

Всероссийская олимпиада школьников по химии 2021-2022 уч. гг./ муниципальный этап

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЭТАПА
2021/2022 УЧ. ГГ.**

ЯКУТСК 2020

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ:

8 КЛАСС

Задание 8-1

Формулы оксида азота (IV) с различными комбинациями изотопов и их относительные

Формула	$^{14}\text{N}^{16}\text{O}_2$	$^{14}\text{N}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$	$^{14}\text{N}^{18}\text{O}_2$	$^{15}\text{N}^{16}\text{O}_2$	$^{15}\text{N}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$	$^{15}\text{N}^{18}\text{O}_2$
M_r	46	48	50	47	49	51

Самая легкая молекула - $^{14}\text{N}^{16}\text{O}_2$

Масса одной молекулы $\frac{46}{6,02 \cdot 10^{23}} = 7,64 \cdot 10^{-23}$ г.

Система оценивания:

Каждая правильная формула – 1 балл. 1балл x 6 формул = 6 баллов;

Правильное вычисление M_r – 0,5 балла. 0,5 балла x 6 = 3 балла;

Правильное вычисление массы одной молекулы: 1 балл

Всего – 10 баллов

Задание 8-2

По закону Архимеда подъемная сила (в кг) равна

$$(\rho_{\text{воздуха}} - \rho_{\text{газа}}) V_{\text{шара}} \cdot$$

Плотность водорода при 0 °С составляет $2/22,4 = 0,089$ г/л.

Следовательно монгольфьер поднимет $(1,29 - 0,089) \cdot 1500 = 516$ кг (3 балла), а шарльер $(1,29 - 0,089) \cdot 1500 = 1800$ кг (3 балла. Если при расчете участник пренебрег плотностью водорода, 1 балл.).

2. Гелий (1 балл).

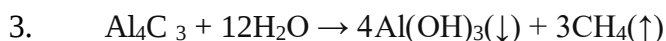
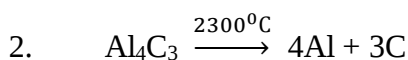
3. В нем легко может образоваться взрывоопасная смесь водорода и кислорода воздуха, которая к тому же будет подогреваться открытым пламенем (1 балл).

Всего - 8 баллов

Задача 8.4

$$1. \quad \text{Al}:\text{C} = \frac{75}{27} : \frac{25}{12} = 2,778 : 2,083 = 1,333 : 1 = 4 : 3$$

Формула Al_4C_3 .



Система оценивания

1. Определение формулы карбида алюминия – 3 балла

- Уравнение реакции разложения карбида алюминия (с правильными коэффициентами) - 2 балла (если коэффициенты не правильны минус 1 балл)
- Расчет соединения алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ – 2 балла
Уравнение реакции взаимодействия карбида алюминия с водой (с правильными коэффициентами) - 3 балла (если коэффициенты не правильны минус 1,5 балла).

Всего - 10 баллов

Задание 8-4

- Находим площадь обоев: $S = (3 + 5) \cdot 2 \cdot 3 = 48 \text{ м}^2$
Находим массу гидроарсенита меди в краске на 48 м^2 обоев:
 $m(\text{CuHAsO}_3) = 48 \cdot 0,3 = 14,4 \text{ г}$
Находим количество молей гидроарсенита меди:
 $n(\text{CuHAsO}_3) = 14,4 \text{ г} / 188 \text{ г/моль} \approx 0,077 \text{ моль}$
Находим количество и массу триметиларсина:
 $n(\text{As}(\text{CH}_3)_3) = n(\text{CuHAsO}_3) = 0,077 \text{ моль}$
 $m(\text{As}(\text{CH}_3)_3) = 0,077 \text{ моль} \cdot 120 \text{ г/моль} \approx 9,2 \text{ г.}$
- Находим массу мышьяка:
 $m(\text{As}) = 0,077 \text{ моль} \cdot 75 \text{ г/моль} \approx 5,78 \text{ г}$
Принимая равномерность выделения триметиларсина в течение 5 лет, рассчитаем массу мышьяка, который попадал в воздух спальни каждые сутки:
 $m(\text{As}) = 5,78 \text{ г} / 5 \cdot 365 \text{ суток} \approx 3 \text{ мг/сутки}$
Находим объем воздуха в спальне:
 $V = 5 \cdot 3 \cdot 3 = 45 \text{ м}^3$
Рассчитаем концентрацию мышьяка, накапливающегося в воздухе за 1 сутки:
 $3 \text{ мг/сутки} / 45 \text{ м}^3 \approx 0,067 \text{ мг/сутки} \cdot \text{м}^3$
Учитывая, что ПДК составляет 0,1 мг мышьяка на 1 м^3 воздуха, рассчитаем время:
 $t = 0,1 \text{ мг/м}^3 / 0,067 \text{ мг/сутки} \cdot \text{м}^3 \approx 1,5 \text{ суток}$
Таким образом, если не проветривать (или плохо проветривать) помещение спальни более 1,5 суток, концентрация токсичных соединений мышьяка в воздухе превысит предельно допустимое значение.

Система оценивания

- Вычисление массы гидроарсенита меди в краске на 48 м^2 обоев - 1 балл
Вычисление гидроарсенита меди - 1 балл
Вычисление количества молей и массы триметиларсина - 2 балла
- Вычисление общей массы мышьяка - 1 балл
- Вычисление массы мышьяка, который попадал в воздух спальни каждые сутки:

- 2 балла

Расчет концентрации мышьяка, накапливающегося в воздухе за 1 сутки:

- 2 балла

Расчет времени достижения ПДК

- 2 балла

Всего 12 баллов

Общая сумма баллов - 40

9 КЛАСС

Задание 9-1

Сера может образовывать два оксида: SO_2 и SO_3 .

Формулы оксидов с различными комбинациями изотопов.

SO_2	$^{32}\text{S}^{16}\text{O}_2$, $^{32}\text{S}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$, $^{32}\text{S}^{18}\text{O}_2$ $^{33}\text{S}^{16}\text{O}_2$, $^{33}\text{S}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$, $^{33}\text{S}^{18}\text{O}_2$
SO_3	$^{32}\text{S}^{16}\text{O}_3$, $^{32}\text{S}^{16}\text{O}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$, $^{32}\text{S}^{16}\text{O}^{18}\text{O}^{18}\text{O}$, $^{32}\text{S}^{18}\text{O}_3$ $^{33}\text{S}^{16}\text{O}_3$, $^{33}\text{S}^{16}\text{O}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$, $^{33}\text{S}^{16}\text{O}^{18}\text{O}^{18}\text{O}$, $^{33}\text{S}^{18}\text{O}_3$

Всего 14 оксидов.

Оксид с наивысшей степенью окисления и наибольшей относительной молекулярной массой - $^{33}\text{S}^{18}\text{O}_3$. $M_r(^{33}\text{S}^{18}\text{O}_3)=87$

Масса одной молекулы $\frac{87}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,45 \cdot 10^{-22}$ г.

Система оценивания:

Каждая правильная формула – 0,5 балла: 0,5 балла x 15 формул = 7 баллов;

Правильное вычисление массы одной молекулы: 1 балл

Всего 8 баллов

Задание 9-2

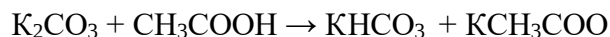
1. Обыкновенный кали – K_2CO_3 , углекислый кали – KHCO_3 .

2. $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{KHCO}_3 + \text{KCH}_3\text{COO}$



3. Карбонат калия получали из золы растений. Так, зола подсолнуха содержит до 75% K_2CO_3 . Зола нагревали с водой, полученный щелок фильтровали и упаривали. Более привычное название карбоната калия – поташ.

4. В соответствии с уравнением реакции:



из 2 фунтов (717 г) карбоната калия должно получиться 523 г (17,5 унций) гидрокарбоната калия. Практический выход равен $7/17,5 \cdot 100 = 40\%$, что связано с большой растворимостью гидрокарбоната калия и большими потерями при перекристаллизации.

Система оценивания.

1. 2 названия $\times 1=2$ (балла)

2. 2 уравнения $\times 1=2$ (балла)

3. $2 \times 1=2$ балл): 1балл – за источник и способ, 1 балл – за тривиальное название.

4. $3 \times 1=3$ балла: 1,5 балла – за расчет количества, 1,5 балла – определение выхода.

Всего 9 баллов

Задание 9-3

Соединение А – хлорид. Допустим, что металл имеет степень окисления +1.

Тогда атомное соотношение Me и Cl в составе хлорида 1:1.

Содержание хлора в хлориде А – 89,78%.

Имеем отношение $1:1 = 20,22/M_r(A): 89,78/35,5$. Откуда имеем $M_r(A)=9$ г/моль.

Однозарядного иона металла с такой молярной массой нет. Перебирая возможные степени окисления металла, умножаем 9 на 1,2,3,4 и т.д.

Условию задачи удовлетворяет ($M_r(Al)=27$ г/моль).

Действительно, алюминий в 19 веке был очень дорогим, а сейчас имеет широкое распространение в быту.

Уравнения реакций:

- $2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$
Вещество А - $AlCl_3$
- $AlCl_3 + 3NaOH = 3NaCl + Al(OH)_3$
Вещество А - $Al(OH)_3$
- $Al(OH)_3 + NaOH = NaAl(OH)_4$
Вещество С – $NaAl(OH)_4$
- $2NaAl(OH)_4 + CO_2 = Na_2CO_3 + 2Al(OH)_3 + H_2O$
- $NaAl(OH)_4 + 4HCl = NaCl + AlCl_3 + 4H_2O$
- $AlCl_3 + 3K = Al + 3KCl$

Система оценивания.

- Определение металла – 3 балла.
- Определение веществ А,В,С по 1 баллу: 1 балл х 3 вещества =3 балла.
- Уравнение реакций (с правильными коэффициентами) - по 1 баллу:
1 балл х 6 уравнений = 6 баллов.

Всего 12 баллов

Задание 9-4

С раствором соляной кислоты взаимодействует железо.



Обозначим массу вступившей в реакцию кислоты через x , тогда массы образовавшегося хлорида железа (II) и водорода соответственно равны:

$$m(FeCl_2) = \frac{127 \cdot x}{73} = 1,74x \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(H_2) = \frac{2 \cdot x}{73} = 0,027x \quad (1 \text{ балл})$$

Изменение массы раствора связано с тем, что вместо вступившей в реакцию соляной кислоты образовался хлорид железа (II) и улетучился водород.

$$\Delta m = m(\text{FeCl}_2) - m(\text{H}_2) - m(\text{HCl})$$

$$1,74x - x - 0,027x = 0,713x = 2,7$$

$$m(\text{HCl}) = 3,787 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

Масса вступившего в реакцию железа равна:

$$m(\text{Fe}) = \frac{56 \cdot 3,787}{73} = 2,9 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Из оставшихся металлов с горячей серной кислотой взаимодействует медь



$$V(\text{SO}_2) = 1,12 \text{ л};$$

$$\nu(\text{SO}_2) = \frac{1,12}{22,4} = 0,05 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\nu(\text{Cu}) = 0,05 \text{ моль}; \quad m(\text{Cu}) = 64 \cdot 0,05 = 3,2 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{Au}) = 4,02 \text{ г}$$

Общая масса смеси металлов:

$$m(\text{смеси}) = 4,02 + 3,2 + 2,0 = 10,12 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{2,9 \cdot 100\%}{10,12} = 28,66\%$$

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{3,2 \cdot 100\%}{10,12} = 31,62\%$$

$$\omega(\text{Au}) = \frac{4,02 \cdot 100\%}{10,12} = 39,72\% \quad (1 \text{ балл})$$

Всего 11 баллов

Задание 9-5

Масса смеси озона и кислорода (озонированный кислород) в 9 раз больше массы того же объема гелия при тех же условиях.

В каком объемном отношении нужно смешать этот озонированный кислород с водородом для полного сгорания? (10 баллов)

Так как объем озонированного кислорода равен объему гелия при равных условиях, то количество моль смеси кислорода и озона равно количеству моль гелия. (1 балл)

Средняя молярная масса смеси равна: $M_{\text{ср.}}(\text{смеси}) = 4 \cdot 9 = 36 \text{ г/моль}$ (1 балл)

Пусть x – молярная доля (χ) O_2 в смеси, тогда $(1-x)$ – молярная доля (χ) O_3 в смеси.

$$M_{\text{ср.}}(\text{смеси}) = M(\text{O}_2) \cdot \chi(\text{O}_2) + M(\text{O}_3) \cdot \chi(\text{O}_3)$$

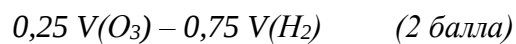
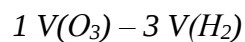
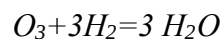
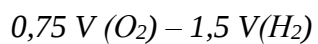
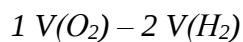
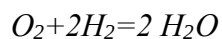
$$32x + 48(1-x) = 36, \quad x = 0,75$$

$$\chi(O_2)=0,75; \chi(O_3)=0,25 \quad (3 \text{ балла})$$

Пусть $V(l)$ – объем смеси озонированного кислорода, тогда

$0,75 V(l)$ – объем кислорода в смеси,

$0,25 V(l)$ – объем озона в смеси (1 балл)



Общий объем водорода равен:

$$V(H_2) = 1,5 V + 0,75 V = 2,25 V \quad (1 \text{ балл})$$

Отношение объема смеси (озонированного кислорода) к объему водорода равно:

$$V(\text{смеси}): V(H_2) = 1V: 2,25 V = 1:2,25 \quad (1 \text{ балл})$$

Всего - 10 баллов

Общая сумма баллов – 50

10 КЛАСС

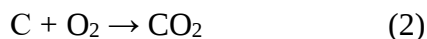
Задание 10-1

1. Среди простых веществ-продуктов разложения только углерод может быть черным.



Такая реакция называется реакцией карбонизации.

2. Газообразными продуктами сгорания углерода являются CO и CO₂ (указание на то, что этих продуктов два позволяет отсечь дальнейшие спекуляции на тему). Уравнения:



3. Определим количество (моль) углерода и кислорода, вступивших в реакцию в сосуде:

$$n(O_2) = \frac{\varphi(O_2) \cdot V}{V_m} = \frac{0,21 \cdot 1л}{22,4л / моль} = 9,375 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(C) = 6 \cdot \frac{m(C_6H_{10}O_5)}{M(C_6H_{10}O_5)} = \frac{6 \cdot 0,42г}{162г / моль} = 15,556 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Пусть количество (моль) образовавшегося CO₂ – x, CO – y, тогда можно составить систему уравнений и найти эти величины:

$$\begin{cases} x + y = 15,556 \cdot 10^{-3} \\ x + 0,5 \cdot y = 9,375 \cdot 10^{-3} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y = 2 \cdot (15,556 - 9,375) \cdot 10^{-3} \\ x = (2 \cdot 9,375 - 15,556) \cdot 10^{-3} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y = 12,362 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \\ x = 3,194 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \end{cases}$$

Количество (моль) газовой смеси увеличилось на

$$n = n(CO_2) + n(CO) - n(O_2) = (15,556 - 9,375) \cdot 10^{-3} = 6,181 \cdot 10^{-3} \text{ моль, т.е. всего стало}$$

$z(\text{общ}) = 1л/22,4л/моль + 6,181 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 5,082 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$. И, наконец, мы можем рассчитать объемные доли:

$$\varphi(CO) = 12,362/50,82 = 0,243 \text{ или } 24,3\% \quad \varphi(CO_2) = 3,194/50,82 = 0,063 \text{ или } 6,3\%.$$

Система оценивания

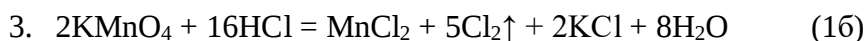
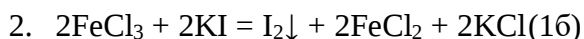
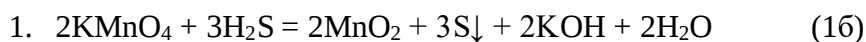
1. Уравнение реакции 1 – 1 балл.

2. Уравнения сгорания, реакции 2 и 3: $2 \times 1 = 2$ (балла)

3. Расчет количеств продуктов сгорания и состава газовой смеси: $2 + 2 = 4$ (балла).

Всего 7 баллов

Задание 10-2



5. $\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{NaOH} = \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (16)
6. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 8\text{C} = \text{Ca}_3\text{P}_2 + 8\text{CO}\uparrow$ (16)
7. $\text{PH}_3 + 8\text{HNO}_{3\text{конц}} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{NO}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ (16)
8. $\text{Cu}_2\text{O} + 6\text{HNO}_3 = 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ (16)
9. $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} = 4\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CH}_4\uparrow$ (16)
10. $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = \text{SO}_2\uparrow + \text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (16)

Всего 10 баллов

Задание 10-3

Определение массы брома в растворе и количества вещества брома:

$$m(\text{Br}_2) = 31,25 \cdot 1,6 \cdot 0,064 = 3,2\text{г};$$

$$v(\text{Br}_2) = 3,2/160 = 0,02 \text{ моль.} \quad (1 \text{ балл})$$

Определение объемов непредельного углеводорода (C_xH_y) и предельного углеводорода ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) в смеси и количества вещества каждого углеводорода:

$$V(\text{C}_x\text{H}_y) = 560 - 336 = 224 \text{ мл}; \quad v(\text{C}_x\text{H}_y) = 0,224/22,4 = 0,01 \text{ моль}; \quad (1 \text{ балл})$$

$$V(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 336 \text{ мл}; \quad v(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 0,336/22,4 = 0,015 \text{ моль.} \quad (1 \text{ балл})$$

Определение объемных (молярных) долей компонентов в смеси:

$$\phi(\text{C}_x\text{H}_y) = 224/560 = 0,4; \quad (1 \text{ балл})$$

$$\phi(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 336/560 = 0,6. \quad (1 \text{ балл})$$

Непредельный углеводород и бром реагируют в молярных отношениях:

$$v(\text{C}_x\text{H}_y):v(\text{Br}_2) = 0,01:0,02 = 1:2, \text{ значит, непредельный углеводород относится к алкинам или диеновым углеводородам } (\text{C}_x\text{H}_{2x-2}) \quad (1 \text{ балл})$$

$$D_{\text{H}_2}(\text{газ. смеси}) = 17; \quad M_{\text{ср}}(\text{смеси}) = 2 \cdot 17 = 34 \text{ г/моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$M_{\text{ср}}(\text{смеси}) = M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) \cdot \phi(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) + M(\text{C}_x\text{H}_{2x-2}) \cdot \phi(\text{C}_x\text{H}_{2x-2})$$

$$M_{\text{ср}}(\text{смеси}) = M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) \cdot 0,6 + M(\text{C}_x\text{H}_{2x-2}) \cdot 0,4 = 34 \quad (2 \text{ балл})$$

Методом подбора определяем пару углеводородов, соответствующую этому равенству.

Это: этан C_2H_6 и	пропин C_3H_4	
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$ (1 балл)	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	(1 балл)
	(или аллен	
	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$) (1 балл)	

Всего 12 баллов

Задание 10-4

С раствором соляной кислоты взаимодействует железо.



Обозначим массу вступившей в реакцию кислоты через m , тогда массы образовавшегося хлорида железа (II) и водорода соответственно равны:

$$m(\text{FeCl}_2) = \frac{127 \cdot m}{73} = 1,74m \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{H}_2) = \frac{2 \cdot m}{73} = 0,027m \quad (1 \text{ балл})$$

Изменение массы раствора связано с тем, что вместо вступившей в реакцию соляной кислоты образовался хлорид железа (II) и улетучился водород.

$$\Delta m = m(\text{FeCl}_2) - m(\text{H}_2) - m(\text{HCl})$$

$$2,7 = 1,74m - m - 0,027m = 0,713m$$

$$m(\text{HCl}) = 3,787 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

Масса вступившего в реакцию железа равна:

$$m(\text{Fe}) = \frac{56 \cdot 3,787}{73} = 2,9 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Из оставшихся металлов с горячей серной кислотой взаимодействует медь



$$V(\text{SO}_2) = 1,12 \text{ л}; \quad \nu(\text{SO}_2) = \frac{1,12}{22,4} = 0,05 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\nu(\text{Cu}) = 0,05 \text{ моль}; \quad m(\text{Cu}) = 64 \cdot 0,05 = 3,2 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{Au}) = 4,02 \text{ г}$$

Общая масса смеси металлов:

$$m(\text{смеси}) = 4,02 + 3,2 + 2,0 = 10,12 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{2,9 \cdot 100\%}{10,12} = 28,66\%$$

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{3,2 \cdot 100\%}{10,12} = 31,62\%$$

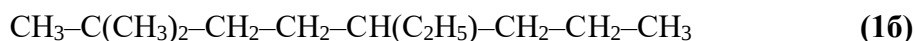
$$\omega(\text{Au}) = \frac{4,02 \cdot 100\%}{10,12} = 39,72\% \quad (1 \text{ балл})$$

Всего 11 баллов

Задание 10-5

4,4-диметилпентин-1 (C_7H_{12}): $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_3$

1) 2,2-диметил-5-этилнонан ($\text{C}_{13}\text{H}_{28}$):



- 2) ацетилен (C_2H_2): $CH \equiv CH$ гомолог **(1,56)**
- 3) гептадиен-1,3 (C_7H_{12}): $CH_2=CH-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_3$ изомер **(1,56)**
- 4) 3-этилпентадиен-1,3 (C_7H_{12}): $CH_2=CH-C(C_2H_5)=CH-CH_3$ изомер **(1,56)**
- 5) этан (C_2H_6): CH_3-CH_3 **(16)**
- 6) 3,3-диметил-5-этилоктин-1 ($C_{12}H_{22}$): $CH \equiv C-C(CH_3)_2-CH_2-CH(C_2H_5)-CH_2-CH_2-CH_3$
гомолог **(1,56)**
- 7) этилен (C_2H_4): $CH_2=CH_2$ **(16)**
- 8) гексан (C_6H_{14}): $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ **(16)**

Система оценивания:

1. За структуру – 1балл x 8=8 баллов,
2. За написание принадлежности к гомологам/изомерам – 0,5 x4 =2 балла

Всего 10 баллов

Общая сумма баллов – 50

11 КЛАСС

Задание 11-1 (автор Решетова М.Д.)

1. Определим молярную массу вещества **A**, исходя из уравнения Менделеева-

$$\text{Клайперона: } PV = \frac{m}{M}RT \rightarrow M = \frac{mRT}{PV},$$

$$\text{если использовать } R = 8,31, \quad M = \frac{1,42 \cdot 8,314 \cdot 523}{101,325 \cdot 0,6448} = 94,5 \text{ г/моль} \quad \text{или,}$$

$$\text{если } R = 1 \cdot 22,4 / 273 = 0,082 \text{ атм} \cdot \text{л/К}, \quad M = \frac{1,42 \cdot 0,082 \cdot 523}{1 \cdot 0,66448} = 94,5 \text{ г/моль}$$

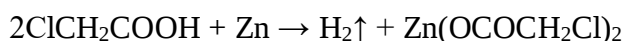
2. Вещество **A** содержит углерод, водород, кислород и еще какой-то элемент или какие-то элементы (суммарный % углерода, водорода и кислорода < 100).

3. Определим соотношение углерода, водорода и кислорода в веществе **A**.
 $C : H : O = 25,41/12 : 3,198/1 : 33,847/16 = 2:3:2$, т.е. простейшая формула вещества **A** $C_2H_3O_2X_n$. На долю C, H и O приходится 62,455%, тогда на долю X_n приходится 37,545% или $37,545 \cdot 94,5 / 100 = 35,5$ г. Эта величина соответствует молярной массе атома хлора, т.е. в первом приближении простейшая формула вещества может быть **C₂H₃O₂Cl**.

4. Молярная масса **C₂H₃O₂Cl** равна 94,5 г/моль, что совпадает с молярной массой вещества **A**. Таким образом, истинная формула **A** совпадает с простейшей формулой.

5. При реакции с цинком вещество **A** выделяет водород, что характерно для реакции кислот. Для соединения **C₂H₃O₂Cl** такой кислотой может быть хлоруксусная кислота: **Cl-CH₂-COOH**

6. Подтвердим наш вывод расчетами.



Согласно этому уравнению 1,42 г (0,015 моль) хлоруксусной кислоты образуют при нормальных условиях $0,015 \cdot 22,4 / 2 = 0,1683$ л = 168,3 мл водорода, что соответствует условию задачи. Следовательно, формула вещества **A** установлена правильно.

Система оценивания

Определение молярной массы **A** 2 балл

Состав **A** 1 балл

Расчет простейшей формулы **A** 3 балла

Истинная формула **A** 1 балл

Установление структурной формулы **A**, 1 балла

Расчеты, подтверждающие структурную формулу **A** 2 балл

Всего 10 баллов

Задание 11-2

Вещество А – толуол.

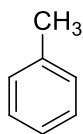
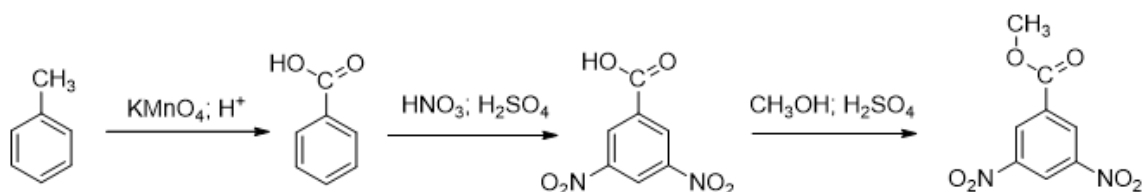


Схема реакций:



Вещество В – бензойная кислота	
Вещество С – 3,5-динитробензойная кислота	
Вещество D – метиловый эфир 3,5-динитробензойной кислоты	

1. Химическое вещество – толуол не столь токсичен, как бензол. Именно поэтому его сфера применения так обширна. Он используется в органическом синтезе, в парфюмерно–косметологической, военной, топливной, фармацевтической, лакокрасочной промышленности. Тoluол есть в свободной продаже и его можно использовать в быту, как разбавитель.

Толуол является токсичным ядом, влияющим на функцию кроветворения организма, аналогично бензолу. Пары толуола могут проникать через неповрежденную кожу и органы дыхания, вызывать поражение нервной системы. Обладает слабым наркотическим действием. Пожароопасен, легковоспламеняющаяся жидкость.

Поэтому работать с толуолом и растворителями, в состав которых он входит, необходимо в прочных резиновых перчатках в хорошо проветриваемом помещении или с использованием вытяжной вентиляции. Концентрационные пределы взрываемости паровоздушной смеси 1,3 — 6,7 %. Бензойная кислота для человека и животных считается безопасным потребление в определенных концентрациях. Для человека 5 мг на 1 кг массы тела в день, летальная доза для кошек — 300 мг/кг массы тела, для крыс 3040 мг/кг, для мышей 1940—2260 мг/кг.

Бензойную кислоту используют в качестве сырья в химической промышленности, в медицине в качестве антисептика, в пищевой промышленности в качестве консерванта.

Она является природным соединением. Содержится в клюкве, чернике, бруснике, малине, коре вишневого дерева. В связанном виде встречается в мёде. Интересно, что бензойная кислота образуется в процессе микробного разложения N – бензоилглицина в молочных ферментированных продуктах (кефире, ряженке, йогурте, простокваше).

Система оценивания:

1. Указание вещества А – 0,5 балла, структурная формула – 0,5 балла.
2. Расшифровка схемы реакций – каждая правильная реакция по 1 баллу: 1 балл x 3 = 3 балла

Указание названий веществ В, С, D по 1 баллу: 1 балл x 3 = 3 балла

3. Указание областей применения толуола и бензойной кислоты – 1 балл x 2 = 2 (одна область применения – 0,5 балл, если ученик указал несколько областей применения то оценивается в 1 балл).

Указание вреда толуола – 0,25 балла, безвредность бензойной кислоты – 0,25 балла.

Указание мер предосторожностей при работе с толуолом – 0,5 балла.

Всего: 10 баллов

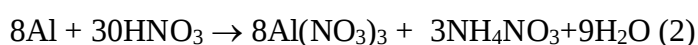
Задание 11-3

Решение смотрите в задании 10-2

Всего: 10 баллов

Задание 11-4

Разбавленная азотная кислота может протекать по реакции 1 и 2:



По условию мольное соотношение $\text{N}_2\text{O}:\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1:3$, тогда запишем реакции так:



Суммарное уравнение: $32\text{Al} + 120\text{HNO}_3 \rightarrow 32\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 9\text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{N}_2\text{O} + 42\text{H}_2\text{O}$ (3)

Система оценивания:

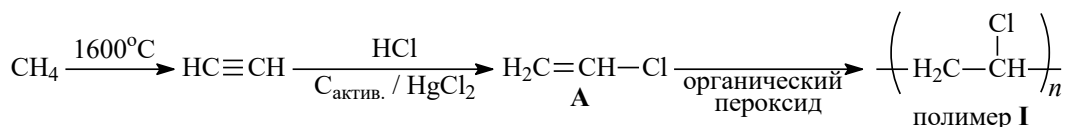
1. Уравнения реакций 1 и 2 – по 2 балла: $2 \times 2 = 4$ балла
2. Суммарное уравнение – 3 балла

Если в реакциях неправильно проставлены коэффициенты, снижать оценку на 1 балл

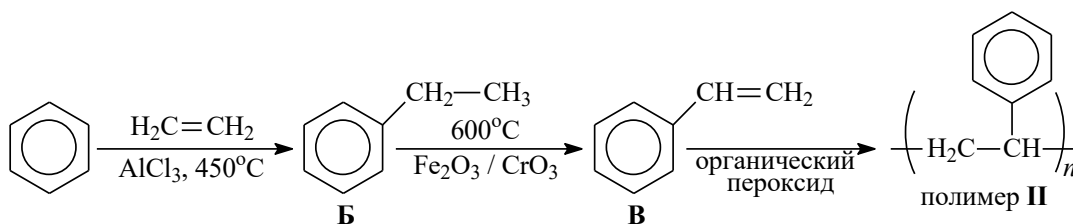
Всего 7 баллов

Задание 11-5

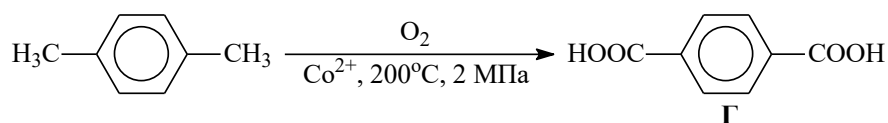
Промышленным методом получения ацетилена (схема получения полимера **I**) является кратковременное нагревание метана до высокой температуры ($\sim 1600^\circ\text{C}$). При взаимодействии ацетилена с газообразным сухим хлороводородом происходит электрофильное присоединение по тройной связи и образуется винилхлорид (продукт **A**), который является мономером для получения известного полимера – *поливинилхлорида* (полимер **I**, ПВХ):



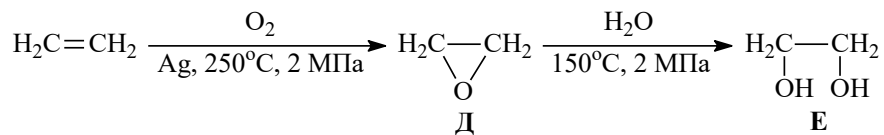
Рассмотрим схему получения полимера **II**. При взаимодействии бензола с этиленом в присутствии кислоты Льюиса (в данном случае – AlCl_3) образуется этилбензол (**B**). Заметим, что молекулярные формулы этилбензола (C_8H_{10}) и продукта **B** (C_8H_8) различаются на два атома водорода, следовательно, при нагревании паров этилбензола до 600°C над железохромовым катализатором происходит дегидрирование и образуется стирол (винилбензол, **B**). В присутствии органических пероксидов (например, пероксида бензоила) происходит радикальная полимеризация стирола, приводящая к *полистиролу* (полимер **II**, ПС):



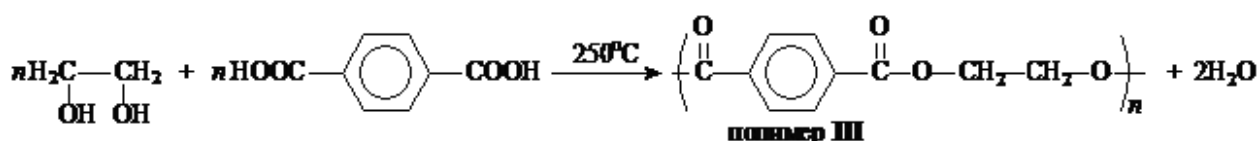
Основным продуктом жидкофазного каталитического окисления *пара*-ксилола кислородом (верхняя часть схемы получения полимера **III**) является терефталевая кислота (**Г**, $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$):



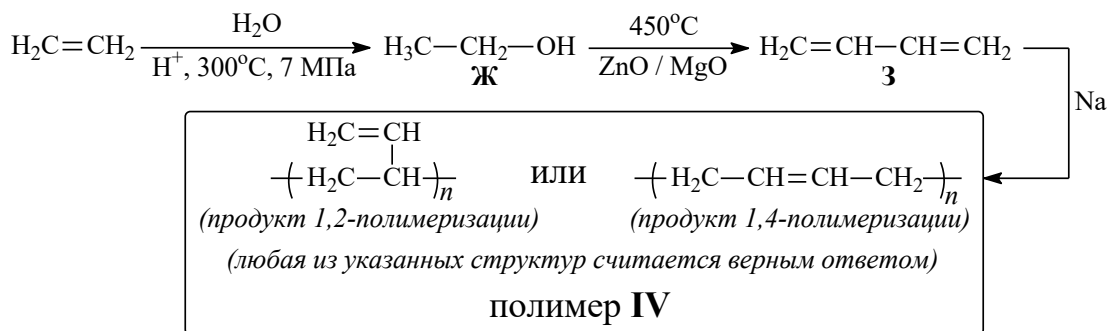
При окислении этилена кислородом в присутствии катализатора (серебро, нанесенное на корундовый носитель) образуется этиленоксид (продукт Д), последующая гидратация которого приводит к образованию простейшего двухатомного спирта – этиленгликоля (Е):



Нагреванием этиленгликоля и терефталевой кислоты получают полимер **III** – *полиэтилентерефталат* (ПЭТ). Сейчас этот полимер широко используется для производства небьющихся пластиковых бутылок, а волокно, формируемое на основе этого полимера называется *лавсан* (сокращенное от "*Ла*боратория *высокомолекулярных соединений Академии наук СССР*").



При гидратации этилена образуется этиловый спирт (**Ж**), который на смешанном оксидном катализаторе при нагревании претерпевает одновременно дегидрирование и дегидратацию – это один из способов получения бутадиена-1,3 (по Лебедеву) (**З**). Полученный диен в результате каталитической полимеризации (под действием металлического натрия) превращается в *каучук* (бутадиеновый, или натрийбутадиеновый, каучук), полимер **IV**:



При нагревании смеси каучука с серой его макромолекулы сшиваются между собой мостиковыми атомами серы, этот процесс называют *вулканизацией*. При вулканизации каучука в зависимости от содержания серы получают *резину* или *эбонит* (полимер **V**, любое из названий считается полным верным ответом).

Образование макромолекул полимеров из мономеров возможно при протекании двух различных процессов – полимеризации и поликонденсации. Если при полимеризации превращение мономера в полимер происходит без выделения каких-либо соединений, то реакция поликонденсации сопровождается выделением низкомолекулярных продуктов – воды, аммиака, хлороводорода и т. д. Единственный полимер среди **I-IV**, который при

образовании из мономеров дает низкомолекулярный продукт (вода), –
полиэтилентерефталат.

Система оценивания

1. Структурные формулы промежуточных продуктов А – З

и элементарных звеньев полимеров **I-IV**

12 × 1 = 12 баллов.

2. Расшифровка аббревиатур названий полимеров I-III, расшифровка названия «лавсан», названия полимеров IV и V, название «вулканизация», указание полимера, полученного при поликонденсации

8 баллов

Всего 20 баллов.

Общая сумма баллов – 57