

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада ОРМО
с международным участием 2024-2025 гг.
ХИМИЯ
10 класс
Заключительный этап
Решения и критерии оценивания

10-1

Элемент X образует четыре крайне неустойчивых оксида, все они не могут быть получены прямым взаимодействием простых веществ. Оксид А – газ желто-коричневого цвета; оксид В – газ желтого цвета, оксид С – маслообразная красная жидкость, оксид D – маслянистая бесцветная жидкость. Соотношение элементов в оксидах подчиняется закону кратных отношений: на 4,44 г элемента приходится 1; 4; 6; 7 г кислорода соответственно.

Оксиды А и D являются ангидридами кислородсодержащих кислот (Е и F) элемента X, которые могут быть получены при их растворении в воде. При взаимодействии с водой оксид В образует смесь двух кислородсодержащих кислот Н и I элемента X. Оксид С также при взаимодействии с водой дает две кислородсодержащие кислоты элемента X – I и F.

При взаимодействии оксида В с раствором гидроксида натрия образуется смесь солей кислородсодержащих кислот элемента X.

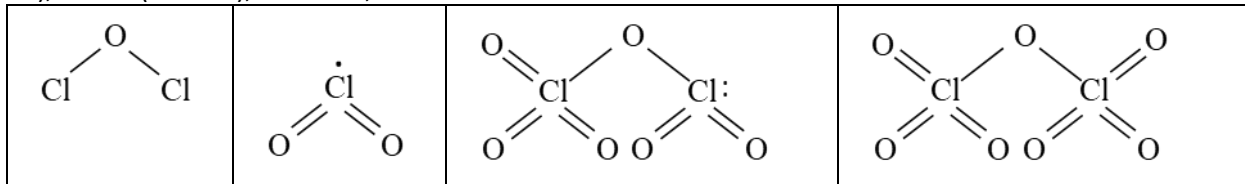
1. Назовите элемент X и оксиды А, В, С и D. Ответ подтвердите расчетом. Запишите структурно-графические формулы оксидов, укажите степени окисления элемента X.
2. Запишите уравнения получения кислородсодержащих кислот Е, F, Н, I. Назовите кислоты. Изобразите строение анионов кислот с учетом гибридизации элемента X, укажите тип гибридизации элемента X, расположение электронных пар в пространстве и геометрию ионов.
3. Запишите уравнение реакции взаимодействия оксида В с раствором гидроксида натрия. Вычислите массовую долю каждой соли в растворе, который образовался после растворения 4,48 л газа в 90 мл 12 % (масс.) раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,1309 г/мл). Изменение объема не учитывать.

Решение

1.

Соотношение масс X:O равно 4,44:1, с учетом атомной массы кислорода 71:16 для оксида А, 4,44:4 или 71:64 оксида В, 4,44:6 или 71:96 для оксида С и 4,44:7 или 71:112 для оксида D. Элемент X, это неметалл, т.к. образует кислородсодержащие кислоты, его атомная масса должна быть кратна 71, т.е. 35,5, 71, 142 и т.д. Это Cl.

А – Cl₂O, оксид хлора (I), с.о. +1. В – ClO₂, оксид хлора (IV), с.о.+4. С – Cl₂O₆, оксид хлора (VI) или (V, VII), с.о.+6 (+5 и +7), D – Cl₂O₇, с.о.+7



2.

Cl₂O + H₂O = 2HClO (Е – хлорноватистая кислота)

Cl₂O₇ + H₂O = 2HClO₄ (F – хлорная кислота)

2ClO₂ + H₂O = HClO₃ + HClO₂ (Н – HClO₂ – хлористая кислота, I – HClO₃ – хлорноватая кислота)

Cl₂O₆ + H₂O = HClO₃ + HClO₄

sp^3	sp^3	sp^3	sp^3
тетраэдрическое	тетраэдрическое	тетраэдрическое	тетраэдрическое
линейное	угловое	треугольная пирамида	тетраэдр

3.



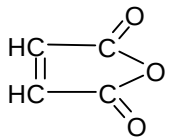
$n(\text{ClO}_2) = 4,48/22,4 = 0,2$ (моль), $m(\text{p-ра}) = 90 \cdot 1,1309 = 101,78$ (г), $m(\text{NaOH}) = 0,12 \cdot 101,78 = 12,21$ (г).
 $n(\text{NaOH}) = 12,21/40 = 0,3$ (моль). Гидроксид в избытке. $n(\text{NaClO}_3) = n(\text{NaClO}_2) = 0,1$ (моль), $m(\text{NaClO}_3) = 0,1 \cdot 106,5 = 10,65$ (г), $m(\text{NaClO}_2) = 0,1 \cdot 90,5 = 9,05$ (г).

$m(\text{p-ра})$ по исходным = $101,78 + 0,2 \cdot 67,5 = 115,28$ (г), $m(\text{p-ра})$ по продуктам = $10,65 + 9,05 + 0,1 \cdot 18 + (101,78 - 12,21) + 4,21 = 115,28$ (г). $\omega(\text{NaClO}_3) = 10,65/115,28 = 0,092$ или 9,2%, $\omega(\text{NaClO}_2) = 9,05/115,28 = 0,078$ или 7,8%.

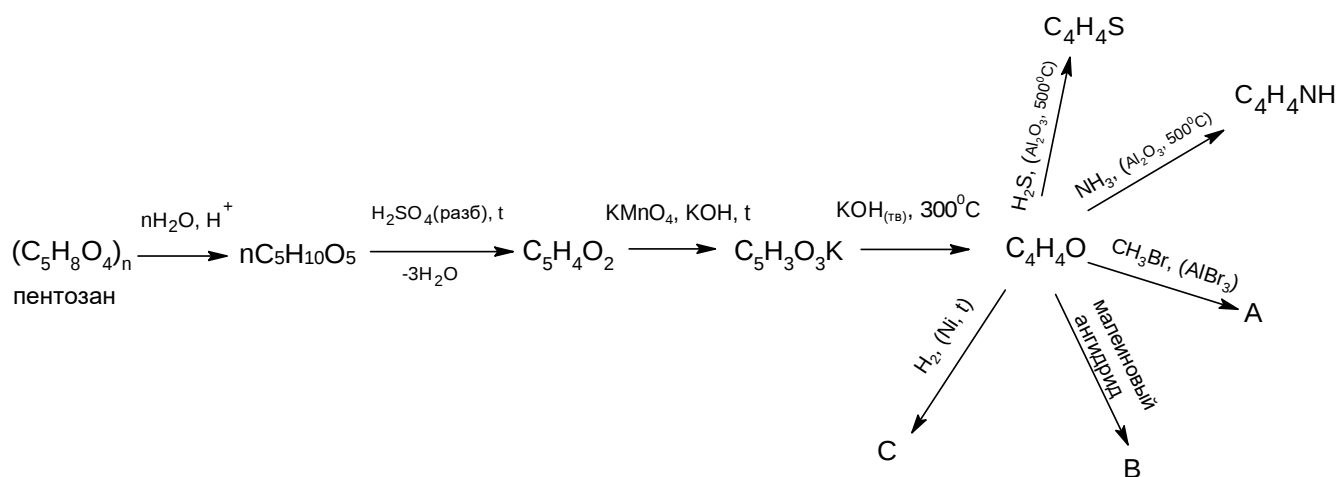
1	Назовите элемент X и оксиды А, В, С, D. Ответ подтвердите расчетом. Запишите структурно-графические формулы оксидов, укажите степени окисления элемента X. X это Cl – 2 балла Если нет расчетов, то 0 баллов За молекулярную формулу оксида – 0,5 балла За указание степени окисления – 0,25 баллов За структурно-графическую формулу – 0,5 балла	2 2 1 2
2	2. Запишите уравнения получения кислородсодержащих кислот Е, F, H, I. Назовите их и запишите структурно-графические формулы. За уравнение – 0,5 балла За название – 0,25 балла За строение аниона – 0,5 балла За тип гибридизации - 0,25 балла За геометрию аниона – 0,5 балла	2 1 2 1 2
3	Уравнение реакции взаимодействия оксидов В с раствором гидроксида натрия – 1 балл Вывод об избытке гидроксида (по результатам расчета) – 2 балла (Без расчета 0 баллов) Масса раствора – 1 балл Массовая доля каждой соли в растворе – 0,5 балла	1 2 1 1
		20

Пентозаны представляют собой полимерные соединения, состоящие из пентоз. Получают их из пятиуглеродистых сахаров, таких как, ксилоза, по аналогии как из целлюлозы получают мономеры гексоз (глюкозу). Пентозаны применяются для получения целевого продукта, с брутто-формулой $C_5H_4O_2$ – бесцветная жидкость с запахом свежее испеченного хлеба. Данный продукт представляет собой гетероциклическое пятичленное соединение. По химическим свойствам $C_5H_4O_2$ напоминает бензальдегид. Широко используется в качестве исходного сырья для получения различных антимикробных препаратов, синтетических смол, растворителей.

Соединение C_4H_4O выступает в качестве диенового компонента в реакциях Дильса-Альдера с

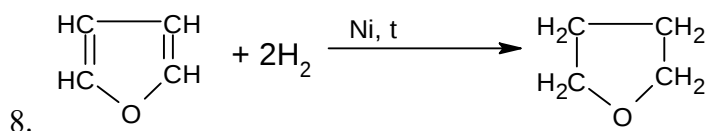
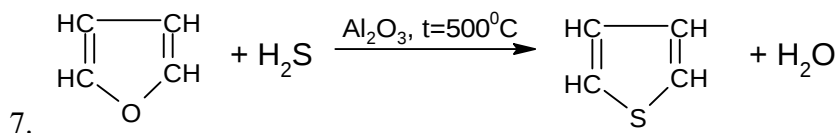
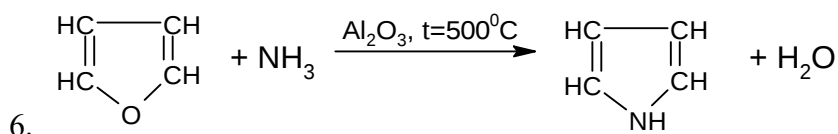
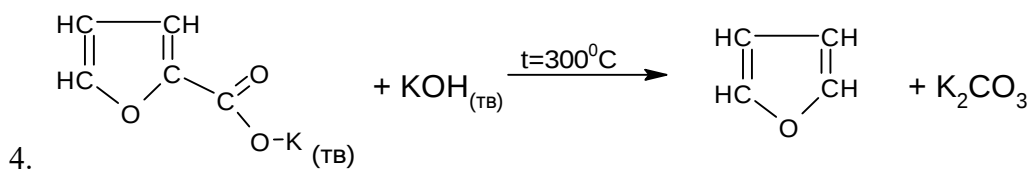
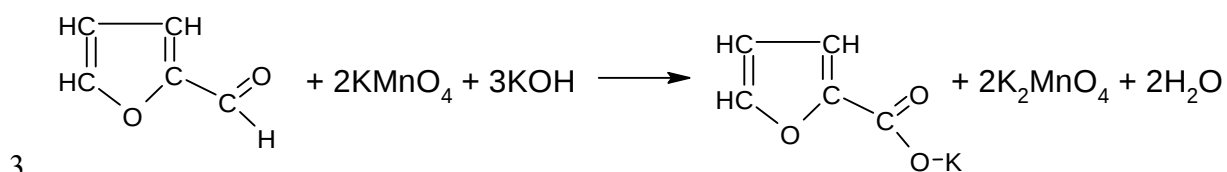
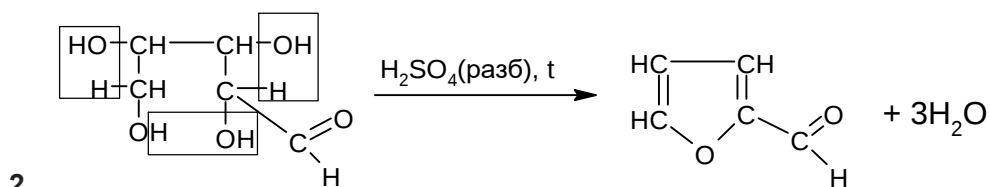
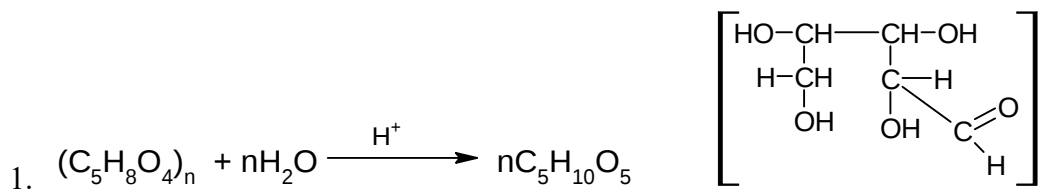


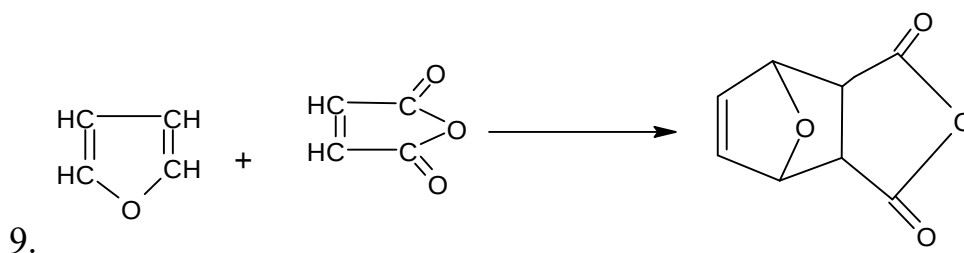
малеиновым ангидридом.



1. Изобразите структурные формулы веществ $C_5H_{10}O_5$, $C_5H_4O_2$, $C_5H_3O_3K$, C_4H_4O , C_4H_4S , C_4H_4NH , А-С.
2. Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить данные превращения.

Решение





$C_5H_{10}O_5$		2-фуранкарбальдегид, фурфураль, (Фурфурол)
$C_5H_4O_2$		2-фуранкарбоновая кислота (Пирослизевая кислота)
$C_5H_3O_3K$		Калийная соль 2-фуранкарбоновой кислоты
C_4H_4O		1-оксациклопента-2,4-диен, (оксол, фуран)
C_4H_4S		тиофен тиофуран
C_4H_4NH		пиррол
A		2-метилфуран (сильван)
B		1,2,3,6, - тетрагидро-3,6-эпоксифталевый ангидрид, аддукт фурана и малеинового ангидрида
C		тетрагидрофуран

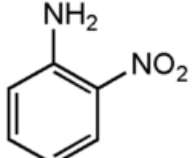
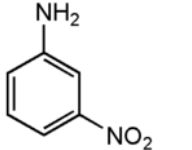
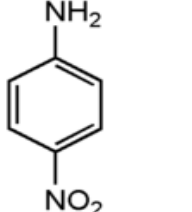
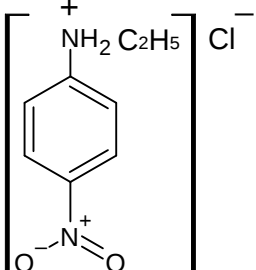
1	Структурные формулы веществ $C_5H_{10}O_5$, $C_5H_4O_2$, $C_5H_3O_3K$, C_4H_4O , C_4H_4S , C_4H_4NH , A, C – 1 балл. Структурная формула B – 2 балла	10
2	Уравнения реакций 1-8 – 1 балл. Уравнение реакции 9 – 2 балла	10
		20

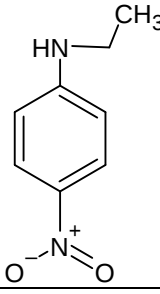
10-3

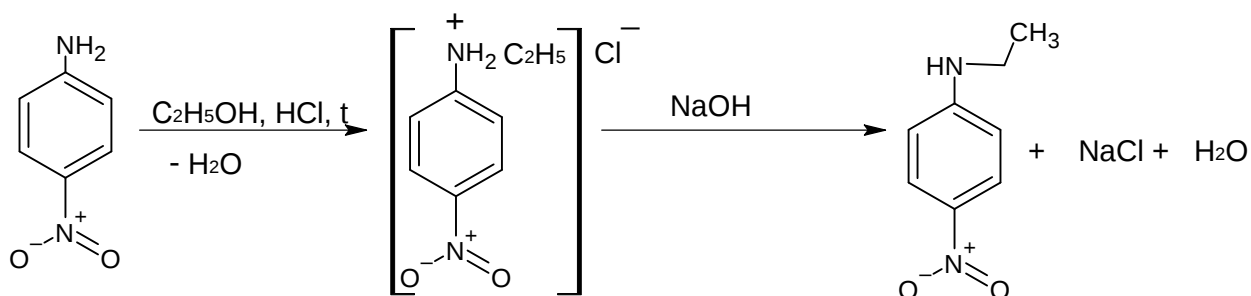
Соединение с брутто-формулой $C_6H_6N_2O_2$ может существовать в виде трех изомеров. ИК-спектр данного соединения, снятый в твердом состоянии имеет следующие полосы поглощения $\nu_{as(N-H)} \sim 3500 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{s(N-H)} \sim 3380 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{s(C-H)Ar} \sim 3080 \text{ см}^{-1}$, $\delta_{(N-H)} \sim 1610 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{as(N-O)} \sim 1580 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{(C-C)Ar} \sim 1500 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{s(N-O)} \sim 1310 \text{ см}^{-1}$, $\delta_{(C-H)} \sim 1100 \text{ см}^{-1}$, $\delta_{(N-H)} \sim 800 \text{ см}^{-1}$. При добавлении к данному веществу раствора этанола в присутствии разбавленной соляной кислоты, образуется соединение, раствор и расплав которого хорошо проводит электрический ток. Обработка полученного вещества водным раствором NaOH дает соединение состава $C_8H_{10}N_2O_2$, в ИК-спектре которого, наряду с остальными полосами поглощения, присутствует только одна полоса, характерная для валентных колебаний связи N-H $\nu_{(N-H)} \sim 3500 \text{ см}^{-1}$.

- 1) Напишите структурные формулы изомеров $C_6H_6N_2O_2$, назовите их.
- 2) С любым из изомеров напишите уравнения протекающих химических реакций. Дайте названия продуктам реакций.

Решение:

	2-нитроанилин, (о-нитроанилин, 2-нитробензоламин, о-аминонитробензол, 1-амино-2-нитробензол)
	3-нитроанилин, (м-нитроанилин, 3-нитробензоламин, м-аминонитробензол, 1-амино-3-нитробензол)
	4-нитроанилин, (п-нитроанилин, 4-нитробензоламин, п-аминонитробензол, 1-амино-4-нитробензол)
1 балл	1 балл
	4-нитро-N-этилфениламмоний хлорид

	N-этил-4-нитроанилин 4-нитро-N-этилбензоламин
2 балла	2 балла



Уравнение реакции – 2 балла

1	Структурные формулы изомеров $C_6H_6N_2O_2$ – 1 балл Названия изомеров – 1 балл	6
2	Структурные формулы продуктов – 2 балла Названия продуктов – 3 балла	10
3	Уравнения реакций – 2 балла	4
		20

10-4

В сосуде объемом 8 л при температуре 200 °С находится смесь двух газообразных углеводородов с общим давлением 491,3 кПа. В результате сгорания смеси углеводородов выделилось 1319,28 кДж тепла. Масса образовавшегося при этом углекислого газа в 3,14 раз больше, чем у исходной смеси углеводородов, причем парциальное давление углекислого газа, образующегося в ходе полного сгорания смеси, не зависит от соотношения компонентов смеси.

Задания:

1) Установите структуры углеводородов, составляющих смесь, если известно, что более тяжелый углеводород содержиткратно больше атомов водорода, чем более легкий. Известно, что легкий углеводород находит широкое применение во многих областях, особенно в производстве взрывчатых веществ.

2) Вычислите теплоты сгорания данных углеводородов, если известно, что теплота образования более тяжелого из них составляет 84,7 кДж/моль, а у более легкого равна –226,8 кДж/моль. Теплота сгорания углерода составляет 393,5 кДж/моль, теплота сгорания водорода равна 241,8 кДж/моль

3) Рассчитайте количественный состав данной смеси.

Решение:

Воспользовавшись уравнением Менделеева-Клапейрона, рассчитаем общее количество вещества для данной смеси, с учетом условий:

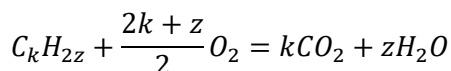
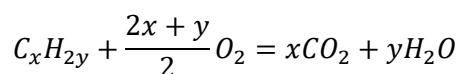
$$T = 200\text{ }^{\circ}\text{C} = 473\text{ K}; V = 8\text{ л} = 0,008\text{ м}^3; P = 491,3\text{ кПа} = 491300\text{ Па}.$$

$$pV = nRT \quad n = \frac{pV}{RT} = \frac{491300 \cdot 0,008}{8,31 \cdot 473} = 0,99994 \approx 1\text{ моль}$$

Обозначим углеводороды в смеси следующим образом: C_xH_{2y} и C_kH_{2z} , причем пусть C_xH_{2y} более тяжелый ($x > k$ и $y > z$ соответственно). Дополнительно обозначим, что $n(C_xH_{2y}) = n_1$ моль и $n(C_kH_{2z}) = n_2$ моль.

$$\text{Тогда } n_1 + n_2 = n_{\text{смеси}} = 1\text{ моль}.$$

Представим уравнения сгорания углеводородов в смеси в общем виде:

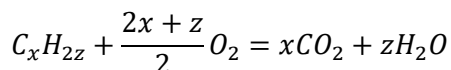
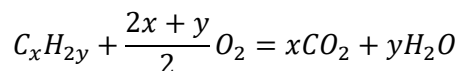


Из условия, что парциальное давление углекислого газа, образующегося при сгорании смеси, не зависит от состава смеси, можно сделать вывод, что углеводороды содержат одинаковое количество атомов С: парциальное давление газа зависит от его количества n . Из уравнений сгорания углеводородов и состава смеси количество CO_2 равно:

$$n(CO_2) = x \cdot n_1 + k \cdot n_2 = x \cdot n_1 + k \cdot (1 - n_1) = k + n_1(x - k)$$

Для того, чтобы исключить влияние состава смеси на количество CO_2 , необходимо, чтобы коэффициент перед n_1 был равен нулю, то есть $x - k = 0$ и $x = k$.

В связи с этим перепишем уравнения сгорания углеводородов и их формулы, оставив для количества атомов С только коэффициент x :



По условию задачи $m(CO_2) = 3,14 \cdot m(C_xH_{2y} + C_xH_{2z})$, отсюда согласно уравнениям сгорания углеводородов смеси:

$$m(CO_2) = 44 \cdot 2 \cdot x, \quad m(C_xH_{2y}) = 12 \cdot x + 2 \cdot y, \quad m(C_xH_{2z}) = 12 \cdot x + 2 \cdot z.$$

Воспользуемся условием, что в более тяжелом углеводороде количество атомов водорода кратно больше, чем в более легком: $y = k \cdot z$, где k – целое число. Тогда:

$$44 \cdot 2 \cdot x = 3,14 \cdot (12 \cdot x + 2 \cdot y + 12 \cdot x + 2 \cdot z) = 3,14 \cdot (24 \cdot x + 2 \cdot k \cdot z + 2 \cdot z)$$

$$88 \cdot x = 75,36 \cdot x + 6,28 \cdot z \cdot (k + 1) \rightarrow 12,64 \cdot x = 6,28 \cdot z \cdot (k + 1) \rightarrow \frac{x}{z} = \frac{6,28 \cdot (k + 1)}{12,64} \approx \frac{k + 1}{2}$$

В составе углеводородов k не может быть больше трех для углеводородов с одинаковым числом атомов С, значит либо $k = 2$, либо $k = 3$.

Если $k = 2$, то тогда $x = 1,5 \cdot z$ и $y = 2 \cdot z$. Тогда углеводороды имеют формулы: $C_{1,5z}H_{4z}$ и $C_{1,5z}H_{2z}$. В таком случае z может быть равно только 2 (при $z = 4$ и выше возникает избыточное количество атомов H) → углеводороды: пропан C_3H_8 и пропин C_3H_4 .

Если $k = 3$, то тогда $x = 2 \cdot z$ и $y = 3 \cdot z$. Тогда углеводороды имеют формулы: $C_{2z}H_{6z}$ и $C_{2z}H_{2z}$. В таком случае z может быть равно только 1 (при других значениях z возникают избыточные атомы H) → углеводороды: этан C_2H_6 и ацетилен C_2H_2 .

Из условия можно сделать вывод, что искомая смесь содержит именно этан и ацетилен, так как именно ацетилен (легкий углеводород из смеси) широко используется в промышленности и для производства взрывчатых веществ (ацетиленидов), в отличие от пропина.

Для расчета теплот сгорания углеводородов составим систему уравнений, сочетающих реакции образования из простых веществ (для учета теплот образования), а также реакции сгорания углерода и водорода (для учета теплот сгорания углерода и водорода):

1. $2C + 3H_2 = C_2H_6 + 84,7 \text{ кДж}$
2. $C_2H_6 + 3,5O_2 = 2CO_2 + 3H_2O + Q$
3. $C + O_2 = CO_2 + 393,5 \text{ кДж}$
4. $H_2 + 0,5O_2 = H_2O + 241,8 \text{ кДж}$

Реакцию сгорания этана можно представить в виде суммы реакций сгорания углерода и водорода, взятых в количестве 2 и 3 моль соответственно, за вычетом реакции образования этана из простых веществ. Рассчитаем количества теплоты, выделяющейся в ходе каждой реакции:

$Q_1 = 84,7 \text{ кДж}$ – теплота, выделившаяся в ходе образования 1 моль этана.

$Q_2 = Q$ – теплота, выделившаяся в ходе сгорания 1 моль этана.

$Q_3 = 2 \cdot 393,5 = 787 \text{ кДж}$ – теплота, выделившаяся в ходе сгорания 2 моль углерода (эквивалентное количество углерода претерпевает окисление при сжигании этана).

$Q_4 = 3 \cdot 241,8 = 725,4 \text{ кДж}$ – теплота, выделившаяся в ходе сгорания 3 моль водорода (эквивалентное количество водорода претерпевает окисление при сжигании этана).

Тогда согласно закону Гесса, можно рассчитать теплоту сгорания 1 моль этана Q :

$$Q + Q_1 = (Q_2 + Q_3)$$

$$Q = (Q_2 + Q_3) - Q_1 = 787 + 725,4 - 84,7 = 1427,7 \text{ кДж}$$

Соответственно теплота сгорания этана $Q(C_2H_6) = 1427,7 \text{ кДж/моль}$.

Аналогично рассчитаем теплоту сгорания ацетилена:

5. $2C + H_2 = C_2H_2 - 226,8 \text{ кДж}$
6. $C_2H_2 + 2,5O_2 = 2CO_2 + H_2O + Q$
7. $C + O_2 = CO_2 + 393,5 \text{ кДж}$
8. $H_2 + 0,5O_2 = H_2O + 241,8 \text{ кДж}$

$Q_5 = -226,8 \text{ кДж}$, $Q_6 = Q$ – теплота, выделившаяся в ходе сгорания 1 моль ацетилена.

$Q_7 = 2 \cdot 393,5 = 787 \text{ кДж}$ – теплота, выделившаяся в ходе сгорания 2 моль углерода (эквивалентное количество углерода претерпевает окисление при сжигании ацетилена).

$Q_8 = 241,8$ кДж – теплота, выделившаяся в ходе сгорания 1 моль водорода (эквивалентное количество водорода претерпевает окисление при сжигании ацетилена).

$$Q = (Q_7 + Q_8) - Q_5 = 787 + 241,8 + 226,8 = 1255,6 \text{ кДж}$$

Соответственно теплота сгорания ацетилена $Q(C_2H_2) = 1255,6$ кДж/моль.

Количественный состав смеси рассчитаем, составив систему уравнений:

$$Q_{\text{выд.}} = n_1 \cdot Q(C_2H_6) + n_2 \cdot Q(C_2H_2) - \text{теплота, выделившаяся при сжигании смеси.}$$

При этом $n_1 + n_2 = n_{\text{смеси}} = 1$ моль. Тогда $n_2 = 1 - n_1$

$$n_1 = \frac{Q_{\text{выд.}} - Q(C_2H_2)}{Q(C_2H_6) - Q(C_2H_2)} = \frac{1319,28 - 1255,6}{1427,7 - 1255,6} = 0,37 \text{ моль}$$

$$n_2 = 1 - n_1 = 1 - 0,37 = 0,63 \text{ моль}$$

Тогда мольная доля этана составляет $\chi(C_2H_6) = \frac{n_1}{n_{\text{смеси}}} \cdot 100\% = 37\%$ и мольная доля ацетилена равна $\chi(C_2H_2) = 100\% - 37\% = 63\%$.

1.	Определение углеводородов:	
	- расчет общего количества вещества в смеси – <i>0,5 балла</i>	0,5
	- общее уравнение сгорания углеводородов (допускаются различные варианты записи через неизвестные коэффициенты, если они не искажают решение и сохраняется мольное соотношение С и Н) – <i>0,5 балла</i>	0,5
	- вывод об одинаковом количестве атомов С в компонентах смеси – <i>2 балла</i>	2
	- расчет мольных соотношений С и Н с учетом кратности количества атомов водорода в компонентах смеси – <i>2 балла</i>	2
	- выбор смеси этана и ацетилена с исключением смеси пропана и пропина – <i>1 балл</i>	1
2	Расчет теплоты сгорания циклопропана:	
	- уравнения реакций 1-6 по <i>1,5 балла</i> за каждую (реакции 7 и 8 считаются тождественными реакциям 3 и 4 соответственно) (за отсутствие теплового эффекта в реакции снимается <i>0,5 балла</i>)	9
	- расчет теплоты сгорания этана и ацетилена – <i>2 балла</i> (за отсутствие одного из значений снимается <i>1 балл</i>)	2
3	Количественный состав смеси	
	- связь выделившейся теплоты с составом смеси и теплотами сгорания этана и ацетилена – <i>2 балла</i>	2
	- расчет мольных/объемных долей компонентов смеси – <i>1 балл</i>	1
		20

10-5

Липиды являются важными биологически активными веществами, обеспечивающими запас метаболического топлива организма, материал для построения мембран, а также являются биологическими эффекторами, регуляторами и медиаторами, участвующими во многих физиологических процессах. Полиненасыщенные высшие жирные карбоновые кислоты (ВЖК), как структурные фрагменты простых и сложных липидов, играют исключительно важную роль в

жизнедеятельности организма. Способностью формировать нужную структуру в липидной части клеточных мембран обладают только *цис*-формы ненасыщенных ВЖК, при этом двойные связи полиеновых ВЖК несопряженные и отделены друг от друга метиленовыми группами, а сами углеводородные цепи не разветвлены. В фармацевтическом анализе для оценки качества жиров, используемых в составе лекарственных препаратов или в качестве основы для получения суппозиториев, мазей, эмульсий, инъекционных растворов, используется ряд показателей, например, число омыления, иодное число и некоторые другие.

А) В сложных липидах, помимо глицерина и ВЖК, среди прочих присутствуют и аминокислоты, например, аминокислота серин (2-амино-3-гидроксипропановая кислота), аминокислоты коламин (2-аминоэтанол) и холин ((2-гидроксиэтил)триметиламмоний катион). В условиях *in vivo* предшественником холина является серин. Приведите схему синтеза, позволяющую осуществить химические превращения *серин* → *коламин* → *холин* в условиях *in vitro*.

Б) При определении величины иодного числа по методу Вейса-Хануша, навеску липида массой 0,3526 г, состоящего из триацилглицерина, содержащего ненасыщенные ВЖК, собственные названия которых **18:1, ω-9** и **18:2, ω-6**, поместили в колбу с притертой пробкой, растворили в хлороформе, прибавили 25,00 мл 0,1000 М раствора хлорида иода (I), закрыли колбу пробкой и интенсивно встряхнули. Далее выдерживали в темном месте в течение 1 часа, после чего прибавили 10%-ный раствор иодида калия и полученный раствор оттитровали 10,00 мл 0,1000 М раствора тиосульфата натрия.

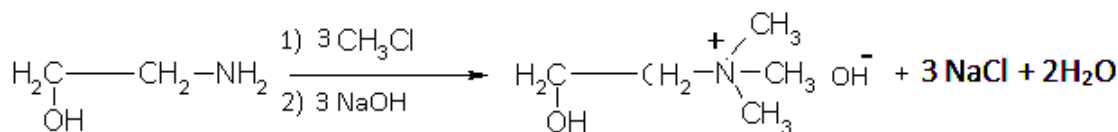
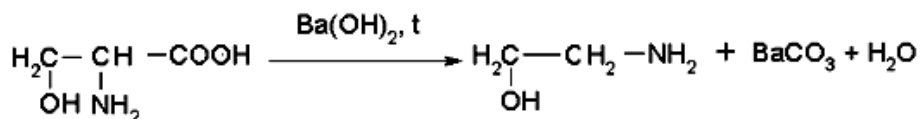
Известно, что высшая карбоновая кислота **18:1, ω-9** как более термически и химически устойчивая, используется в фармации как основа для мазей, эмульсий, масляных растворов, а кислота **18:2, ω-6** является одним из важных компонентов керамидов кожи.

На основании полученных результатов анализа:

- определите строение триацилглицерина, напишите его структурную формулу, исходя из того, что все непредельные фрагменты ВЖК находятся в *цис*-форме, а в глицериновом фрагменте присутствует хиральный атом углерода. Назовите триацилглицерин по систематической номенклатуре, укажите α- и ω-атомы углерода в структуре карбоновых кислот сложного эфира.
- Для данного липида рассчитайте **иодное число** по Вейсу-Ханушу (в соответствии с общей фармакопейной статьей, как массу (в граммах) хлорида иода (I), связанную со 100 г липида). Поясните, о чем свидетельствует величина иодного числа?
- Для данного липида рассчитайте **число омыления** (в соответствии с общей фармакопейной статьей, как массу КОН (в мг) необходимую для омыления 1,00 г сложного эфира). Для проведения анализа навеску липида массой 2,00 г поместили в колбу с обратным холодильником, прибавили 25,00 мл 0,5000 М спиртового раствора КОН и нагревали на водяной бане в течение 30 мин до получения прозрачного раствора. Далее в горячем растворе в присутствии фенолфталеина оттитровали избыток КОН 11,40 мл 0,5000 М раствором HCl. Поясните, какую информацию о строении липида дает величина числа омыления?

Решение

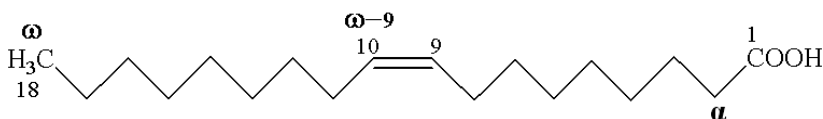
А.	1
----	---



Также принять верными реакции последовательного метилирования.

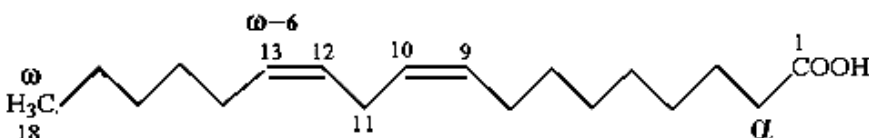
Б.

18:1, ω-9 – олеиновая кислота, октадецен-9-овая кислота – 18 атомов углерода, 1 двойная связь при девятом атоме углерода от ω атома углерода



C₁₇H₃₃COOH

18:2, ω-6 - линолевая кислота, октадекадиен-9,12-овая кислота - 18 атомов углерода, 2 двойные связи. Первая двойная связь при шестом атоме углерода от ω атома углерода, вторая - через одну метиленовую группу, т.е. при девятом атоме углерода.



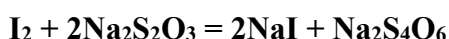
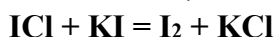
C₁₇H₃₁COOH

Общее количество хлорида иода:

$$n(\text{ICl}) = C \cdot V = 0,1 \text{ моль/л} \cdot 0,025 \text{ моль} = 2,5 \text{ ммоль}$$

Количество триацилглицерина ТАГ:

$$n(\text{ТАГ}) = \frac{0,3526 \text{ г}}{880 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ ммоль}.$$



Количество тиосульфата натрия, израсходованное в реакции с иодом:

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = C \cdot V = 0,1 \text{ моль/л} \cdot 0,010 \text{ моль} = 1 \text{ ммоль}.$$

Следовательно, количество иода равно:

$$n(\text{I}_2) = 1 : 2 = 0,5 \text{ ммоль}.$$

Тогда, количество ICl, израсходованное в реакции с иодидом калия равно:

$$n(\text{ICl}) = n(\text{I}_2) = 0,5 \text{ ммоль}.$$

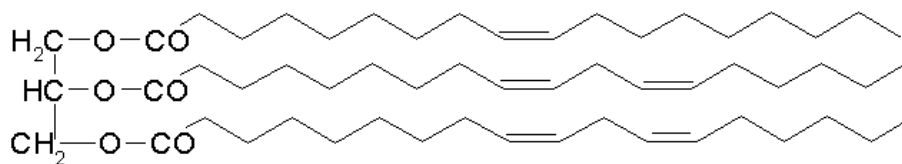
Тогда количество ICl, израсходованное в реакции с ТАГ:

$$n(\text{ICl}) = 2,5 - 0,5 = 2 \text{ ммоль}.$$

Следовательно, соотношение количеств ТАГ и ICl равно:

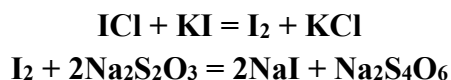
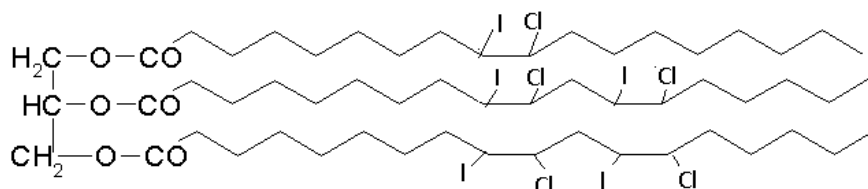
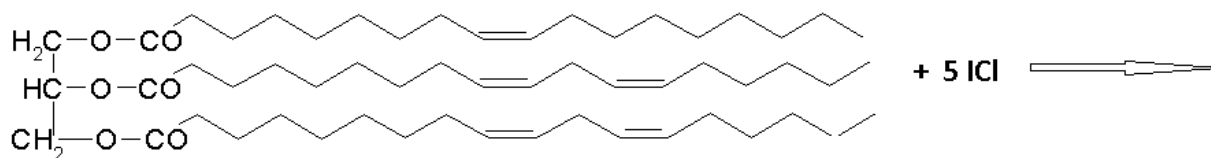
$$\frac{n(\text{ICl})}{n(\text{ТАГ})} = \frac{2}{0,4} = \frac{5}{1}.$$

Следовательно, количество двойных связей в структуре ТАГ равно 5. Поскольку, в состав ТАГ входят олеиновая и линолевая кислота, при этом присутствует хиральный атом углерода, а остатки ВЖК находятся в цис-форме, структурная формула ТАГ следующая:



2,3- О- линолеил-1- О-олеилглицерин

Тогда, химические реакции, протекающие при определении иодного числа по методу Вейса-Хануша следующие:



Определение иодного числа

Масса ICl, присоединившаяся к 0,3526 г ТАГ

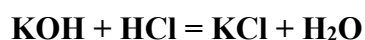
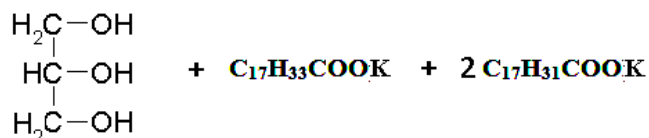
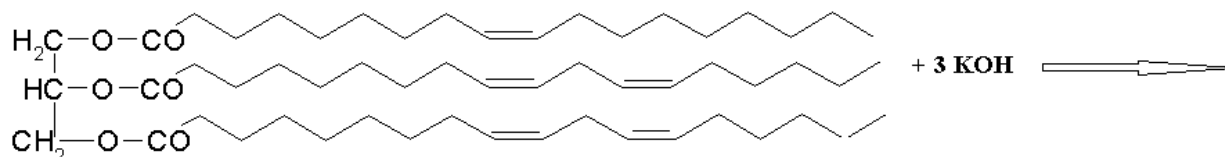
$$m(\text{ICl}) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 162 \text{ г/моль} = 0,324 \text{ г}$$

$$\text{Иодное число} = 0,324 \text{ г} \cdot \frac{100 \text{ г}}{0,3526 \text{ г}} = 91,89$$

Иодное число свидетельствует о степени ненасыщенности ВЖК, входящих в состав липидов.

Определение числа омыления:

Реакции, протекающие в ходе анализа:



Общее количество KOH:

$$n(\text{KOH}) = 0,025 \text{ л} \cdot 0,5 \text{ моль/л} = 12,5 \text{ ммоль}$$

Количество соляной кислоты, израсходованной на титрование остатка щелочи:

$$n(\text{KOH}) = 0,0114 \text{ л} \cdot 0,5 \text{ моль/л} = 5,7 \text{ ммоль}$$

8

2

<u>Количество КОН, израсходованное на омыление:</u> $n(\text{KOH}) = 12,5 - 5,7 = 6,8 \text{ ммоль}$ <u>Масса КОН, израсходованная на омыление:</u> $m(\text{KOH}) = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 0,3808 \text{ г}$ <u>Расчет числа омыления ТАГ:</u> $\text{Число омыления} = 0,3808 \text{ г} \cdot \frac{1 \text{ г}}{2 \text{ г}} = 190,4 \text{ мг.}$ Высокое число омыления свидетельствует о присутствии в структуре липида ВЖК с небольшим количеством атомов углерода, низкое число омыления указывает на присутствие кислот с большим числом атомов углерода или на наличие неомыляемых веществ.	4
	20