

**Республиканская олимпиада
по химии 2019
Заключительный этап**

Листы ответов
Теоретический тур
9 класс

Таблица оценивания:

Эта страница предназначена для членов жюри. Пожалуйста, не пишите ничего на этой странице.

Задача	Изначальный балл	Апелляция	Конечный балл	Вес Задачи	Финальный балл
№1				5	
№2				5	
№3				7	
№4				8	
№5				6	
№6				8	
№7				8	
№8				7	
№9				6	
№10				10	
Суммарно				70	

(эта страница намеренно оставлена пустой)

Задача №1.

Всего	% от общего
5	5
	5

При пропускании хлороводорода происходит реакция



$$\nu(\text{HCl}) = 49,7 \cdot 1,08 \cdot 0,17 / 36,5 = 0,25 \text{ моль} = \nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) \quad (0.5 \text{ балла})$$

С бромной водой осадок образуют анилин и фенол:



$$m(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{NH}_2) = 0,25 \cdot 330 = 82,5 \text{ г} \quad (0.5 \text{ балла})$$



$$\nu(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = (99,1 - 82,5) / 331 = 0,05 \text{ моль} = \nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \quad (0.5 \text{ балла})$$

Массовые доли веществ в исходной смеси:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,25 \cdot 93 / 50 = 0,465 \text{ или } 46,5\%$$

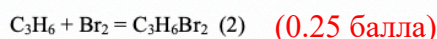
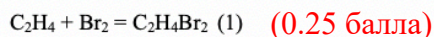
$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,05 \cdot 94 / 50 = 0,094 \text{ или } 9,4\%$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_6) = 1 - 0,465 - 0,094 = 0,441 \text{ или } 44,1\% \quad (0.5 \text{ балла})$$

Задача №2.

Всего	% от общего
5	5
	5

Запишем уравнения химических реакций взаимодействия компонентов смеси с бромной водой:



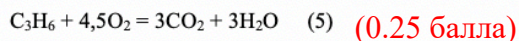
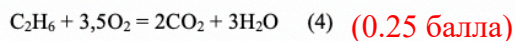
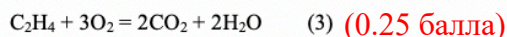
$$m(\text{Br}_2) = 400 \cdot 0.1 = 40 \text{ г} \quad (0.25 \text{ балла})$$

$$n(\text{Br}_2) = 40 / 160 = 0.25 \text{ моль} \quad (0.25 \text{ балла})$$

Количество этена x моль, количество этана y моль, а количество z моль.

$$x + z = 0,25$$

Составим уравнения горения компонентов смеси:



Произведем расчет количества углекислого газа:

$$n(\text{CO}_2) = 23,52 / 22,4 = 1.05 \text{ моль} \quad (0.25 \text{ балла})$$

Исходя из стехиометрических коэффициентов в уравнениях (3), (4) и (5) можно составить второе уравнение:

$$2x + 2y + 3z = 1.05$$

Составим уравнения восстановления компонентов смеси:



Произведем расчет общего количества этана:

$$n(\text{C}_2\text{H}_6) = 6.72 / 22.4 = 0.3 \text{ моль} \quad (0.25 \text{ балла})$$

Исходя из стехиометрических коэффициентов в уравнениях (6) и (7) можно составить еще одно уравнение:

$$x + y = 0.3$$

Решаем систему уравнений, и получаем результаты:

$$z = 0.15 \text{ моль} = n(\text{C}_3\text{H}_6) \quad y = 0.2 \text{ моль} = n(\text{C}_2\text{H}_6) \quad x = 0,1 \text{ моль} = n(\text{C}_2\text{H}_4) \quad (1.5 \text{ балла})$$

$$V(\text{смеси}) = 22,4 \cdot (0,15 + 0,2 + 0,1) = 10,08 \text{ л}$$

Рассчитаем объемные доли компонентов газовой смеси:

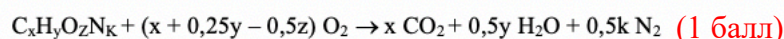
$$\varphi(\text{C}) = 33.3\% \quad \varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 44.4\% \quad \varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 22.2\% \\ (0.25 \text{ балла}) \quad (0.25 \text{ балла}) \quad (0.25 \text{ балла})$$

Задача №3.

Всего	% от общего
7	7
	7

На выходе остается непоглощенным газ N_2 , так как $M(X) = 14 \cdot 2 = 28$ г/моль. (0.2 балла)

Исходное вещество – соль состава $C_xH_yO_zN_k$. Реакция ее сгорания:



1) $m(H_2O) = 4,5$ г (в трубке P_2O_5).

Если количество исходного вещества $C_xH_yO_zN_k$ было v моль, то

$$v \cdot \frac{y}{2} = \frac{m(H_2O)}{M} = \frac{4,5}{18} = 0,25 \text{ моль,} \quad (0,5 \text{ балла}) \quad v \cdot y = 0,25 \cdot 2 = 0,5 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

2) $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$; осадок – это $CaCO_3$. (0.5 балла)

$$v \cdot x = m(CaCO_3) / M = 15 / 100 = 0,15 \text{ моль.} \quad (0,5 \text{ балла})$$

3) $v(O_2)_{\text{исход}} = 7,28 / 22,4 = 0,325$ моль. (0.5 балла)

После реакции кислорода осталось (в трубке с Cu) $m(O_2) = 3,2$ г, количество вещества:

$$v(O_2) = 3,2 / 32 = 0,1 \text{ моль.} \quad (0,5 \text{ балла})$$

Значит, на реакцию горения было израсходовано $v(O_2) = 0,325 - 0,1 = 0,225$ моль,

$$\text{т.е. } v \cdot (x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2}) = 0,225 \quad (0,5 \text{ балла})$$

4) Из уравнения материального баланса (по массам исходных и конечных веществ) находим массу азота:

$$m = m(C_xH_yO_zN_k) + m(O_2) - m(CO_2) - m(H_2O) = 5,3 + 0,225 \cdot 32 - 0,15 \cdot 44 - 4,5 = 1,4 \text{ г}$$

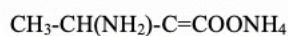
$$v \cdot \frac{k}{2} = \frac{1,4}{28} = 0,05 \quad v \cdot k = 0,1 \quad (1 \text{ балл})$$

Таким образом, мы имеем следующие соотношения:

$$vx = 0,15, \quad vy = 0,5, \quad vk = 0,1, \quad v(x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2}) = 0,225 \text{ и } vz = 0,1. \quad (1,3 \text{ балла})$$

Из них получаем отношение $x : y : z : k = 0,15 : 0,5 : 0,1 : 0,1 = 3 : 10 : 2 : 2$

Формула соли $C_3H_{10}O_2N_2$. Это, например, аммонийная соль аланина:



Задача №4.

Всего	% от общего
8	8
	8

Обозначаем через x , y и z объемы диметилового эфира, этиламина и аммиака и запишем уравнения проходящих химических реакций:

$\begin{array}{l} x \text{ мл} \quad 3x \text{ мл} \quad 2x \text{ мл} \\ \text{CH}_3\text{OCH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \\ \text{(1.5 балла)} \end{array}$	<p>Составляем систему уравнений:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $x + y + z = 100$ (1.5 балла) 2) $2x + 2y = 120$ 3) $0.5y + 0.5z + t = 60$ 4) $3x + 3.5y + 0.75z + t = 260$ <p>Решая систему уравнений получаем:</p> $x = V(\text{CH}_3\text{OCH}_3) = 20 \text{ мл (0.5 балла)}$ $z = V(\text{NH}_3) = 40 \text{ мл (0.5 балла)}$ $y = V(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 40 \text{ мл (0.5 балла)}$
$\begin{array}{l} y \text{ мл} \quad 3.75y \text{ мл} \quad 2y \text{ мл} \\ 4\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 + 15\text{O}_2 = 8\text{CO}_2 + 2\text{N}_2 + 14\text{H}_2\text{O} \\ \text{(1.5 балла)} \end{array}$	
$\begin{array}{l} z \text{ мл} \quad 0.75z \text{ мл} \quad 0.5z \text{ мл} \\ 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \\ \text{(1.5 балла)} \end{array}$	
$\begin{array}{l} t \text{ мл} \quad t \text{ мл} \\ \text{O}_2(\text{изб}) = \text{O}_2(\text{изб}) \\ \text{(0.5 балла)} \end{array}$	

Задача №5.

Всего	% от общего
6	6
	6

Найдем количество вещества фенолового эфира уксусной кислоты:

$$v(\text{C}_6\text{H}_5\text{OCOCH}_3) = \frac{20,4 \text{ г}}{136 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль} \quad (0.25 \text{ балла})$$

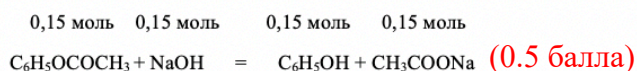
Вычисляем количество вещества гидроксида натрия:

$$m_{\text{р-ра}} = 120 \cdot 1,23 = 147,6 \text{ г} \quad (0.25 \text{ балла})$$

$$m(\text{NaOH}) = 147,6 \cdot 0,2 = 29,52 \text{ г} \quad (0.25 \text{ балла})$$

$$v(\text{NaOH}) = 29,52 / 40 = 0,738 \text{ моль} \quad (0.25 \text{ балла})$$

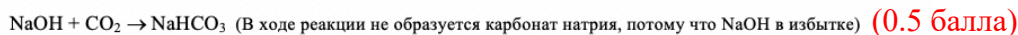
Вычисляем все уравнения связанные с реакцией:



$$v(\text{NaOH}_{\text{изб}}) = 0,738 - 0,15 = 0,588 \text{ моль} \quad (0.25 \text{ балла})$$

Избыток гидроксида натрия взаимодействует с углекислым газом:

$$0,588 \quad 0,588 \quad 0,588 \text{ (моль)}$$



$$m(\text{NaHCO}_3) = 0,588 \cdot 84 = 49,392 \text{ г} \quad (0.25 \text{ балла})$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,15 \cdot 94 = 14,1 \text{ г} \quad (0.25 \text{ балла})$$

$$m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,15 \cdot 82 = 12,3 \text{ г} \quad (0.25 \text{ балла})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 147,6 - 29,5 = 118,08 \text{ г} \quad (0.25 \text{ балла})$$

Определяем массы веществ в конечном растворе:

Растворимость $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$: 100 г – 7,9 г

$$118,08 \text{ г} - a \text{ г} \quad a = 9,33 \text{ г} \quad (0.5 \text{ балла})$$

Растворимость CH_3COONa : 100 г – 148 г

$$118,08 - b \text{ г} \quad b = 174,76 \text{ г} \quad (0.5 \text{ балла})$$

Растворимость NaHCO_3 : 100 г – 9,5 г

$$118,08 \text{ г} - c \text{ г} \quad c = 11,22 \text{ г} \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})_{\text{в осадке}} = 14,1 - 9,33 = 4,77 \text{ г} \quad (0.25 \text{ балла})$$

$$m(\text{NaHCO}_3)_{\text{в осадке}} = 49,39 \text{ г} - 11,22 \text{ г} = 38,172 \text{ г} \quad (0.25 \text{ балла})$$

$$m_{\text{р-ра}} = 20,4 + 147,6 + 0,588 \cdot 44 - 4,77 - 38,172 = 150,93 \text{ г} \quad (0.25 \text{ балла})$$

Вычисляем массовые доли растворенных веществ в растворе:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 9,33 / 150,93 = 0,0618$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COONa}) = 12,3 / 150,93 = 0,0815$$

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = 11,22 / 150,93 = 0,0743 \quad (0.5 \text{ балла})$$

Задача №6.

Всего	% от общего
8	8
	8

(0.25 балла) Бесцветный газ, поддерживающий горение, вероятно O_2 . При прокаливании обеих солей А и Б образуется ZnO – цинковые белила. Следовательно, это соли кислородсодержащих кислот. Веществ, имеющих бурю окраску, немного – например, NO_2 , Br_2 . (0.25 балла)

При охлаждении конденсируется в бурю жидкость и далее димеризуется с образованием бесцветных кристаллов

$$2NO_2 = N_2O_4 \quad (0.25 \text{ балла})$$

В таком случае А – нитрат цинка

$$2Zn(NO_3)_2 = 2ZnO + 4NO_2 + O_2 \quad (0.25 \text{ балла})$$
$$2NaOH + 2NO_2 = NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O. \quad (0.25 \text{ балла})$$

Проверяем это предположение: молекулярная масса $Zn(NO_3)_2$ – 189, NO_2 = 46.

пусть $2 \cdot 189$ г. нитрата – 100% массы,
тогда $4 \cdot 46$ г диоксида азота – x% массы

$$x = 48,7\%, \text{ что соответствует условию.} \quad (1 \text{ балл})$$

Если бурые пары, выделившиеся при разложении соли Б – это бром, то

$$2Zn(BrOx)_2 = 2ZnO + 2Br_2 + (2x - 1)O_2 \quad (0.5 \text{ балла})$$

Определим, какая из солей кислородсодержащих кислот брома разлагалась. Пусть молекулярная масса соли X г, а брома – 160 г, тогда

X г соли – 100%
160 г брома – 48–50%

если 48%, то X = 333 г, если 50%, то 320. (1 балл)

Итак Mсоли = 320 – 333 г. Существуют соли трех кислородсодержащих кислот брома – $HBrO$, $HBrO_3$, $HBrO_4$, с молекулярными массами 257, 321 и 353 соответственно. По условию подходит только бромат цинка:

$$116$$
$$2Zn(BrO_3)_2 = 2ZnO + 2Br_2 + 5O_2 \quad (0.5 \text{ балла})$$

и далее:

$$6NaOH + 3Br_2 = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O. \quad (0.5 \text{ балла})$$

При действии $AgNO_3$ на продукт взаимодействия NO_2 и Br_2 со щелочью выпадают осадки желтоватого цвета:

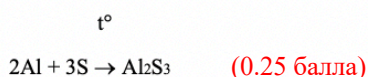
$$AgNO_3 + NaNO_2 = AgNO_2 + NaNO_3 \quad (0.5 \text{ балла})$$
$$AgNO_3 + NaBr = AgBr + NaNO_3 \quad (0.5 \text{ балла})$$

При взаимодействии NO_2 и Br_2 со щелочью в обоих случаях протекает реакция диспропорционирования. Из уравнений реакций видно, что из одного моля нитрата цинка образуется один моль нитрита натрия, а из одного моля бромата цинка образуется $5/3 = 1,7$ моль бромата натрия. Во втором случае выделится больше осадка, тем более что нитрит серебра растворим в воде, в отличие от бромата. В случае недостатка нитрата серебра выделится по массе больше бромата так как его молекулярная масса больше. (1 балл)

Задача №7.

Всего	% от общего
8	8
	8

При нагревании алюминия с серой образуется сульфид алюминия:



При обработке получившегося продукта избытком раствора гидроксида натрия выделение газа возможно только в том случае, если остался непрореагировавший алюминий:



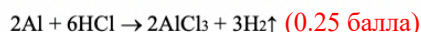
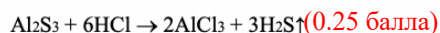
Значит, исходная смесь содержала избыток алюминия. Найдём его количество:

$$v(\text{H}_2) = pV/RT = (101,3 \cdot 1,467) / (8,314 \cdot 298) = 0,06 \text{ моль}, \quad (1 \text{ балл})$$

$$v(\text{Al}(\text{изб.})) = 2v(\text{H}_2)/3 = 0,04 \text{ моль}. \quad (0.5 \text{ балла})$$

тогда

При обработке продукта прокаливании избытком соляной кислоты газ выделяется в результате следующих реакций:



$$v(\text{газов}) = v(\text{H}_2) + v(\text{H}_2\text{S}) = (101,3 \cdot 2,200) / (8,314 \cdot 298) = 0,09 \text{ моль} \quad (0.5 \text{ балла})$$

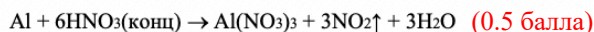
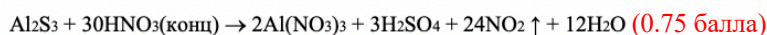
Количество водорода в реакции с кислотой $v(\text{H}_2) = 0,06$ моль, тогда (0.25 балла)

$$v(\text{H}_2\text{S}) = 0,09 - 0,06 = 0,03 \text{ моль и, следовательно,} \quad (0.25 \text{ балла})$$

$$v(\text{Al}_2\text{S}_3) = v(\text{H}_2\text{S}) / 3 = 0,01 \text{ моль}. \quad (0.25 \text{ балла})$$

Таким образом, в каждой из трех частей продукта после прокаливании содержится 0,01 моль Al_2S_3 и 0,04 моль алюминия.

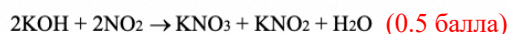
При нагревании третьей части продукта с концентрированной HNO_3 происходит выделение оксида азота (IV) в результате следующих реакций:



При разложении концентрированной азотной кислоты 0,01 моль Al_2S_3 выделилось $0,01 \cdot 24 = 0,24$ моль NO_2 , а при взаимодействии HNO_3 с 0,04 моль алюминия выделилось $0,04 \cdot 3 = 0,12$ моль NO_2 . Значит, всего выделилось (1 балл)

$$v(\text{NO}_2) = 0,24 + 0,12 = 0,36 \text{ моль} \quad (0.25 \text{ балла})$$

Для поглощения этого количества NO_2 потребуется 0,36 моль KOH



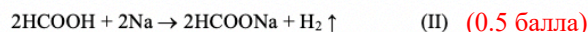
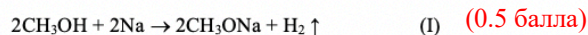
Такое количество гидроксида калия содержится в следующем объеме 30%-ного раствора:

$$V = (v \cdot M) / (\omega \cdot \rho) = (0,36 \cdot 56) / (0,3 \cdot 1,29) = 52,1 \text{ мл} \quad (1 \text{ балл})$$

Задача №8.

Всего	% от общего
7	7
	7

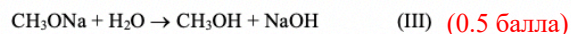
Из компонентов смеси в реакцию с натрием вступают муравьиная кислота и метанол:



Вычислим количество вещества водорода, выделяющегося в реакциях и (II) по формуле

$$v(\text{H}_2) = V(\text{H}_2) / V_m; v(\text{H}_2) = 0,15 \text{ моль.} \quad (0.5 \text{ балла})$$

При обработке образовавшейся смеси продуктов (метоксида натрия CH_3ONa и формиата натрия HCOONa) разбавленным раствором щелочи протекает реакция гидролиза:



Масса щелочи в растворе увеличивается за счет протекания этой реакции образуется при этом $v(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH}) / M(\text{NaOH})$; $v(\text{NaOH}) = 8 / 40 = 0,2$ моль. Из уравнения реакции (III) следует, что $v(\text{CH}_3\text{OH}) = v(\text{NaOH}) = 0,2$ моль. **(0.5 балла, если только NaOH то 0.25 балла)**

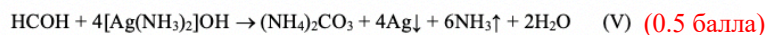
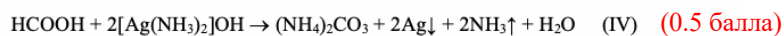
Таким образом, при образовании метоксида натрия в реакции (I) выделилось водорода:

$$v(\text{H}_2)_{\text{I}} = 0,5 v(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ моль}$$

а в реакции (II)

$$v(\text{H}_2)_{\text{II}} = 0,15 - 0,1 = 0,05 \text{ моль.}$$

С гидроксидом диамминсеребра реагируют формальдегид и муравьиная кислота:



В реакции (IV) образуется серебра **(0.5 балла за $v(\text{HCOOH})$)**

$$v(\text{Ag})_{\text{IV}} = 2v(\text{HCOOH}) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ моль} \quad (0.5 \text{ балла})$$

Следовательно, в реакции (V) выделяется серебра $v(\text{Ag})_{\text{V}} = 0,28 - 0,2 = 0,08$ моль.

По уравнению реакции (V):

$$v(\text{HCOH}) = 0,25 v(\text{Ag})_{\text{V}} = 0,25 \cdot 0,08 = 0,02 \text{ моль.} \quad (0.5 \text{ балла})$$

Вычислим массы всех компонентов исходной смеси по формуле

$$m(\text{HCOOH}) = 46 \cdot 0,1 = 4,6 \text{ г;} \quad (0.5 \text{ балла, если неправильные массы, то 0.26 за}$$

$$m(\text{HCOH}) = 30 \cdot 0,02 = 0,6 \text{ г;} \quad \text{формулу и по 0.1 б за каждую массу)}$$

$$m(\text{CH}_3\text{OH}) = 32 \cdot 0,2 = 6,4 \text{ г.}$$

Рассчитаем массу исходной смеси:

$$m(\text{смеси}) = m(\text{HCOOH}) + m(\text{HCOH}) + m(\text{CH}_3\text{OH}) = 4,6 + 0,6 + 6,4 = 11,6 \text{ г.} \quad (0.5 \text{ балла})$$

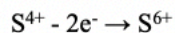
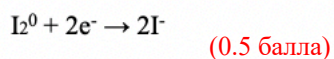
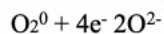
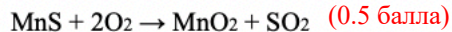
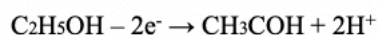
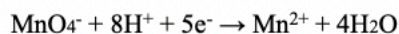
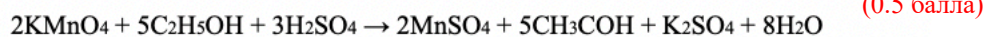
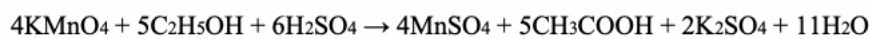
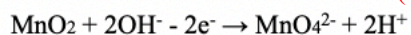
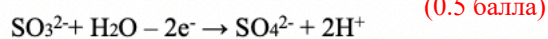
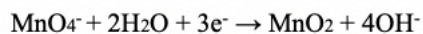
Массовую долю формальдегида найдем по формуле

$$\omega(\text{HCOH}) = m(\text{HCOH}) / m(\text{смесь})$$

$$\omega(\text{HCOH}) = 0,6 / 11,6 = 0,0517 \text{ или } 5,17\% \quad (1 \text{ балла})$$

Задача №9.

Всего	% от общего
6	6
	6



Задача №10.

Всего	% от общего
10	10
	10

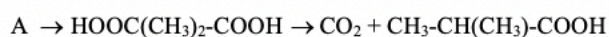
(0.5 балла за соотношение,
или 2 балла за брутто
формулу) Макс 2 балла

Исходя из массовой доли углерода простейшая формула X – C₃H₄. По описанию можно предположить, что B₃ – CO, тогда B₂ – HCOOH, соответственно B₁ – щавелевая кислота. Поскольку эта кислота образовалась в результате дальнейшего окисления продукта озонлиза, B – это глиоксаль или ацетальдегид. С другой стороны, из условий превращения A следует, что A – диметилмалоновая кислота (при нагревании метилянтарной происходило бы не декарбоксилирование, а образование циклического ангидрида).

Следовательно, A – это:



Отсюда можно сделать вывод, что в молекуле X есть осколки либо =C₅H₈= и CH₃-CH=, либо =C₅H₈= и =CH-CH=. Покажем, что первый вариант исключен. Если число первых осколков принять за n, а вторых за m, то n(C₅H₈) + m(C₂H₄) = p(C₃H₄).



$$\begin{cases} 5n + 2m = 3p \\ 8n + m = 4p; 2m = 3p - 5n = 4n; m = 2n \end{cases}$$

$$2n = 2p; n=p; 5n + 2m = 3n; m=-n$$

Это нереально, поэтому можно предположить, что в молекуле X есть цикл, в котором содержится n осколков =CH-C(CH₃)₂-CH= и осколков =CH-CH=. Составляем систему:



$$\begin{cases} 5n + 2m = 3p \\ 8n + 2m = 4p; 2m = 3p - 5n = 4n; m = 2n \end{cases}$$

$$n = 1, 2, 3 \text{ и т.д.}; m = 2, 4, \text{ и т.д.}; n = 1; m = 2.$$

Если n = 2, то молярная масса X > 200, что противоречит условию.

Значит, строение X

