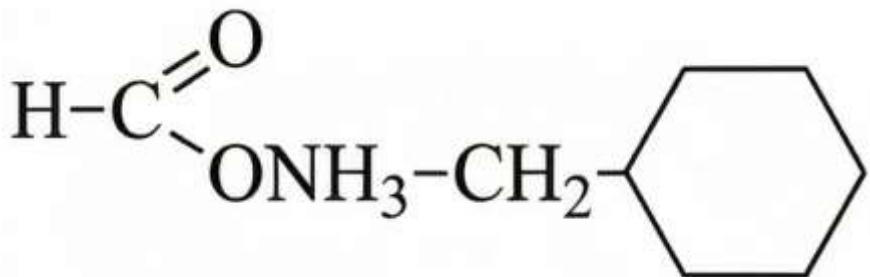


«Решение задач на вывод формул органических веществ»

Вторая часть Ким

Задание №33



**Учитель химии и биологии
МБОУ «Голынковская СШ»,
РСШ №1 г.Рудня
Харитонова Ирина Владимировна**

Статистика ЕГЭ последних лет по заданию *высокого* уровня №33

(результат хуже в сравнении с 2024 г).

- **2024** год средний % выполнения задания **46,39%**
- **2025** год средний % выполнения задания **30,81%**

Причины:

**Недостаточно теоретических знаний, слабо сформированы
умения осуществлять комбинированные химические расчёты,
неумение анализировать, рассуждать, не способность перенести
полученные общие теоретические знания на конкретные
условия. Западает логическое мышление.**

**Слагаемые успеха - это равнозначные усилия учителя и
ученика.**

Типы 33 задач

**Задачи на вывод формул могут быть направлены на
нахождение формулы вещества:**

- 1. по массовым долям элементов,**
 - 2. по продуктам сгорания,**
 - 3. по химической реакции в общем виде.**
-
- Год от года задачи усложняются.
 - В последние годы в КИМах чаще встречаются первые два типа задач на вывод формул.

Химическая формула

- **Простейшая** формула – формула, в которой отражено минимальное целочисленное отношение химических элементов.
- **Истинная** (брутто-формула, молекулярная) – отражает состав (точное количество атомов каждого элемента в одной молекуле), но не структуру молекул вещества.

Истинная формула может совпадать с простейшей или быть кратной ей. Если в задаче даны только массовые доли элементов, то в процессе решения задачи можно вычислить только простейшую формулу вещества. Для получения истинной формулы в задаче обычно даются дополнительные данные — молярная масса, относительная плотность газа или другие данные, с помощью которых можно понять, что формула не доведена до истинной. (1 первичный балл)

- **Структурная** формула – это разновидность химической формулы, графически описывающая расположение и порядок связи атомов в соединении, выраженное на плоскости. (ещё 1 первичный балл)

Реакции горения органических веществ в общем виде

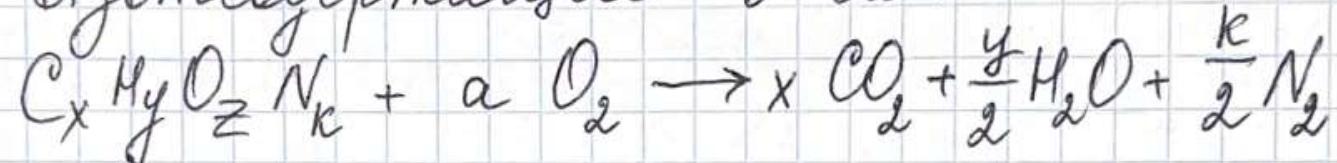
I. Углеводороды:



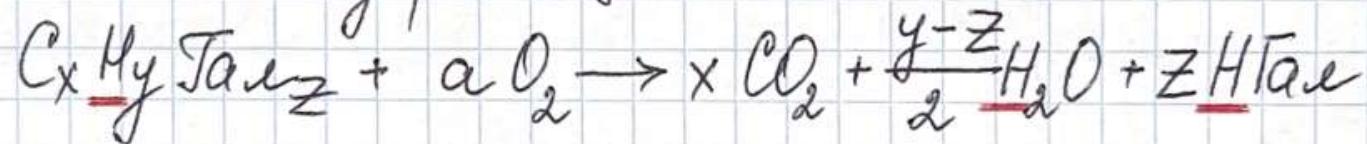
II. Кислородсодержащие б-ва:



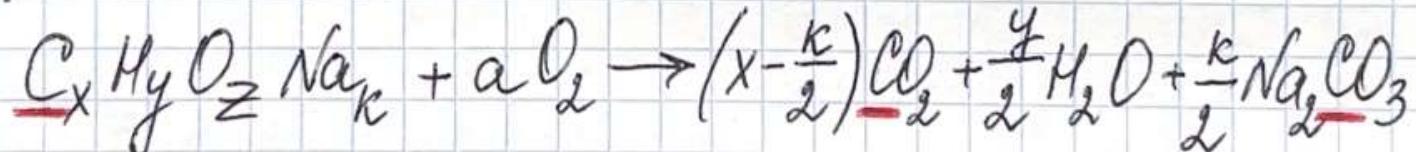
III. Азотсодержащие б-ва:



IV. Талогенсодержащие б-ва:



V. Соли:



При сгорании 11,6 г органического вещества А получили 8,96 л углекислого газа (н.у.) и 3,6 г воды. Известно, что вещество А образуется при дегидрировании гидроксильного соединения Б в присутствии медного катализатора, а также вступает в реакцию с гидроксидом диамминсеребра (I) в молярном соотношении 1:4.

На основании данных условий задачи:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу органического вещества А;
- 2) составьте возможную структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции вещества А с избытком гидроксида диамминсеребра(І) (используйте структурные формулы органических веществ).

Дано:

$$m(B-Ba) = 11,6 \text{ г} \quad 1) n(CO_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{8,96 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$V(CO_2) = 8,96 \text{ л} \quad n(C) = 0,4 \text{ моль}; m(C) = 0,4 \cdot 12 = 4,8 \text{ г}$$

$$m(H_2O) = 3,6 \text{ г} \quad 2) n(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{3,6 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$C_x H_y O_z - ?$

Решение:

$$n(H) = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ моль}; m(H) = 0,4 \text{ г}.$$

$$3) m(O) = 11,6 - 4,8 - 0,4 = 6,4 \text{ г}$$

$$n(O) = \frac{m}{M} = \frac{6,4 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$4) n(C) : n(H) : n(O) = \frac{0,4}{0,4} : \frac{0,4}{0,4} : \frac{0,4}{0,4} = 1 : 1 : 1 \Rightarrow CH_2O$$

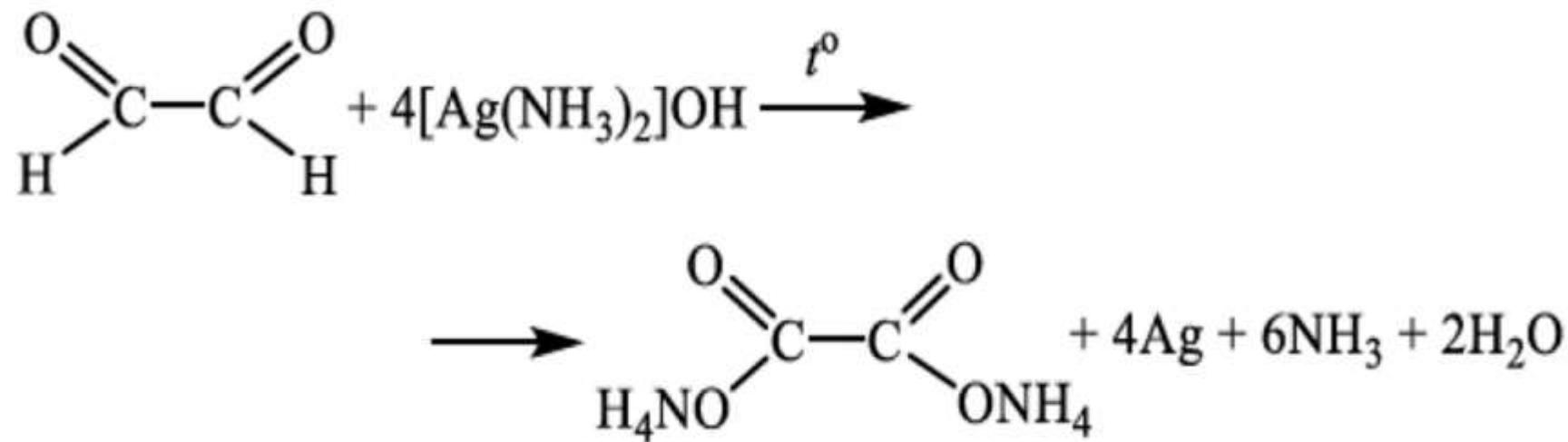
Простейшая формула: CH_2O .

Известно, что вещество А образуется при дегидрировании гидроксильного соединения Б в присутствии медного катализатора, а также вступает в реакцию с гидроксидом диамминсеребра (I) в молярном соотношении 1:4.

При дегидрировании гидроксильного соединения могут образоваться альдегиды или кетоны, в реакцию с аммиачным раствором оксида серебра (I) вступают только альдегиды, 1 альдегидная группа реагирует с 2 моль аммиачного раствора, значит, данное вещество содержит 2 альдегидные группы.

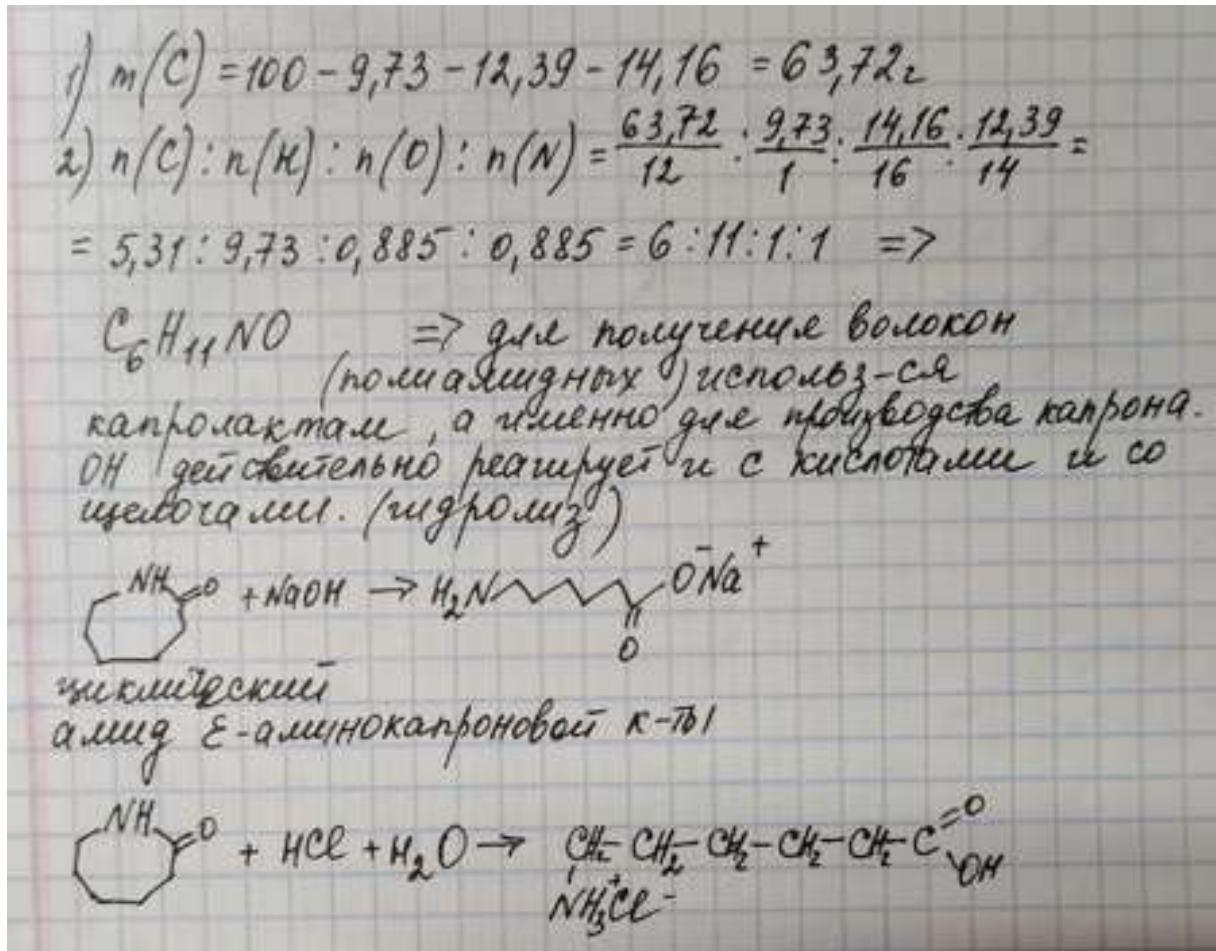
Истинная молекулярная формула — **C₂H₂O₂ (этандиаль - глиоксаль)**

Беглый баланс:



Органическое вещество А, содержащее (по массе) 9,73% водорода, 14,16% кислорода и 12,39% азота, используется для получения волокон; оно может реагировать как с кислотами, так и со щелочами.

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу органического вещества А;
- 2) составьте возможную структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции вещества А с раствором соляной кислоты. (используйте структурные формулы органических веществ.



Поскольку вещество А содержит азот, то речь идет о получении синтетических полиамидных волокон: либо капрона либо нейлона.

Нейлон получают поликонденсацией адипиновой кислоты с гександиамином-1,6.

Каждое из них в отдельности не попадает под условие реагирования как с кислотой, так и со щелочью.

Капрон можно получать поликонденсацией β-аминокапроновой кислоты, но её молекулярный состав не соответствует выведенной формуле на основе условия задачи.

Значит вещество А – это капролактам (циклический амид ε-аминокапроновой кислоты), он действительно вступает в реакции с кислотами, и подвергается щелочному гидролизу.

Вещество A содержит 48,32% углерода, 10,07% водорода, 32,21% кислорода и азот. Известно, что вещество A содержит только первичные атомы углерода, может реагировать с кислотами и 1 моль вещества A может реагировать с 3 моль лития.

На основании данных условия задачи:

1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу органического вещества A;

2) составьте возможную структурную формулу вещества A, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;

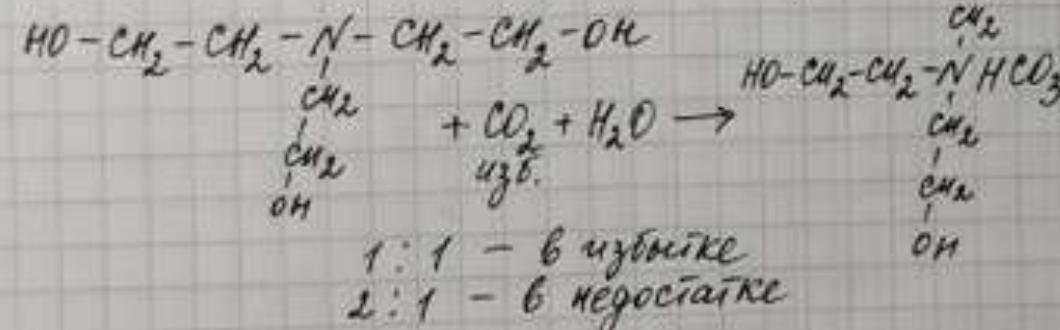
3) напишите уравнение реакции водного раствора вещества A с избытком углекислого газа. (используйте структурные формулы органических веществ).

$$1) m(N) = 100 - 48,32 - 10,07 - 32,21 = 9,42$$

$$2) n(C) : n(H) : n(O) : n(N) = \frac{48,32}{12} : \frac{10,07}{1} : \frac{32,21}{16} : \frac{9,42}{14} =$$

$$= \frac{4,03}{0,67} : \frac{10,07}{0,67} : \frac{2,01}{0,67} : \frac{0,67}{0,67} = 6 : 15 : 3 : 1 \Rightarrow C_6H_{15}O_3N$$

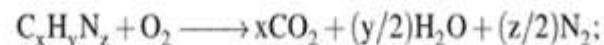
- С кислотами реагирует амин (речь об амфогенности не идёт, значит это не аминокислота).
 - С ней реагируют спирты и кислоты.
 - Три первичные атомы C \Rightarrow не может все C объединить в общий R и повторить его.
- \Rightarrow б-бо A : аминоспирт



Органическое соединение используется в качестве антидетонационной добавки к бензину. Оно представляет собой маслянистую жидкость с характерным запахом и состоит из трех элементов. При полном сжигании 3,21 г образовалась смесь газов, которую пропустили через раствор щелочи. Объем газа, не поглощенного щелочью, составил 336 мл (н. у.). Вещество реагирует с бромной водой и с азотистой кислотой, в последней реакции газ не выделяется. На основании данных условия задачи:

- 1) проведите необходимые вычисления и установите молекулярную формулу вещества
- 2) составьте структурную формулу вещества которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции с бромной водой (используйте структурные формулы органических веществ).

1. Запишем уравнение реакции горения вещества X и найдем молекулярную формулу вещества X :



$$v(N_2) = 0,336/22,4 = 0,015 \text{ моль};$$

$$v(C_xH_yN_z) = 0,015/(z/2) = 0,03/z \text{ моль};$$

$$M(C_xH_yN_z) = \frac{m}{v} = \frac{3,21}{0,03/z} = 107z \text{ г/моль.}$$

$$12x+y+14=107$$

$$y=93-12x$$

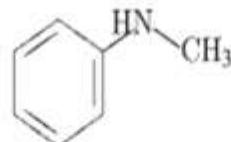
$$12x=93-y$$

$$X=93-y/12$$

При $z=1 M(C_xH_yN_z) = 107$, тогда $12x+y+14 = 107$, следовательно, $x=7, y=9$.

Тогда получаем соотношение: $x:y:z = 7:9:1$. Молекулярная формула вещества X совпадает с простейшей: C_7H_9N .

2. Судя по химическим свойствам, вещество X — ароматический вторичный амин, метилфениламин, или N-метиланилин:



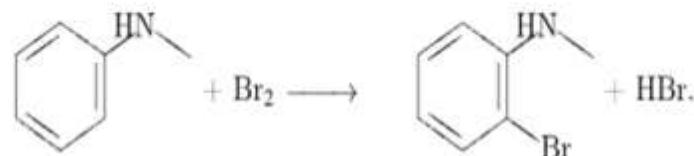
Ищем Y — это число,

которое в разности
с 93 делится на 12.

Получаем 9.

Значит $X=7$.

3. Напишем уравнение реакции X с бромной водой:



При сгорании 4,32г. органического вещества А образуется 5,04л.(н.у.) углекислого газа, 2,43г. воды и 1,59г. карбоната натрия. Вещество А образуется при действии раствора щёлочи на вещество Б, три заместителя в молекуле которого расположены у нечётных атомов углерода.

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу органического вещества А;
- 2) составьте возможную структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции получения вещества А при действии раствора щелочи на вещество Б. (используйте структурные формулы органических веществ).

$$1) n(CO_2) = \frac{5,04}{22,4 \text{ г/моль}} = 0,225 \text{ моль}$$

$$2) n(Na_2CO_3) = \frac{1,59}{106 \text{ г/моль}} = 0,015 \text{ моль}$$

$$3) n(C) = n(CO_2) + n(Na_2CO_3) = 0,225 + 0,015 = 0,24 \text{ моль}$$

$$m(C) = 0,24 \cdot 12 = 2,88 \text{ г.}$$

$$4) n(Na) = 2n(Na_2CO_3) = 0,015 \cdot 2 = 0,03 \text{ моль}$$

$$5) m(Na) = 0,03 \cdot 23 = 0,69 \text{ г}$$

$$5) n(H) = 2n(H_2O) = \frac{2,43}{18} \cdot 2 = 0,27 \text{ моль}$$

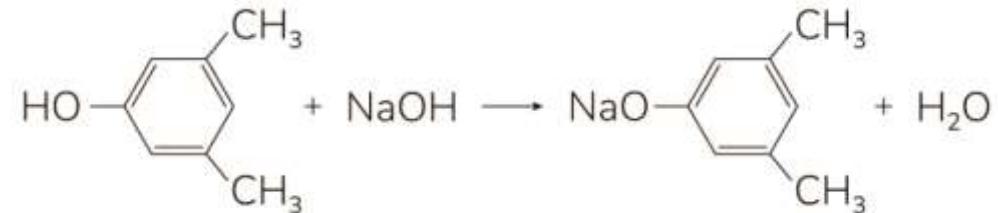
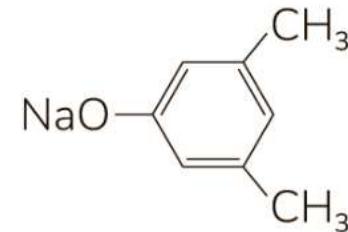
$$m(H) = 0,27 \text{ г}$$

$$6) m(O) = 4,32 - 2,88 - 0,69 - 0,27 = 0,48 \text{ г}$$

$$\frac{n(O)}{16} = \frac{0,48}{16} = 0,03 \text{ моль} \Rightarrow C_xH_yO_zNa$$

$$7) x:y:z:k \Rightarrow n(C):n(H):n(O):n(Na) = \frac{0,24}{0,03} : \frac{0,27}{0,03} : \frac{0,03}{0,03} : \frac{0,03}{0,03} = 8:9:1:1 \Rightarrow C_8H_9O_1Na$$

Так как по условию у вещества Б есть три заместителя и оно реагирует со щелочью, то это гомолог фенола.



Некоторое органическое соединение содержит 69,6% кислорода по массе. Молярная масса этого соединения в 1,586 раза больше молярной массы воздуха. Известно также, что это вещество способно вступать в реакцию этерификации с пропанолом-2.

На основании данных условия задания:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу органического вещества;
- 2) составьте возможную структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции этого вещества с пропанолом-2.

1. $M_{\text{орг. в-ва}} = 1,58621 \cdot m_{\text{воздуха}} = 1,586 \cdot 29 = 46 \text{ г/моль}$

2. Пусть искомое вещество имеет молекулярную формулу $C_xH_yO_z$. Найдем число атомов кислорода:

$$\omega O = z \cdot M O / M_{\text{вещ-ва}} = 16z / 46$$

$$0,696 = 16z / 46$$

$$z = 2$$

Искомое вещество содержит 2 атома кислорода.

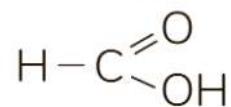
$$M C + M H = M_{\text{орг. в-ва}} - 2 \cdot M O = 46 - 2 \cdot 16 = 14 \text{ г/моль}$$

Значит, 14 г/моль остается на 1 атом углерода и 2 атома водорода.

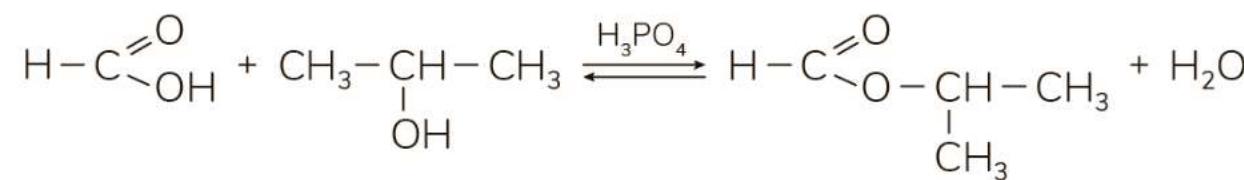
3. Молекулярная формула искомого вещества: CH_2O_2

4. Так как по условию искомое вещество вступает в реакцию этерификации с пропанолом-2, искомое вещество – карбоновая кислота. Подходит муравьиная кислота

5. Структурная формула искомого вещества:



6. Уравнение реакции искомого вещества с пропанолом-2:



Органическое вещество А содержит 57,83% углерода и 38,55% кислорода по массе, остальное — водород. Это вещество используют в производстве полимеров и синтетических волокон. Его получают окислением ароматического углеводорода Б ряда бензола кислородом воздуха. Молекулы А и Б содержат одинаковое число атомов углерода. Определите молекулярную формулу вещества А, установите его структуру и напишите уравнение его получения из вещества Б и кислорода.

1. Определена молекулярная формула вещества А:

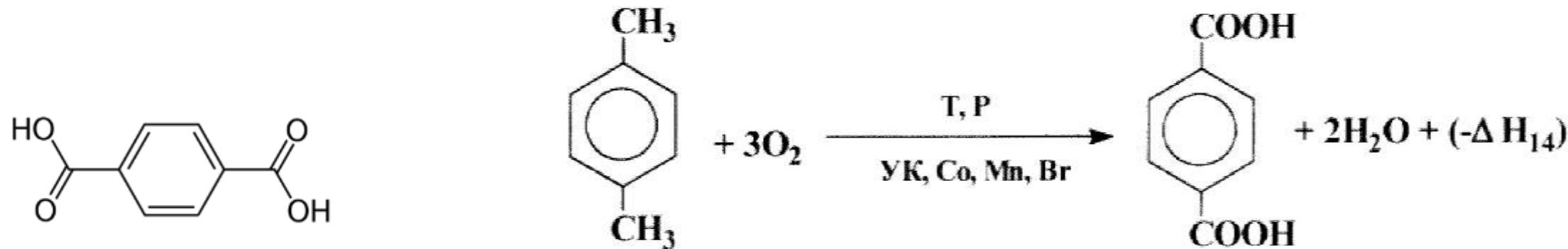
$$n(C) : n(H) : n(O) = (57,83/12) : (3,62/1) : (38,55/16) = 2 : 1,5 : 1 = 4 : 3 : 2.$$

Простейшая формула — C₄H₃O₂. Однако вещество А образуется при окислении гомолога бензола, поэтому содержит не менее 7 атомов углерода. Молекулярная формула — C₈H₆O₄.

При выводе молекулярной формулы из простейшей принимается также идея о том, что в молекуле кислородсодержащего соединения должно быть четное число атомов водорода.

2. Вещество А образуется при окислении углеводорода и содержит 4 атома кислорода. Это свидетельствует в пользу того, что А — двухосновная кислота. То, что она используется в производстве волокон, позволяет сделать вывод, что карбоксильные группы расположены в пара-положении относительно друг друга.

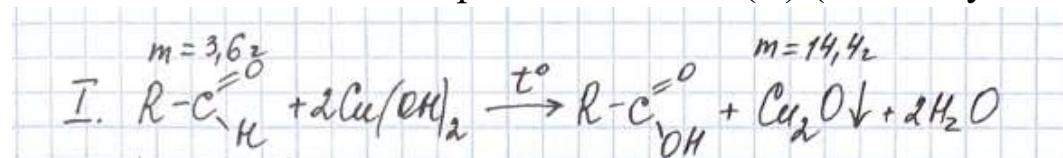
Вещество А — терефталевая (бензол-1,4-дикарбоновая кислота):



При взаимодействии 3,6г. органического вещества А с избытком гидроксида меди(II) при нагревании образовался осадок красного цвета массой 14,4г.

На основании данных условия задачи:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу органического вещества А;
- 2) составьте возможную структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции вещества А с гидроксидом меди (II) (используйте структурные формулы органических веществ).



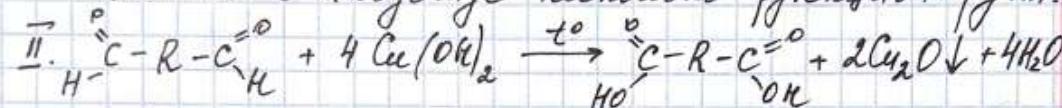
$$1) n(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{14,4\text{г}}{144\text{г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$2) n(\text{алб}) = 0,1 \text{ моль} \quad 3) M(\text{алб}) = \frac{3,6\text{г}}{0,1 \text{ моль}} = 36 \text{ г/моль}$$

$$3) \text{СнH}_{2n}\text{O} = 36$$

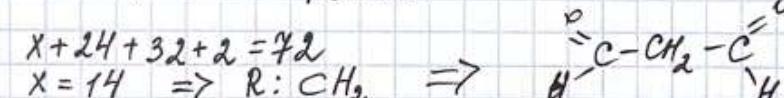
$$14n + 16 = 36; 14n = 20; n = 1,4 \Rightarrow \text{решения нет}$$

значит в веществе несколько функциональных групп.

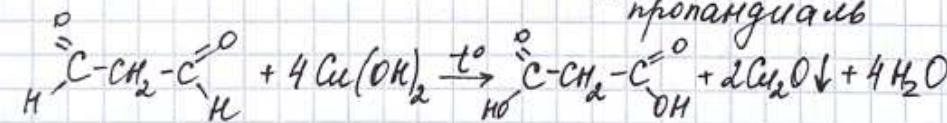


$$4) n(\text{алб})_1 = 0,1 \text{ моль}; \Rightarrow n(\text{алб})_2 = 0,05 \text{ моль}$$

$$5) M(\text{диаг}) = \frac{3,6\text{г}}{0,05 \text{ моль}} = 72 \text{ г/моль}$$



пропандиоль



Органическое вещество А содержит 50% углерода и 5,56% водорода по массе. Вещество А может быть получено в результате этерификации двухосновного вещества Б со спиртом В, содержащими одинаковое число атомов углерода. При исследовании химических свойств вещества А было выяснено, что оно не обесцвечивает бромную воду.

На основании данных условия задачи:

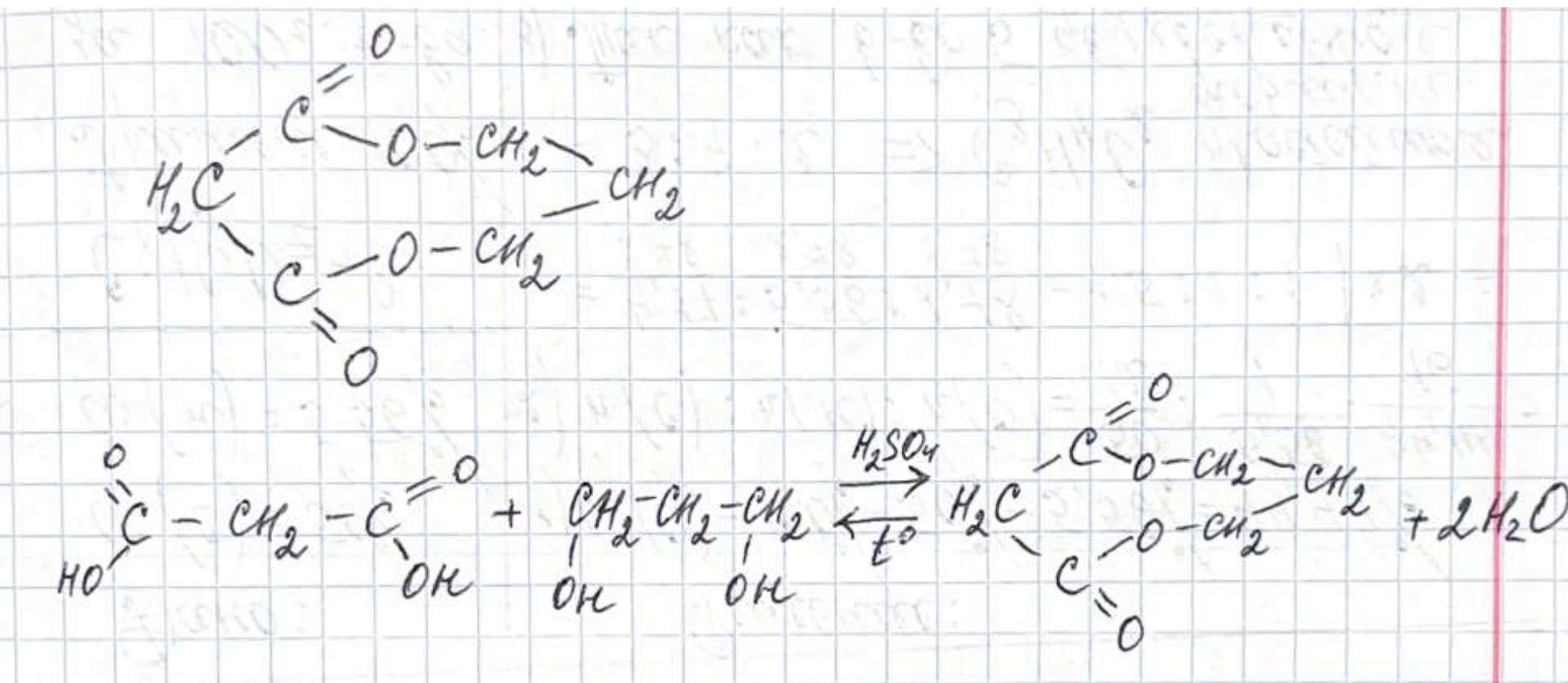
1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу органического вещества А;

2) составьте возможную структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;

3) напишите уравнение реакции получения органического вещества А из вещества Б. (используйте структурные формулы органических веществ).

<p><u>Дано:</u></p> $\omega(C) = 50\%$ $\omega(H) = 5,56\%$ <hr/> $C_xH_yO_z - ?$ <u>Принем 100%</u> <u>за 100 г. б-ва.</u>	<p><u>Решение:</u></p> $1) \omega(O) = 100\% - 50\% - 5,56\% = 44,44\%$ $2) n(C) : n(H) : n(O) = \frac{50}{12} : \frac{5,56}{1} : \frac{44,44}{16} =$ $= \frac{4,17}{2,78} : \frac{5,56}{2,78} : \frac{2,78}{2,78} = 1,5 : 2 : 1 \quad \times 2 =$ $= 3 : 4 : 2 \Rightarrow C_3H_4O_2$ <p><u>простейшая</u> <u>формула</u></p> $3) \text{так как } б-во \text{ б-ва } \text{ двухосновная}$ <p><u>кислота</u>, то $\times 2 \Rightarrow C_6H_8O_4$</p>
---	---

В условии задачи идет речь о реакции этерификации, значит вещество А – сложный эфир. Не обесцвечивает бромную воду, значит нет бензольного кольца в его составе. И исходные вещества имеют одинаковое число атомов углерода. Значит вещества Б и В: малоновая кислота и пропандиол.



Органическое вещество содержит 12,79% азота, 10,95% водорода и 32,42% хлора. Известно, что это вещество может быть получено при взаимодействии вторичного амина с хлорэтаном.

На основании данных условия задания:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 2) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции получения данного вещества взаимодействием соответствующего вторичного амина с хлорэтаном (используйте структурные формулы органических веществ).

Массовая доля водорода в этом веществе составляет $\omega(C) = 100\% - (12,79\% + 10,95\% + 32,42\%) = 43,84\%$.

Общая формула вещества: $C_kH_lN_mCl_n$.

Пусть $m(C_kH_lN_mCl_n) = 100$ г, тогда $m(C) = 43,84$ г, $m(N) = 12,79$ г, $m(Cl) = 32,42$ г, $m(H) = 10,95$ г.

Получаем, что:

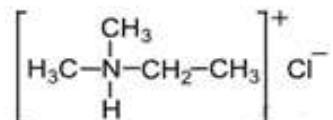
$$\begin{aligned} k : l : m : n &= v(C) : v(H) : v(N) : v(Cl) = \frac{m(C)}{M(C)} : \frac{m(H)}{M(H)} : \frac{m(N)}{M(N)} : \frac{m(Cl)}{M(Cl)} = \\ &= \frac{43,84}{12} : \frac{10,95}{1} : \frac{12,79}{14} : \frac{32,42}{35,5} = 3,653 : 10,95 : 0,9136 : 0,9132 = 4 : 12 : 1 : 1. \end{aligned}$$

Простейшая формула этого вещества — $C_4H_{12}NCl$.

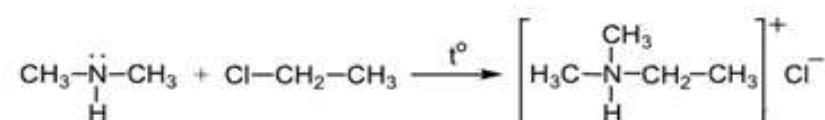
Формула $C_4H_{12}NCl$ является и молекулярной. Это могут быть соли алкиламмония, например хлорид бутиламмония, хлорид метилпропиламмония и др.

Это вещество может быть получено взаимодействием соответствующего вторичного амина с хлорэтаном, значит, исходный вторичный амин — это диметиламин, а искомое вещество — хлорид диметилэтиламмония.

Его структурная формула:



Запишем уравнение реакции получения данного вещества взаимодействием соответствующего вторичного амина (диметиламина) с хлорэтаном:



Вещество A содержит 9,3% углерода, 10,85% азота, 24,8% серы, 49,6% кислорода по массе. Известно, что вещество A получают восстановлением вещества В цинком в присутствии серной кислоты.

На основании данных условия задания:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу органического вещества A;
- 2) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции получения вещества A восстановлением вещества В (используйте структурные формулы органических веществ).

1. Пусть масса вещества A равна 100 г, тогда:

$$v(C) = 9,3 : 12 = 0,775 \text{ моль};$$

$$v(N) = 10,85 : 14 = 0,775 \text{ моль};$$

$$v(S) = 24,8 : 32 = 0,775 \text{ моль};$$

$$v(O) = 49,6 : 16 = 3,1 \text{ моль};$$

$$v(H) = 5,45 : 1 = 5,45 \text{ моль}.$$

$$v(C) : v(H) : v(N) : v(S) : v(O) = 0,775 : 5,45 : 0,775 : 0,775 : 3,1 = 1 : 7 : 1 : 1 : 4.$$

Простейшая формула вещества A — CH_7NSO_4 . Эта формула является и молекулярной, ей соответствует гидросульфат метиламмония — $[\text{H}_3\text{C}^+\text{NH}_3]\text{HSO}_4$. Гидросульфат метиламмония может быть получен восстановлением нитрометана.

2. Реакция получения вещества A из вещества B:



Органическое вещество А, широко используемое в производстве пластмасс, состоит из трех элементов. Оно содержит 5,66% водорода и 26,42% азота по массе. Вещество А образуется при окислении пропена кислородом воздуха в присутствии аммиака. Оно легко вступает в реакции полимеризации и сополимеризации. Определите молекулярную формулу вещества А, установите его структуру и напишите уравнение полимеризации.

1. Определена молекулярная формула вещества А:

$$n(C) : n(H) : n(N) = ((100 - 5,66 - 26,42) / 12) : (5,66 / 1) : (26,42 / 14) = 5,66 : 5,66 : 1,89 = 3 : 3 : 1.$$

Простейшая формула – C_3H_3N .

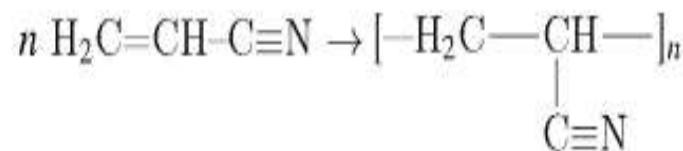
Вещество А образуется при окислении пропена, значит, в молекуле вещества А три атома углерода, и молекулярная формула совпадает с простейшей.

Молекулярная формула – C_3H_3N .

2. Вещество А легко вступает в реакции полимеризации и сополимеризации, значит, содержит кратную связь. При окислении пропена кислородом воздуха в присутствии аммиака образуется акрилонитрил:



3. Уравнение полимеризации акрилонитрила:



Органическое вещество А содержит 11,97% азота, 9,40% водорода и 27,35% кислорода по массе и образуется при взаимодействии органического вещества Б с пропанолом-2. Известно, что вещество Б имеет природное происхождение и способно взаимодействовать как с кислотами, так и со щелочами.

На основании данных условия задания:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 2) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции получения вещества А из вещества Б и пропанола-2 (используйте структурные формулы органических веществ).

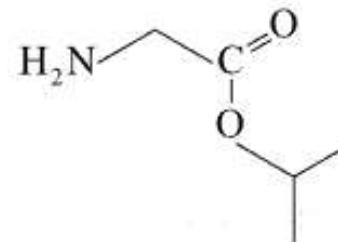
Общая формула вещества А — $C_xH_yO_zN_m$.

$$w(C) = 100 - 9,40 - 27,35 - 11,97 = 51,28\%.$$

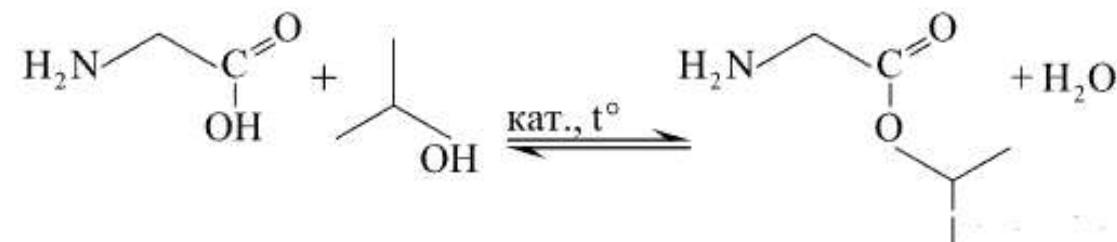
$$x : y : z : m = 51,28 / 12 : 9,4 / 1 : 27,35 / 16 : 11,97 / 14 = 5 : 11 : 2 : 1.$$

Молекулярная формула вещества А — $C_5H_{11}O_2N$.

Составлена структурная формула вещества А:



Написано уравнение реакции получения вещества А:



Соединение используемое для синтеза фталоцианиновых красителей, представляет собой бесцветное твёрдое вещество. Оно содержит 75,0% углерода и 21,9% азота по массе, остальное — водород. Молекула содержит бензольное кольцо, в ней два третичных атома углерода. При гидролизе образуется вещество, легко превращающееся в циклический ангидрид.

На основании данных условия задачи:

- 1) установите молекулярную формулу вещества
- 2) составьте возможную структурную формулу вещества которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции гидролиза в солянокислой среде (используйте структурные формулы органических веществ).

Соединение X , используемое для синтеза фталоцианиновых красителей, представляет собой бесцветное твёрдое вещество. Оно содержит 75,0% углерода и 21,9% азота по массе, остальное — водород. Молекула X содержит бензольное кольцо, в ней два третичных атома углерода. При гидролизе X образуется вещество, легко превращающееся в циклический ангидрид.

На основании данных условия задачи:

- 1) установите молекулярную формулу вещества X ;
- 2) составьте возможную структурную формулу вещества X , которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции гидролиза X в солянокислой среде (используйте структурные формулы органических веществ).

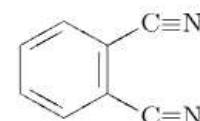
Решение.

1. Общая формула вещества — $C_aH_bN_c$. Найдем соотношение атомов углерода, водорода и азота в соединении:

$$\begin{aligned}\omega(H) &= 100,0 - 75,0 - 21,9 = 3,1; \\ a : b : c &= 75,0/12 : 3,1/1 : 21,9/14 = 4 : 2 : 1.\end{aligned}$$

Простейшая формула вещества X — C_4H_2N , наличие бензольного кольца требует умножить формулу на 2, молекулярная формула — $C_8H_4N_2$.

2. В молекуле X есть бензольное кольцо и две боковые цепи. Лёгкость образования циклического ангидрида свидетельствует о том, что боковые цепи находятся в орто-положении. Вещество X — нитрил фталевой кислоты:



3. При кислотном гидролизе X образуется фталевая кислота:



Массовые доли азота, углерода и кислорода в некотором органическом веществе составляют 17,95%, 46,15% и 30,77% соответственно. Известно, что при взаимодействии этого вещества с раствором щелочи образуется жидкость с неприятным запахом.

На основании данных условия задания:1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу исходного органического вещества;2) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;3) напишите уравнение взаимодействия этого вещества с раствором гидроксида кальция (используйте структурные формулы органических веществ).

1. Найдем молекулярную формулу вещества. Представим молекулярную формулу искомого соединения в виде $C_xH_yO_zN_k$.
Определим массовую долю водорода в соединении:

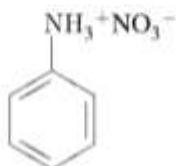
$$\omega(H) = 100\% - \omega(C) - \omega(N) - \omega(O); \\ \omega(H) = 100\% - 46,15\% - 17,95\% - 30,77\% = 5,13\%.$$

Пусть имеется навеска соединения массой 100 г, тогда справедливы следующие вычисления:

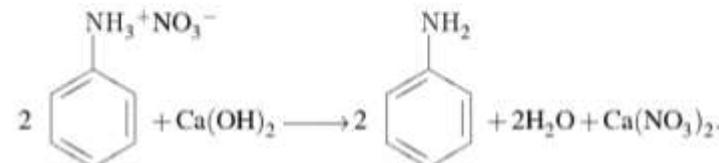
$$x : y : z : k : n = m(C)/M(C) : m(H)/M(H) : m(O)/M(O) : m(N)/M(N); \\ x : y : z : k : n = 46,15/12 : 5,13/1 : 30,77/16 : 17,95/14 = \\ = 3,846 : 5,13 : 1,923 : 1,282 = 6 : 8 : 3 : 2.$$

Простейшая формула вещества: $C_6H_8O_3N_2$.

2. Если предположить что эта формула совпадает с молекулярной, то учитывая что искомое вещество реагирует со щелочами с образованием жидкости с неприятным запахом, логично предположить что веществом может являться нитрат фениламмония. Возможная структура соединения:



3. Запишем уравнение взаимодействия этого вещества с раствором гидроксида кальция:



При сжигании органического вещества А массой 124,2 г образуется 161,28 л углекислого газа, 6,72 л азота и 91,8 г воды. Известно, что при щелочном гидролизе данного соединения образуется два вещества, оба из которых не окисляются подкисленным раствором перманганата. При исследовании химических свойств одного из продуктов было выявлено, что при его взаимодействии с раствором азотистой кислоты образуется окрашенное соединение.

На основании данных условий задачи:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу органического вещества А;
- 2) составьте возможную структурную формулу органического вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции взаимодействия органического вещества А с гидроксидом калия (используйте структурные формулы органических веществ).

$$\begin{aligned}1. \text{ n CO}_2 &= 161,28 / 22,4 = 7,2 \text{ моль} \\ \text{n H}_2\text{O} &= 91,8 / 18 = 5,1 \text{ моль} \\ \text{n N}_2 &= 6,72 / 22,4 = 0,3 \text{ моль}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2. \text{ n C} &= \text{n CO}_2 = 7,2 \text{ моль} \\ \text{n H} &= 2\text{n H}_2\text{O} = 10,2 \text{ моль} \\ \text{n N} &= 2\text{n N}_2 = 0,6 \text{ моль}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3. \text{ m C} &= 7,2 \cdot 12 = 86,4 \text{ г} \\ \text{m H} &= 10,2 \cdot 1 = 10,2 \text{ г} \\ \text{m N} &= 0,6 \cdot 14 = 8,4 \text{ г} \\ \text{m O} &= \text{m}_{\text{общ}} - \text{m C} - \text{m H} - \text{m N} = 124,2 - 86,4 - 10,2 - 8,4 = 19,2 \text{ г}\end{aligned}$$

В веществе А содержится кислород

$$\text{n O} = 19,2 / 16 = 1,2 \text{ моль}$$

$$\begin{aligned}4. \text{ n C} : \text{n H} : \text{n O} : \text{n N} &\\ 7,2 : 10,2 : 1,2 : 0,6 &: 0,6 \\ 12 : 17 : 2 : 1 &\end{aligned}$$

Элементарная формула: $[\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{O}_2\text{N}]_x$

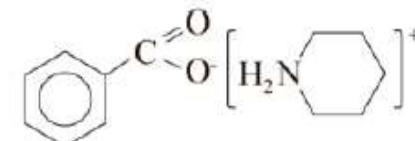
5. Так как вещество А подвергается щелочному гидролизу, вещество А – сложный эфир или соль.

Соотношение числа атомов углерода к атомам водорода близко к 1 : 1, следовательно, искомое вещество содержит бензольное кольцо.

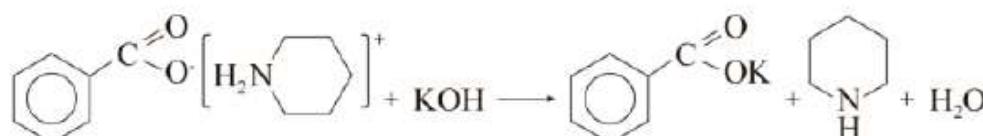
Искомое вещество содержит атомы азота, а один из продуктов щелочного гидролиза взаимодействует с раствором азотистой кислоты с образованием окрашенного соединения, следовательно, этот продукт – вторичный амин. Тогда искомое вещество – соль амина.

Молекулярная формула: $\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{O}_2\text{N}$

6. Структурная формула:



7. Уравнение реакции органического вещества А с гидроксидом калия:



При сжигании 7,375 г неизвестного органического вещества, не содержащего кислород, был получен хлороводород, 0,9 г воды и 6,6 г углекислого газа. Известно, что 1 моль этого вещества может прореагировать с 320 г 50%-ного водного раствора гидроксида натрия.

На основании данных условия задания:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 2) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение взаимодействия этого вещества с избытком раствора гидроксида бария (используйте структурные формулы органических веществ).

1) Поскольку в продуктах сгорания органического вещества содержатся хлороводород, вода и углекислый газ, а кислород отсутствует, то можно представить его молекулярную формулу в виде $C_xH_yCl_z$.

Далее вычислим количества и массы водорода и углерода, присутствующих в составе искомого органического вещества (водород присутствует в молекуле воды (I) и хлороводорода (II)):

$$v(H_2O) = m/M = 0,9 \text{ г}/18 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль};$$

$$v_I(H) = 2v(H_2O) = 2 \cdot 0,05 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль};$$

$$m_I(H) = M \cdot v = 1 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ моль} = 0,1 \text{ г};$$

$$v(CO_2) = m/M = 6,6 \text{ г}/44 \text{ г/моль} = 0,15 \text{ моль};$$

$$v(C) = v(CO_2) = 0,15 \text{ моль};$$

$$m(C) = M \cdot v = 12 \text{ г/моль} \cdot 0,15 \text{ моль} = 1,8 \text{ г.}$$

Далее необходимо найти массу и количество в веществе хлора и части водорода, которая связалась с ним при сгорании исходного соединения. Их суммарную массу можно найти по разности:

$$m(Cl + H) = m(C_xH_yCl_z) - m(C) - m_I(H) = 7,375 \text{ г} - 1,8 \text{ г} - 0,1 \text{ г} = 5,475 \text{ г.}$$

Поскольку соотношение хлора и водорода в HCl равно 1:1, можно обозначить количество элементов за x и решить уравнение:

$$M(Cl) \cdot v(Cl) + M(H) \cdot v(H) = m(Cl + H); \text{ следовательно,}$$

$$35,5x + 1x = 5,475;$$

$$36,5x = 5,475;$$

$$x = 0,15 \text{ моль}; \text{ следовательно,}$$

$$v(Cl) = 0,15 \text{ моль};$$

$$v_{II}(H) = 0,15 \text{ моль.}$$

Вычислим общее количество водорода в составе соединения:

$$v(H) = v_{II}(H) + v_I(H) = 0,15 \text{ моль} + 0,1 \text{ моль} = 0,25 \text{ моль.}$$

Запишем соотношение по молям для элементов, составляющих структуру $C_xH_yO_z$:

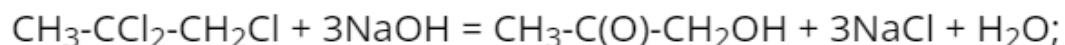
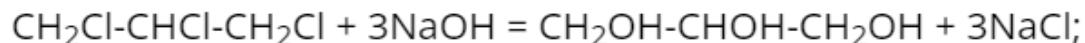
$$x : y : z = v(C) : v(H) : v(Cl) = 0,15 : 0,25 : 0,15 = 3 : 5 : 3; \text{ следовательно,}$$

$C_3H_5Cl_3$ – молекулярная формула искомого органического вещества.

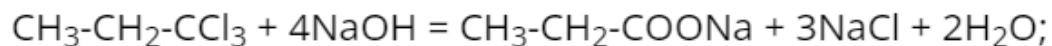
2) Предположим, что $n = 1$, тогда получаем молекулярную формулу $C_3H_5Cl_3$.

Существует несколько изомерных трихлорпропанов и все они реагируют с водным раствором щелочи.

Рассмотрим возможные варианты:



при этом $v(NaOH)/v(C_3H_5Cl_3) = 3/1$.



при этом $v(NaOH)/v(C_3H_5Cl_3) = 4/1$.

Вычислим количество гидроксида натрия по данным условия и определим соотношение количеств вещества и щелочи:

$$m(\text{NaOH}) = m(\text{р-ра NaOH}) \cdot \omega(\text{NaOH})/100\% = 320 \text{ г} \cdot 50\%/100\% = 160 \text{ г};$$

$$v(\text{NaOH}) = m/M = 160 \text{ г}/40 \text{ г/моль} = 4 \text{ моль};$$

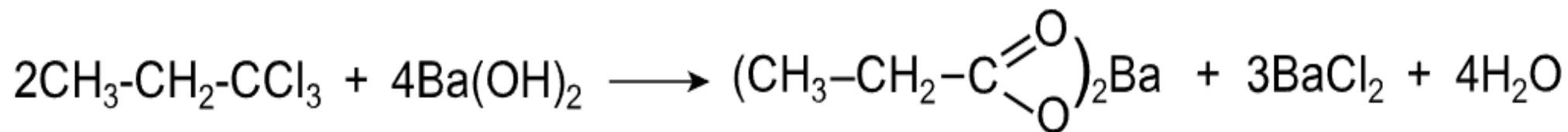
$$v(\text{NaOH})/v(\text{C}_3\text{H}_5\text{Cl}_3) = 4/1.$$

Таким образом, приходим к выводу, что искомое органическое вещество – 1,1,1-трихлорпропан.

Структурная формула органического вещества (1,1,1-трихлорпропан):



3) Запишем уравнение взаимодействия 1,1,1-трихлорпропана с избытком раствора гидроксида бария:



При сжигании 5,2 г неизвестного органического вещества было получено 1,8 г воды и 3,36 л (н.у.) углекислого газа. Известно, что 1 моль этого вещества может прореагировать с 1 моль гидроксида бария или 0,5 моль порошка магния.

На основании данных условия задания:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 2) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение взаимодействия этого вещества с избытком метанола в присутствии кислоты (используйте структурные формулы органических веществ).

1) Поскольку в продуктах сгорания вещества присутствуют вода и углекислый газ, то можно представить его молекулярную формулу в виде $C_xH_yO_z$. Далее вычислим количества и массы водорода и углерода, входящих в состав искомого органического соединения:

$$v(H_2O) = m/M = 1,8 \text{ г}/18 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль};$$

$$v(H) = 2v(H_2O) = 2 \cdot 0,1 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль};$$

$$m(H) = M \cdot v = 1 \text{ г/моль} \cdot 0,2 \text{ моль} = 0,2 \text{ г};$$

$$v(CO_2) = V/V_m = 3,36 \text{ л}/22,4 \text{ л/моль} = 0,15 \text{ моль};$$

$$v(C) = v(CO_2) = 0,15 \text{ моль};$$

$$m(C) = M \cdot v = 12 \text{ г/моль} \cdot 0,15 \text{ моль} = 1,8 \text{ г}.$$

Далее по разности проверим наличие в веществе кислорода:

$$m(O) = m(C_xH_yO_z) - m(H) - m(C) = 5,2 \text{ г} - 0,2 \text{ г} - 1,8 \text{ г} = 3,2 \text{ г}.$$

По расчету получилось, что в соединении присутствует кислород. Вычислим его количество:

$$v(O) = m/M = 3,2 \text{ г}/16 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль}.$$

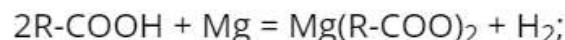
Запишем соотношение по молям для элементов, составляющих структуру искомого органического вещества:

$$x:y:z = v(C):v(H):v(O) = 0,15:0,2:0,2 = 1,5:2:2 = 3:4:4.$$

$C_3H_4O_4$ – простейшая формула искомого органического вещества.

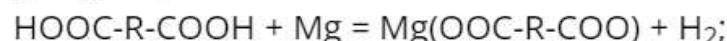
2) Пусть $n = 1$, тогда молекулярная формула $C_3H_4O_4$. Поскольку данное соединение реагирует с металлическим магнием, то можно предположить наличие в нем карбоксильных групп. Исходя из молекулярной формулы, их может быть одна или две. Установим соотношения моль реагентов дляmono- и дикарбоновой кислот:

Для монокарбоновой кислоты:



тогда $v(R-COOH)/v(Mg) = 2/1$.

Для дикарбоновой кислоты:



тогда $v(HOOC-R-COOH)/v(Mg) = 1/1$.

В нашем случае соотношение будет следующим:

$$v(C_xH_yO_z)/v(Mg) = 1/0,5 = 2/1.$$

Делаем вывод, что искомое вещество содержит только одну карбоксильную группу. Тогда оставшиеся два атома кислорода могут входить в состав сложноэфирной группы. Проверим гипотезу по соотношению моль веществ в реакции с гидроксидом бария:

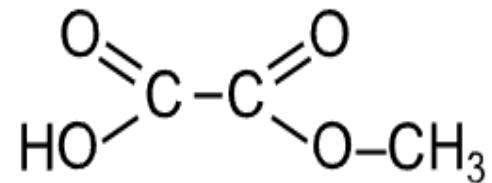


тогда $v(R^I OOC-R-COOH)/v(Ba(OH)_2) = 1/1$.

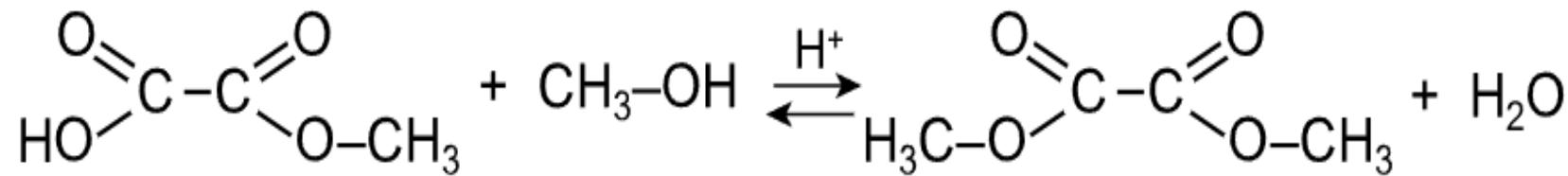
В нашем случае соотношение по данным задачи будет следующим: $v(C_xH_yO_z)/v(Ba(OH)_2) = 1/1$.

Таким образом, в структуре искомого соединения присутствуют и карбоксильная, и сложноэфирная группы.

Структурная формула искомого органического вещества (монометиловый эфир щавелевой кислоты):



3) Запишем уравнение реакции этого вещества с избытком метанола в присутствии кислоты:



При сгорании 2,88 г органического вещества А образовалось 3,584 л углекислого газа (н. у.) и 2,88 г воды. Вещество А реагирует со свежеосажденным гидроксидом меди (II) и получается при мягким окислении вещества Б перманганатом калия. Вещество Б содержит только два заместителя у атомов с кратной связью. На основании данных условия задачи:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу вещества А;
- 2) составьте структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение получения вещества А из вещества Б (используйте структурные формулы органических веществ).

1. Найдем молекулярную формулу вещества.

$$v(\text{CO}_2) = \frac{3,584 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,16 \text{ моль};$$

$$v(\text{C}) = v(\text{CO}_2) = 0,16 \text{ моль};$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{2,88 \text{ г}}{18 \text{ г}} = 0,16 \text{ моль};$$

$$v(\text{H}) = 2v(\text{H}_2\text{O}) = 0,32 \text{ моль};$$

$$m(\text{O}) = m(\text{A}) - v(\text{H}) \cdot M(\text{H}) - v(\text{C}) \cdot M(\text{C});$$

$$m(\text{O}) = 2,88 \text{ г} - 0,32 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} - 0,16 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 0,64 \text{ г};$$

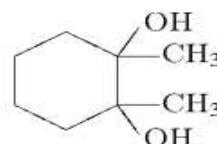
$$v(\text{O}) = \frac{0,64 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,04 \text{ моль}.$$

Отсюда следует:

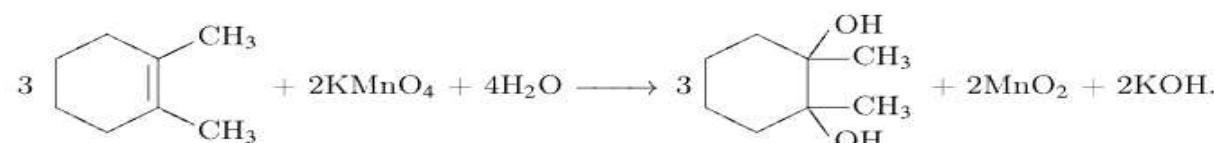
$$v(\text{C}) : v(\text{H}) : v(\text{O}) = 0,16 : 0,32 : 0,04 = 4 : 8 : 1.$$

Простейшая формула вещества — $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$. Молекулярная формула вещества А — $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$.

2. Структурная формула вещества А:



3. Реакция получения вещества А из вещества Б (путем его мягкого окисления перманганатом калия):



При сгорании 3,45 г органического соединения А образуется 11 г углекислого газа (н. у.) и 4,05 мл воды. Известно, что в молекуле данного соединения два третичных атома углерода, а при его хлорировании при недостатке хлора может образоваться только три монохлорпроизводных. На основании данных условия задания:1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу вещества А;2) составьте структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;3) напишите уравнение реакции образования А в результате электролиза раствора натриевой соли соответствующей кислоты (используйте структурные формулы органических веществ).

1. Найдем молекулярную формулу вещества:

$$v(C) = v(CO_2) = 11/44 = 0,25 \text{ моль};$$

$$m(C) = 0,25 \cdot 12 = 3 \text{ г};$$

$$v(H) = 2v(H_2O) = 2 \cdot 4,05 \cdot 1/18 = 0,45 \text{ моль};$$

$$m(H) = 0,45 \cdot 1 = 0,45 \text{ г};$$

$$m(O) = m_{\text{в-ва}} - m(H) - m(C);$$

$$m(O) = 3,45 - 0,45 - 3 = 0 \text{ г}.$$

Следовательно, кислород в искомом веществе отсутствует.

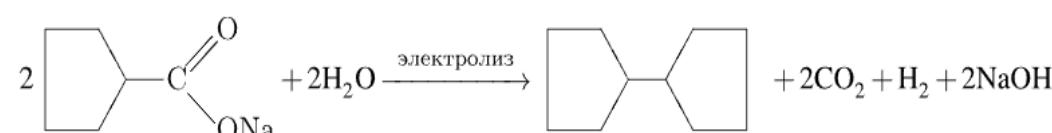
$$v(C) : v(H) = 0,25 : 0,45 = 5 : 9.$$

Простейшая формула вещества: C_5H_9 .

2. Такая формула не может соответствовать истинной молекулярной, т. к. в углеводородах не может содержаться нечетное количество атомов водорода. Удваиваем и получаем молекулярную формулу вещества А: $C_{10}H_{18}$. Структурная формула вещества:



3. Составим уравнение реакции образования А в результате электролиза раствора натриевой соли соответствующей кислоты:



Органическое вещество А содержит 19,3% углерода, 4,8% водорода, 7,5% азота и 17,1% серы по массе, остальное – кислород. Вещество А может быть получено при взаимодействии натриевой соли Б с избытком разбавленного раствора серной кислоты. При исследовании структуры вещества Б было установлено, что функциональная группа находится в альфа-положении.

На основании данных условия задачи:

- 1) проведите необходимые вычисления (указывайте единицы измерения искомых физических величин) и установите молекулярную формулу органического вещества А;
- 2) составьте возможную структурную формулу вещества А, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 3) напишите уравнение реакции получения органического вещества А из вещества Б и серной кислоты (используйте структурные формулы органических веществ).

$$1. \omega O = 100 - \omega C - \omega H - \omega N - \omega S = 100 - 19,3 - 4,8 - 7,5 - 17,1 = 51,3\%$$

2. Допустим, имеется 100 г вещества А, тогда:

$$m C = 100 \cdot 0,193 = 19,3 \text{ г}$$

$$m H = 100 \cdot 0,048 = 4,8 \text{ г}$$

$$m N = 100 \cdot 0,075 = 7,5 \text{ г}$$

$$m S = 100 \cdot 0,171 = 17,1 \text{ г}$$

$$m O = 100 \cdot 0,513 = 51,3 \text{ г}$$

$$3. n C = m C / M C = 19,3 / 12 = 1,61 \text{ моль}$$

$$n H = m H / M H = 4,8 / 1 = 4,8 \text{ моль}$$

$$n N = m N / M N = 7,5 / 14 = 0,54 \text{ моль}$$

$$n S = m S / M S = 17,1 / 32 = 0,53 \text{ моль}$$

$$n O = m O / M O = 51,3 / 16 = 3,21 \text{ моль}$$

4. $n C : n H : n N : n O : n S$

$$1,61 : 4,8 : 0,54 : 3,21 : 0,53 | : 0,53$$

$$3,04 : 9,1 : 1,02 : 6,06 : 1$$

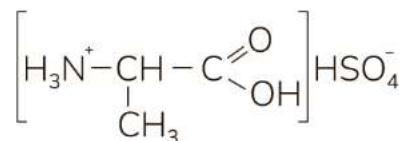
$$3 : 9 : 1 : 6 : 1$$

Элементарная формула: $[C_3H_9NO_6S]_x$

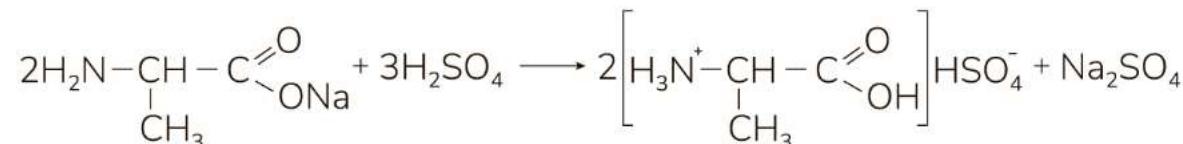
5. Так как по условию вещество А образуется при взаимодействии натриевой соли и серной кислоты, оно является солью аминокислоты, у которой аминогруппа находится в альфа-положении. Подходит гидросульфат аланина.

6. Молекулярная формула вещества А: $C_3H_9NO_6S$

7. Структурная формула вещества А:



8. Уравнение реакции получения вещества А из вещества Б и серной кислоты:



**Чтобы получить максимальный балл на ЕГЭ
за выполнение 33 задания,
при подготовке к нему
следует обратить внимание детей на:**

- **безупречное знание теории органической химии;**
 - **тщательный анализ условия задачи;**
 - **выяснение сущности описанных превращений;**
- **получение максимальной информации из условия;**
- **проверку соответствия решения данному условию.**

*Сильное желание
чему-то научиться –
это уже 50% успеха*



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

