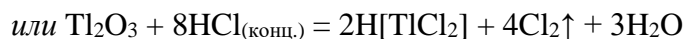
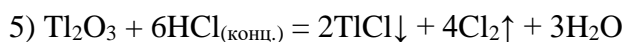
Уравнения реакций:



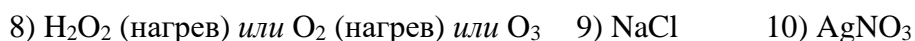
Формулы соединений:

X	Минерал Y	A	Б	В	Г
Tl	Tl AsS ₂	Tl ₂ O ₃	Tl ₂ O	TlCl	TlCl ₃
	Д	Е	Ж	З	И
	Tl ₂ Cl ₄	TlI ₃	TlNO ₃	Tl(NO ₃) ₃	Tl ₂ S

Реакции на схеме:



Пропущенные реагенты реакций «???»:



Критерии оценивания

1. Формулы **X** и **Y** – по 1 баллу

Уравнения реакций 1-3 – по 0,75 балла

за уравнения с неверными коэффициентами – по 0,5 балла

если хотя бы одно вещество неверно или пропущено – 0 баллов

Предположение, что минерал содержит серу, а при обжиге образуется SO_2 – 1 балл

Предположение, что минерал не является бинарным – 1 балл

Расчет молярной массы минерала – 1 балл

Всего за 1 пункт 6,25 балла

2. Формулы веществ **A-I** – по 0,5 балла (всего 4,5 балла)

3. Уравнения реакций 4-14 – по 0,75 балла (всего 8,25 балла)

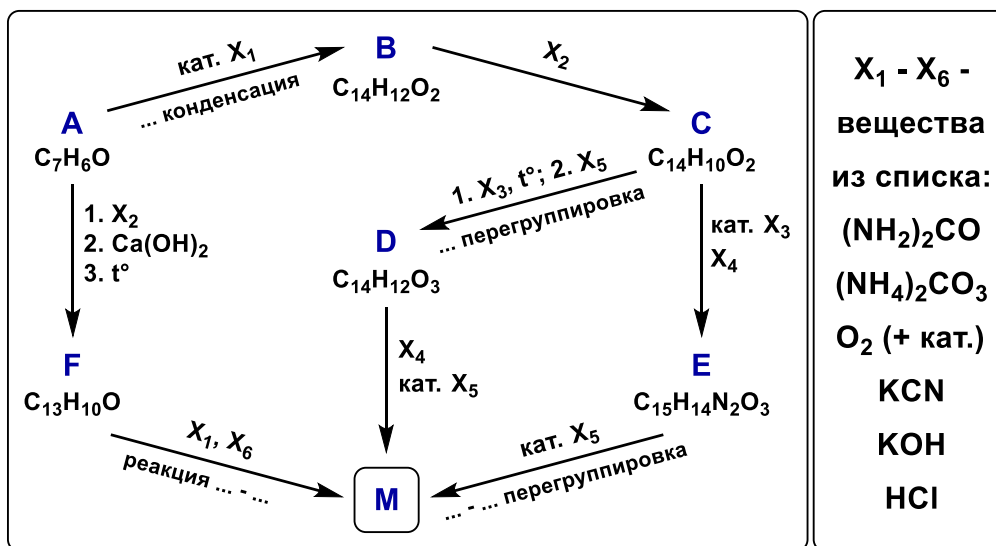
за уравнения с неверными коэффициентами – по 0,5 балла

если хотя бы одно вещество неверно или пропущено – 0 баллов

Итого 20 баллов

Задача 3.

Лекарственный препарат **М** применяется для лечения нескольких заболеваний, влияет на транспорт ионов через мембраны нервных клеток. Структура **М** содержит гетероциклический фрагмент. На схеме представлены подходы к синтезу **М** из соединения **А**. Реагенты или катализаторы реакций зашифрованы обозначениями **X₁-X₆**, при этом под каждым соединением **X** подразумевается одно вещество из списка на схеме. Также зашифрованы названия реакций, каждое «...» означает одно слово в названии реакции.



1. Определите неизвестные вещества **A-F** и **M** и приведите их структурные формулы.
2. Сопоставьте реагенты/катализаторы **X₁-X₆** и вещества из списка.

Решение

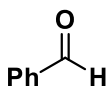
Наиболее вероятно, что играть роль катализатора могут KOH , HCl и KCN , это $\text{X}_1/\text{X}_3/\text{X}_5$. Исходя из брутто-формул и реакции конденсации можно предположить, что **A** – карбонильное соединение. Тогда **B** может быть продуктом альдольной или бензоиновой конденсации. Под следующие реакции подходит бензальдегид, который вступает только в бензоиновую конденсацию, тогда X_1 – KCN . В реакции $\text{B} \rightarrow \text{C}$ произошло окисление, тогда X_2 – O_2 , **B** – 2-гидрокси-2-фенилацетон (бензоин), **C** – дифенилэтандион (бензил). На стадии $\text{C} \rightarrow \text{D}$ последовательно обрабатывают кислотой и щелочью или наоборот. Бензил вступает в бензильную перегруппировку, для этого сначала 1,2-дикетон реагирует с щелочью, образуется соль α -гидроксикислоты, которая под действием кислоты превращается в α -гидроксикислоту, тогда X_3 – KOH , X_5 – HCl . Бензильная перегруппировка (английское название – benzilic acid rearrangement) была впервые проведена Юстусом фон Либихом в 1838 году, это первый опубликованный пример реакции перегруппировки.

Исходя из брутто-формул **E** является продуктом присоединения мочевины, тогда X_4 – мочевина. Так как **M** содержит гетероциклический фрагмент на стадии образования **M** из **D** замыкается цикл (гидантоин), образуется Фенитоин – противоэпилептическое лекарственное средство.

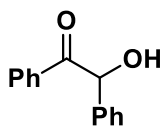
Подход к синтезу **M**, представленный на правой половине схемы, включает образование замещенного 1,2-диола и пинакон-пинаколиновую перегруппировку. Соединение **F** – бензофенон, образуется при окислении бензальдегида в бензойную кислоту и последующего термического разложения кальциевой соли. Из веществ остается X_6 , это карбонат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Реакция $\text{F} \rightarrow \text{M}$ – реакция Бухерера-Бергса, один из способов получения гидантоинов.

Структуры веществ

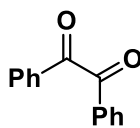
A



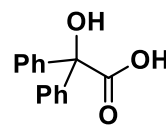
B



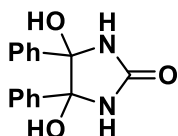
C



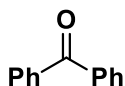
D



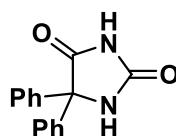
E



F



M



X₁ - KCN
X₂ - O₂ (+ кат.)
X₃ - KOH
X₄ - (NH₂)₂CO
X₅ - HCl
X₆ - (NH₄)₂CO₃

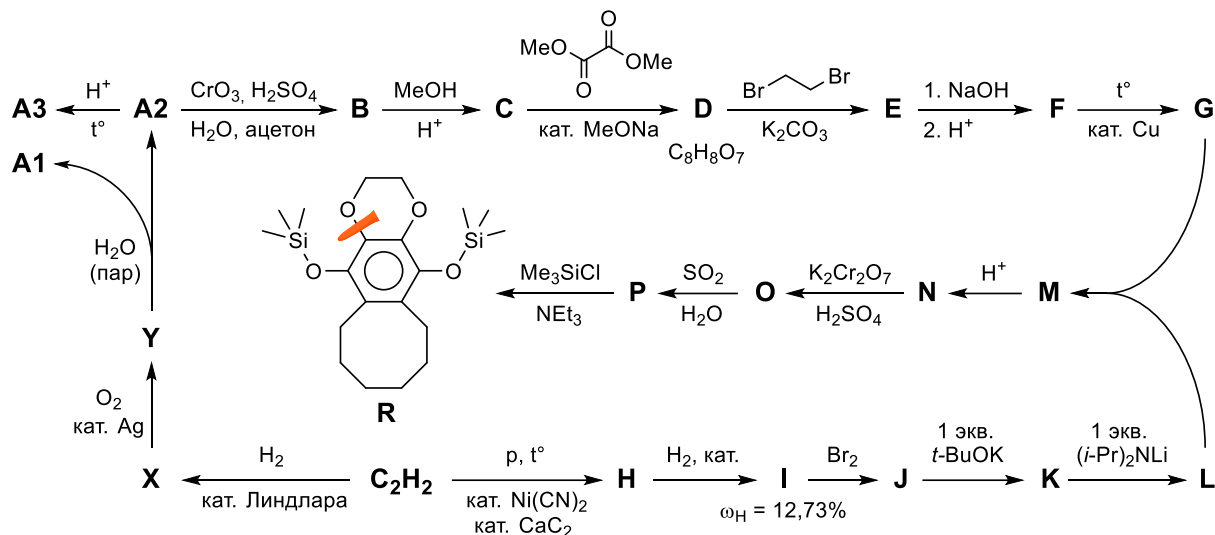
Критерии оценивания

- Структуры А-Ф и М – по 2 балла (всего 14 баллов)
- Сопоставление веществ X₁-X₆ – по 1 баллу (всего 6 баллов)

Итого 20 баллов

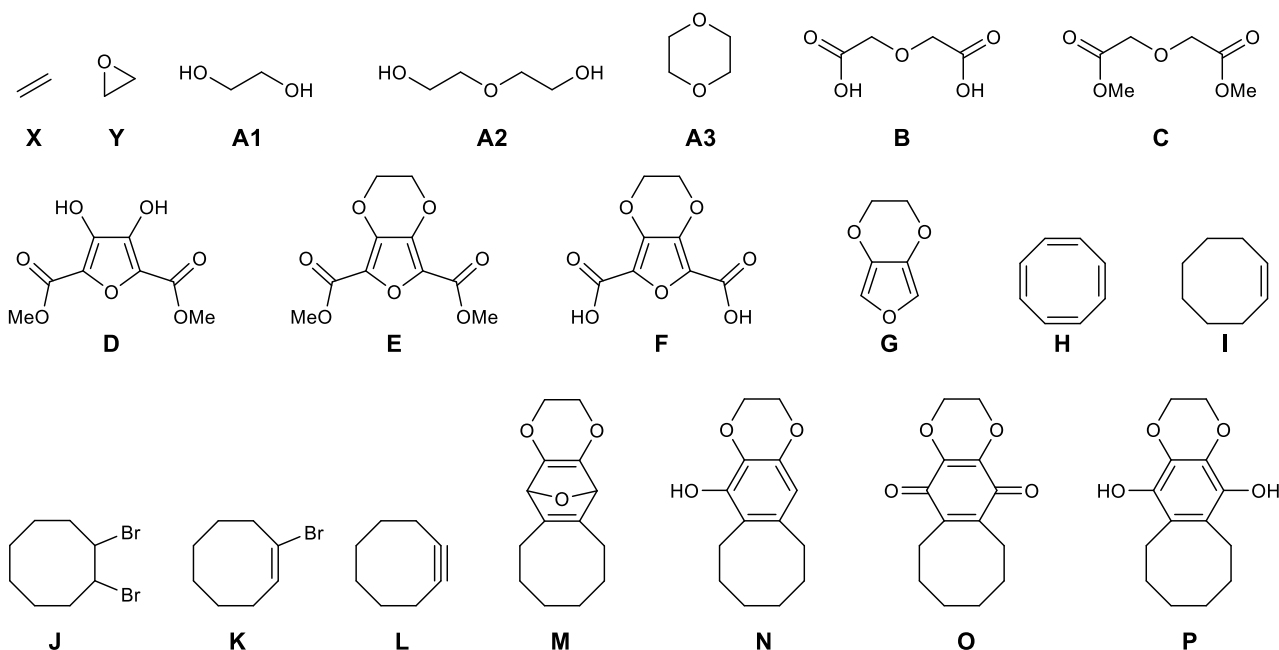
Задача 4.

На схеме представлен синтез забавного соединения **R**, напоминающего снеговика. В цепочке превращений участвуют соединения **X**, **Y**, **A1**, **A2**, **A3**, являющиеся продуктами крупнотоннажного органического синтеза. Соединение **A2** является побочным продуктом при получении **A1** в промышленном процессе газовой гидратации **Y**. Вещество **A3** используется как органический растворитель, образуется при кислотной обработке **A2**. Дополнительно известно, что структура **A3** является фрагментом соединения **R**, а вещество **D** содержит ароматический гетероциклический фрагмент.



Определите структурные формулы веществ **X**, **Y**, **A1**, **A2**, **A3**, **B** – **P** (всего 20 веществ).

Решение:



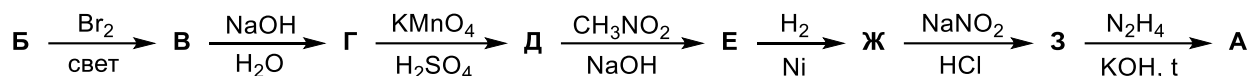
Критерии оценивания

Структурные формулы **X**, **Y**, **A1**, **A2**, **A3**, **B** – **P** – по 1 баллу.

Итого 20 баллов

Задача 5.

Теплота сгорания некоторого циклоалкана **А** составляет 2933 кДж/моль. Получить незамещенный циклоалкан **А** можно из циклоалкана **Б** с помощью следующей последовательности реакций:



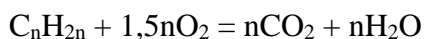
1. Определите брутто-формулу соединения **А**, ответ подтвердите расчетом.
2. Расшифруйте цепочку превращений. Приведите структурные формулы **А–З**.
3. Напишите уравнения всех реакций на схеме.
4. Рассчитайте теплоту сгорания соединения **З**.

При расчетах все вещества считайте газами и используйте следующие значения энергий связи:

Связь	Энергия, кДж/моль	Связь	Энергия, кДж/моль	Связь	Энергия, кДж/моль
C–C	348	C–O	344	O–H	460
C–H	414	C=O	708	O=O	494

Решение

Общее уравнение сгорания циклоалканов описывается уравнением:

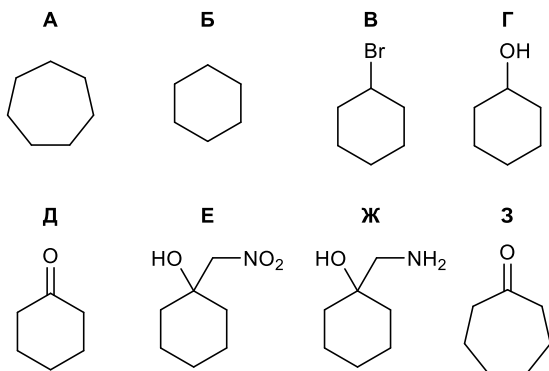


Теплоту сгорания можно записать через энергии разрывающихся и образующихся связей:

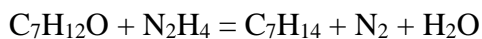
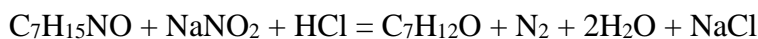
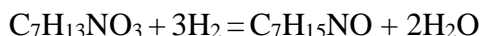
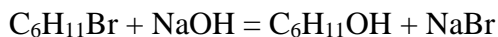
$$Q_{\text{сгорания}} = n \cdot ((2E_{\text{C=O}} + 2E_{\text{O-H}}) - (E_{\text{C-C}} + 2E_{\text{C-H}} + 1,5E_{\text{O=O}}))$$

Откуда $n = 7$, **А** – циклогептан.

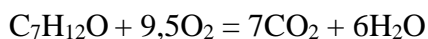
Структуры **А–З**:



Реакции:



Соединение **З** – циклогептанон, также известно как суберон, так как исторически было получено из субериновой (пробковой, октандиовой) кислоты. Реакция сгорания суберона:



Теплота сгорания суберона:

$$Q_{\text{сгорания}} = (14E_{\text{C=O}} + 12E_{\text{O-H}}) - (7E_{\text{C-C}} + 12E_{\text{C-H}} + E_{\text{C=O}} + 9,5E_{\text{O=O}}) = 2627 \text{ кДж/моль.}$$

Критерии оценивания

1. Указание общей формулы циклоалканов C_nH_{2n} – **0,5 балла**
Уравнение сгорания циклоалканов в общем виде – **1 балл**
Определение формулы C_7H_{14} – **3 балла**
или любой другой разумный расчет, приводящий к формуле C_7H_{14} – 4,5 балла
Ответ без расчета – **0 баллов**
Всего за первый пункт – **4,5 балла**
2. Структурные формулы А-З – **по 0,5 балла (всего 4 балла)**
3. Уравнения реакций на схеме – **по 1 баллу (всего 7 баллов)**
за уравнения с неверными коэффициентами – 0,5 балла
если хотя бы одно вещество неверно или пропущено – 0 баллов
4. Уравнение горения суберона – **1 балл**
Расчет теплоты сгорания З – **3,5 балла**
Всего за четвертый пункт – **4,5 балла.**

Итого 20 баллов

Задача 6.

Определение нитрат-ионов в различных объектах является одной из распространенных задач аналитических лабораторий. Содержание нитратов можно определить с помощью ионселективных электродов (ИСЭ).

ИСЭ содержат внутренний раствор с электролитом определенной концентрации и полупроницаемую мембрану. Мембрана состоит из вещества, участвующего в равновесии как с внутренним, так и с внешним раствором электролита. В случае нитрат-селективных электродов в качестве одного из компонентов мембраны используют соли, которые можно записать в виде $R^+NO_3^-$.

В результате установления равновесия в растворе на границе раздела фаз возникает равновесный потенциал E , который связан с концентрацией ионов анализируемого раствора.

При анализе растворов, содержащих только определяемый ион, потенциал ИСЭ линейно зависит от $\lg C$ и описывается уравнением Нернста:

$$E = const + \frac{2,303RT}{Z_A F} \lg C_A$$

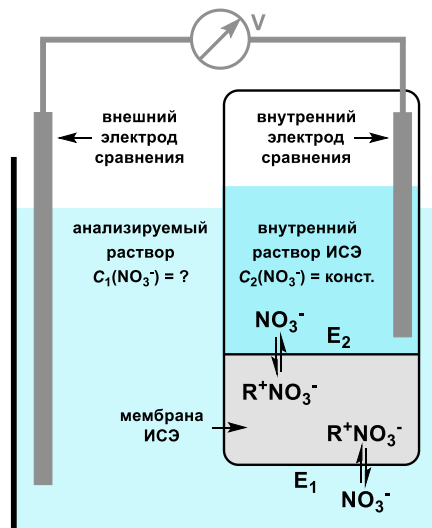
где $const$ – постоянная для данного электрода величина; $R = 8,314$ Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная; T – температура раствора в Кельвинах; Z_A – заряд определяемого иона с учетом знака; $F = 96485$ Кл/моль – постоянная Фарадея; C_A – концентрация определяемого иона.

При определении концентрации интересующего иона в растворах, содержащих мешающие ионы, может наблюдаться искажение результатов анализа. При высоких концентрациях определяемого иона (в так называемой Нернстовской области) взаимодействие ИСЭ с посторонними ионами не вносит существенный вклад в значение потенциала. При низких концентрациях определяемого иона данное взаимодействие существенно искажает результаты анализа. В таком случае зависимость потенциала от концентрации можно описать уравнением Никольского:

$$E = const + \frac{2,303RT}{Z_A F} \lg (C_A + k_{A/B} \cdot C_B^{\frac{Z_A}{Z_B}})$$

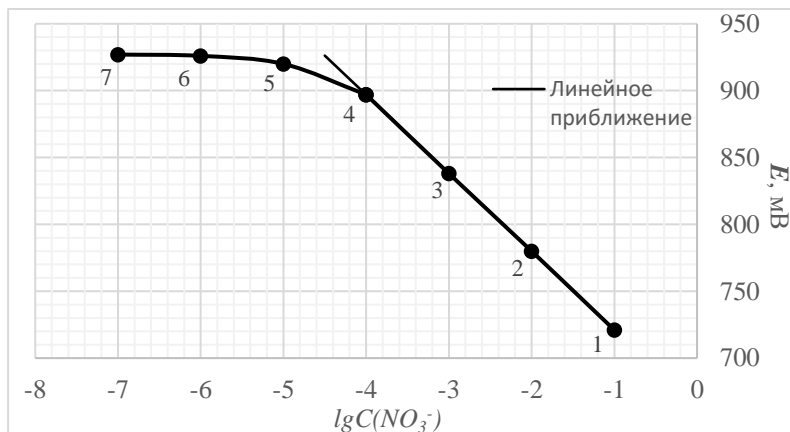
где $k_{A/B}$ – коэффициент селективности, отражает влияние мешающих ионов В на потенциал электрода, селективного к ионам А; C_B – концентрация постороннего иона; Z_B – заряд постороннего иона с учетом знака.

Для оценки коэффициента селективности используют метод постоянной концентрации мешающего иона (метод смешанных растворов). В ходе этого метода готовят модельные растворы с одинаковой концентрацией мешающих ионов. С понижением концентрации нитрат-ионов потенциал электрода все в большей степени будет определяться концентрацией мешающих хлорид-ионов. При очень низкой концентрации нитрат-ионов потенциал электрода будет определяться только концентрацией хлорид-ионов. Для определения зависимости потенциала E нитрат-селективного электрода от концентрации нитрат-ионов и коэффициента селективности $k_{NO_3^-/Cl^-}$ провели анализ семи модельных растворов нитрата



калия в 0,1М растворе хлорида калия. Экспериментальные данные приведены в таблице и на графике в координатах E от $\lg C_{NO_3^-}$.

№	$C_{NO_3^-}, M$	$\lg C_{NO_3^-}$	$E, мВ$
1	10^{-1}	-1	721
2	10^{-2}	-2	780
3	10^{-3}	-3	838
4	10^{-4}	-4	897
5	10^{-5}	-5	920
6	10^{-6}	-6	926
7	10^{-7}	-7	927



1. По данным в таблице и на графике определите наименьшую концентрацию NO_3^- , соответствующую Нернстовской области.
2. Для Нернстовской области, исходя из экспериментальных данных, определите линейный коэффициент $\frac{2,303RT}{Z_A F}$ и рассчитайте температуру раствора в эксперименте в градусах Цельсия.
3. Используя экспериментальные данные, найдите значение $const$ для данного электрода. Какую размерность будет иметь данная величина?
4. Потенциал нитрат-селективного электрода в некотором анализируемом растворе равен 832 мВ. Рассчитайте концентрацию нитрат-ионов в мг/л в этом растворе.
5. На примере мешающих хлорид-ионов запишите равновесие, происходящее с мембраной нитрат-селективного электрода, в результате которого наблюдается отклонение потенциала от линейной функции.
6. Найдите величину коэффициента селективности $k_{NO_3^-/Cl^-}$ для этого электрода.
7. В лабораторию для анализа поступил образец хлорида калия классификации «химически чистый». Для определения содержания нитратов навеску образца массой 373 мг растворили в воде, довели объем раствора до 50,0 мл, провели измерение потенциала. Затем к этому раствору добавили 10,0 мл $1,0 \cdot 10^{-4}$ М раствора KNO_3 , потенциал изменился на 3,91 мВ. Определите массовое содержание нитратов в образце.

Решение

1. Исходя из графика, наименьшая концентрация NO_3^- , относящаяся к Нернстовской области соответствует значению $\lg C_{NO_3^-} = -4$, то $C_{NO_3^-} = 10^{-4}$ М.
2. Одним из способов определения линейного коэффициента является нахождение тангенса угла наклона функции, например, для точек 4 и 6:

$$\frac{2,303RT}{Z_A F} = \frac{897 - 780}{-4 - (-2)} = -58,5 \text{ мВ} = -0,0585 \text{ В}$$

Для других пар значений получаются сходные значения, среднее арифметическое которых равно -0,0584 В.

Исходя из значения линейного коэффициента можно найти температуру:

$$T = \frac{-0,0584 \cdot Z_A F}{2,303R} = \frac{-0,0584 \cdot (-1) \cdot 96485}{2,303 \cdot 8,314} = 294 \text{ К}$$

$$t = T - 273 = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3. Для нахождения $const$ необходимо выбрать любую одну из четырех экспериментальных точек Нернстовской области и подставить в уравнение. Решение приведено для точки $E_5 = 838$ мВ, $C_3 = 10^{-3}$.

$$const = 838 - \frac{2,303RT}{Z_A F} \lg 10^{-3} = 838 - (-58,4) \cdot (-3) = 663 \text{ мВ}$$

4. Измеренный потенциал, равный 832 мВ, лежит в Нернстовской области графика, для нахождения концентрации можно использовать следующий расчет:

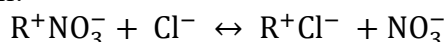
$$E = const + \frac{2,303RT}{Z_A F} \lg C_{NO_3^-} = const + (-58,4) \cdot \lg C_{NO_3^-}$$

$$\frac{(832 - 663)}{-58,4} = \lg C_{NO_3^-}$$

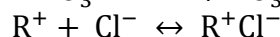
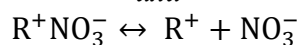
$$C_{NO_3^-} = 10^{-2,894} = 1,28 \cdot 10^{-3} \text{ М}$$

$$C_{NO_3^-} \left(\frac{\text{мг}}{\text{л}} \right) = 1,28 \cdot 10^{-3} \cdot 62 = 79 \frac{\text{мг}}{\text{л}}$$

5. Равновесие, в результате которого наблюдается отклонение потенциала, можно описать следующей схемой:



или



6. При низкой концентрации нитрат-ионов уравнение Никольского примет вид:

$$E = const + \frac{2,303RT}{Z_A F} \lg (k_{NO_3^-/Cl^-} \cdot C_B^{\frac{Z_A}{Z_B}})$$

$$927 = 663 - 58,4 \cdot \lg (k_{NO_3^-/Cl^-} \cdot 0,1)$$

$$k_{NO_3^-/Cl^-} = \frac{10^{\frac{927-663}{-58,4}}}{0,1} = 3 \cdot 10^{-4}$$

7. Поскольку указано, что хлорид калия «химически чистый», содержание соли в нем составляет не менее 99%. Для нахождения количества вещества хлорид-ионов можно пренебречь содержанием нитратов и считать, что весь образец – хлорид калия. Тогда $n(Cl^-) = 373/74,5 = 5,0$ ммоль. Поскольку в растворе присутствуют и нитрат, и хлорид-ионы необходимо проводить расчет по уравнению Никольского. Используя свойство разности логарифмов, можно получить выражение для разности потенциалов:

$$E_1 - E_2 = \frac{2,303RT}{Z_A F} \lg \frac{C_1(NO_3^-) + k_{NO_3^-/Cl^-} \cdot C_1(Cl^-)}{C_2(NO_3^-) + k_{NO_3^-/Cl^-} \cdot C_2(Cl^-)}$$

Подставив разницу потенциалов с учетом того, что при добавлении нитрат-ионов потенциал должен уменьшиться, линейный коэффициент и выразив концентрации через количества веществ (в ммоль) и объемы растворов (в мл), можно составить уравнение для вычисления количества вещества нитрат-ионов в исходном растворе (x ммоль):

$$3,91 = -58,4 \cdot \lg \frac{\frac{x}{50} + 3 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{5}{50}}{\frac{x + 10^{-3}}{50 + 10} + 3 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{5}{50 + 10}}$$

решая которое получаем $x = 1,0 \cdot 10^{-3}$ ммоль. Тогда $m(NO_3^-) = 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 62 = 0,062$ мг. Массовое содержание $\omega(NO_3^-) = 0,062/373 \cdot 100\% = 0,017\%$.

В каждом пункте допускается погрешность при определении величин, при ошибке менее 5% - полный балл

Критерии оценивания

1. *Найдена наименьшая концентрация нитрат-ионов Нернстоновской области – 2 балла*
2. *Определен линейный коэффициент – 1 балл*
Рассчитана температура раствора – 1 балл
Всего за второй пункт – 2 балла
3. *Найдено значение $const$ – 1 балл*
Указана размерность $const$ – 1 балла
Всего за третий пункт – 2 балла
4. *Определена концентрация нитрат-ионов – 3 балла*
за правильно найденную концентрацию, выраженную не в мг/л – 2 балла
5. *Приведена схема реакции – 1 балл*
6. *Правильно записано уравнение для нахождения коэффициента селективности – 2 балла*
Рассчитано значение коэффициента селективности – 2 балла
Всего за шестой пункт – 4 балла
7. *Определено химическое количество или концентрация хлорид-ионов – 1 балл*
Правильно записано уравнение или система уравнений для нахождения коэффициента селективности – 2 балла
Рассчитано химическое количество или концентрация нитрат-ионов – 2 балла
Определена массовая доля нитрат-ионов – 1 балл
Всего за седьмой пункт – 6 баллов

Итого 20 баллов