

**Олимпиада «Ломоносов» по химии  
Решения заданий для 10-11 классов**

**Вариант 1**

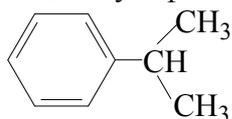
**1.1.** Приведите химические формулы следующих веществ и назовите их в соответствии с правилами ИЮПАК: веселящий газ, малахит, пирит, кумол. (4 балла)

*Решение:*

$N_2O$  оксид азота(I), оксид диазота

$(CuOH)_2CO_3$  (или  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ ) основной карбонат меди(II), гидрокарбонат меди(II)

$FeS_2$  дисульфид железа(II)



изопропилбензол

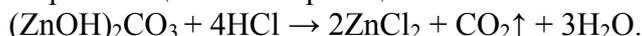
**2.2.** Установите формулу соединения, которое содержит цинк (58.04 масс.%), водород (0.89 масс.%), углерод (5.36 масс.%) и кислород, и напишите уравнение его реакции с соляной кислотой. (6 баллов)

*Решение.* Неизвестное соединение имеет формулу  $Zn_xH_yC_zO_k$ . Определим содержание кислорода в нем:

$$100 - 58.04 - 0.89 - 5.36 = 35.71, \text{ т.е. } 35.71 \text{ масс.}\%$$

$$x : y : z : k = \frac{58.04}{65} : \frac{0.89}{1} : \frac{5.36}{12} : \frac{35.71}{16} = 0.89 : 0.89 : 0.45 : 2.23 = 2 : 2 : 1 : 5.$$

Простейшая формула соединения –  $Zn_2H_2CO_5$ . Такой формуле отвечает соединение  $(ZnOH)_2CO_3$  – основной карбонат цинка. Его реакция с соляной кислотой:

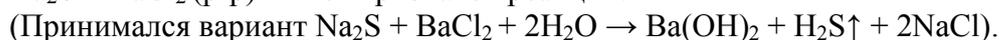
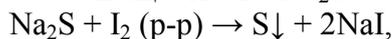


*Ответ:*  $(ZnOH)_2CO_3$ .

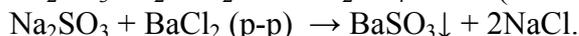
**3.5.** В трех бюксах находятся белые кристаллические вещества  $Na_2SO_4$ ,  $Na_2SO_3$  и  $Na_2S$ , зашифрованные под номерами I – III. Используя данные таблицы, определите, какой номер соответствует каждой из этих солей, запишите уравнения всех реакций. (6 баллов)

Соль Реактив	I	II	III
$I_2$ (водный р-р)	Обесцвечивание, образование осадка	Обесцвечивание	Нет видимых изменений
$BaCl_2$ (р-р)	Нет видимых изменений	Образование осадка	Образование осадка

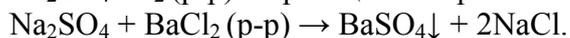
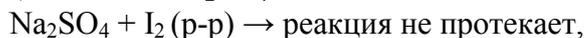
*Решение.* Вещество I –  $Na_2S$ .



Вещество II –  $Na_2SO_3$ .



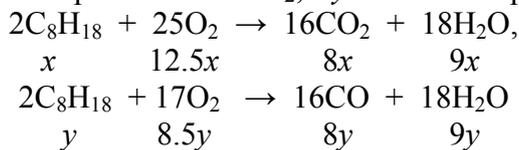
Вещество III –  $Na_2SO_4$ .



**4.1.** При неполном сгорании бензина в двигателе автомобиля кроме углекислого газа и воды образуется токсичный угарный газ. Будем считать, что бензин состоит только из октана (плотность октана 0.70 кг/л). При сгорании 20.0 л такого бензина образовалось 60.0 кг продуктов сгорания. Рассчитайте массы CO, CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O, образовавшихся при этом. Какова масса кислорода, потребовавшегося для сгорания? (8 баллов)

*Решение.* Масса сгоревшего октана равна  $V \cdot \rho = 20.0 \text{ л} \cdot 0.700 \text{ кг/л} = 14.0 \text{ кг}$ .

Пусть  $x$  моль октана сгорело с образованием CO<sub>2</sub>, а  $y$  моль – с образованием CO. Тогда



Масса октана равна  $m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 114(x+y)$ .

Массы продуктов:

$$\begin{aligned} m(\text{CO}_2) &= 44 \cdot 8x = 352x \\ m(\text{H}_2\text{O}) &= 18 \cdot 9(x+y) = 162(x+y) \\ m(\text{CO}) &= 28 \cdot 8y = 224y \end{aligned}$$

Общая масса продуктов равна  $514x + 386y$ . Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 114(x+y) = 14000, \\ 514x + 386y = 60000, \end{cases}$$

решение которой дает  $x = 98.4$ ,  $y = 24.4$ .

Тогда массы продуктов составляют

$$\begin{aligned} m(\text{CO}_2) &= 352x = 34600 \text{ г} = 34.6 \text{ кг}, \\ m(\text{H}_2\text{O}) &= 162(x+y) = 19900 \text{ г} = 19.9 \text{ кг}, \\ m(\text{CO}) &= 224y = 5.5 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Масса кислорода равна

$$m(\text{O}_2) = m(\text{продуктов}) - m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 60 - 14 = 46 \text{ кг}.$$

*Ответ:*  $m(\text{CO}_2) = 34.6 \text{ кг}$ ,  $m(\text{H}_2\text{O}) = 19.9 \text{ кг}$ ,  $m(\text{CO}) = 5.5 \text{ кг}$ ,  $m(\text{O}_2) = 46 \text{ кг}$ .

**5.4.** Плотность газообразной смеси двух эфиров, относящихся к гомологическому ряду насыщенных алифатических простых эфиров, при 151°C и 1 атм равна 1.6244 г/л. Плотность другой смеси тех же эфиров равна 2.2282 г/л (условия те же). Объемная доля одного эфира в первой смеси равна объемной доле другого эфира во второй смеси. Установите качественный и количественный состав каждой смеси (в мольных %), если известно, что один из эфиров проявляет оптическую активность. (8 баллов)

*Решение.* Определим среднюю молярную массу первой смеси:

$$M_{\text{ср.1}} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{1.6244 \cdot 8.314 \cdot 424}{101.3} = 56.53 \text{ г/моль}.$$

В смеси присутствует диметиловый эфир, поскольку средняя молярная масса больше массы диметилового, но меньше массы метилэтилового эфира:  $M(\text{CH}_3\text{OCH}_3) = 46 \text{ г/моль}$ ,  $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_3) = 60 \text{ г/моль}$ . Средняя молярная масса второй смеси:

$$M_{\text{ср.2}} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{2.2282 \cdot 8.314 \cdot 424}{101.3} = 77.54 \text{ г/моль}.$$

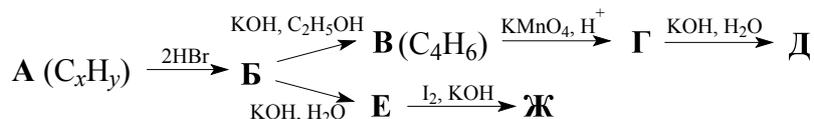
Введем обозначение  $\varphi(\text{CH}_3\text{OCH}_3)_{\text{смесь1}} = x$ , тогда  $\varphi(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O})_{\text{смесь1}} = 1 - x$ . По условию,  $\varphi(\text{CH}_3\text{OCH}_3)_{\text{смесь2}} = 1 - x$ ,  $\varphi(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O})_{\text{смесь2}} = x$ . Запишем выражения для средних масс:

$$\begin{cases} 46x + (14n + 18)(1 - x) = 56.53, \\ 46(1 - x) + (14n + 18)x = 77.54. \end{cases}$$

Решение системы уравнений дает  $n = 5$ ,  $x = 0.75$ . Следовательно, второй эфир содержит пять атомов углерода. Поскольку именно он содержит асимметрический атом углерода, это – 2-метоксибутан:



8.6. Расшифруйте следующую схему превращений, если известно, что соединения **A** и **B** – изомеры, соединения **D** и **Ж** – гомологи. Напишите уравнения протекающих реакций, указав структурные формулы соединений **A–Ж**. (12 баллов)

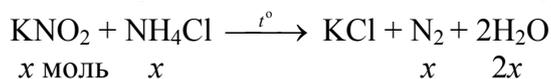


Решение.

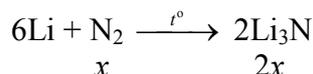
- 1)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{C}\equiv\text{CH} + 2\text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CBr}_2\text{CH}_3$ ;
- 2)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CBr}_2\text{CH}_3 + 2\text{KOH}(\text{спирт. р-р}) \rightarrow \text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3 + 2\text{KBr} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 3)  $5\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 9\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 10\text{CH}_3\text{COOH} + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 6\text{MnSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ ;
- 4)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOK} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 5)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CBr}_2\text{CH}_3 + 2\text{KOH}(\text{водн.}) \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3 + 2\text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 6)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3 + 3\text{I}_2 + 4\text{KOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOK} + \text{CHI}_3\downarrow + 3\text{KI} + 3\text{H}_2\text{O}$ .

9.4. Эквимольную смесь нитрита калия и хлорида аммония разделили на две равные части. Газообразные продукты прокаливания первой части пропустили через хлоркальциевую трубку, а затем – над нагретым металлическим литием, при этом образовалось 2.1 г зеленовато-черного вещества **A**. Ко второй части смеси добавили избыток подкисленного серной кислотой раствора иодида калия, при этом образовался бурый раствор **B**. Установите состав вещества **A**, рассчитайте, на сколько увеличилась масса хлоркальциевой трубки, а также определите объем раствора сульфита калия с концентрацией 0.25 моль/л, который потребуется для полного обесцвечивания раствора **B**. (16 баллов)

Решение. При прокаливании первой части исходной смеси протекает реакция



Газообразные продукты – пары воды и азот. Вода в количестве  $2x$  моль поглощается безводным хлористым кальцием,  $x$  моль азота взаимодействует с литием:



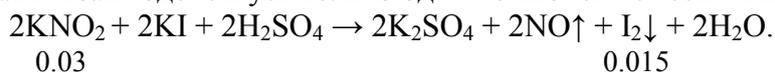
Вещество **A** – нитрид лития  $\text{Li}_3\text{N}$ , который образуется в количестве

$$\nu(\text{Li}_3\text{N}) = \frac{2.1}{35} = 0.06 \text{ моль.}$$

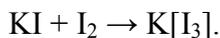
Следовательно,  $x = 0.03$  моль, и при прокаливании выделилось 0.03 моль азота и 0.06 моль воды. Увеличение массы хлоркальциевой трубки составляет

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0.06 \cdot 18 = 1.08 \text{ г.}$$

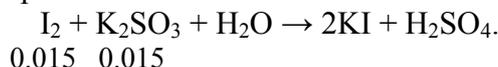
С иодидом калия взаимодействует только один компонент смеси –  $\text{KNO}_2$ :



Получившийся раствор **B** имеет бурый цвет, так как  $\text{I}_2$  с избытком ионов  $\text{I}^-$  образует окрашенный комплексный ион  $[\text{I}_3^-]$ :



Обесцвечивание раствора:



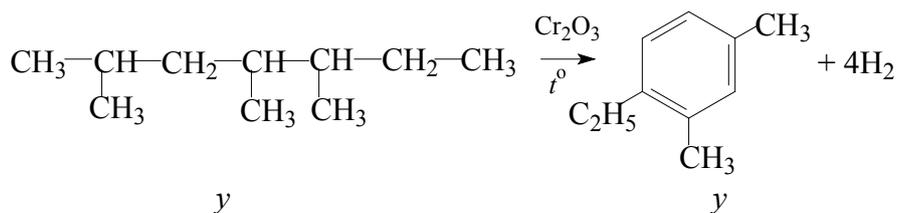
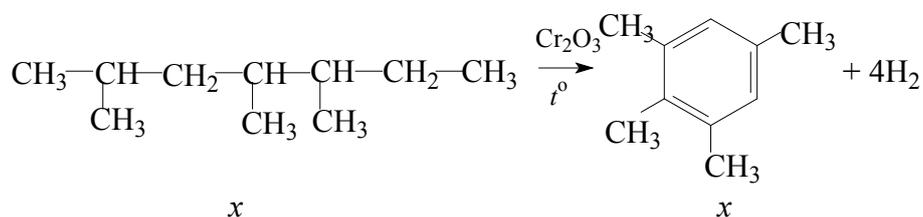
Для полного обесцвечивания раствора **В** потребуется следующий объем 0.25 М раствора сульфита калия:

$$V = \frac{v}{c} = \frac{0.015}{0.25} = 0.06 \text{ л} = 60 \text{ мл.}$$

Ответ: 1.08 г, 60 мл.

**10.3.** При нагревании 2,4,5-триметилгептана до 450°C в присутствии оксида хрома получили 20.1 г смеси ароматических углеводородов. Смесь обработали избытком подкисленного раствора  $\text{KMnO}_4$ , при этом выделилось 1.12 л газа (н. у.). Образовавшиеся органические вещества отделили и высушили. Установите качественный и количественный состав полученной смеси. На сколько уменьшится масса данной смеси при ее нагревании до 200°C? (16 баллов)

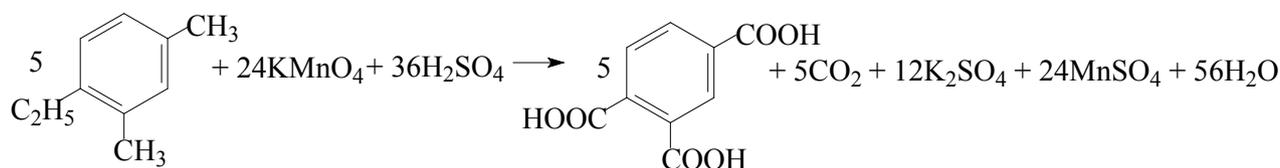
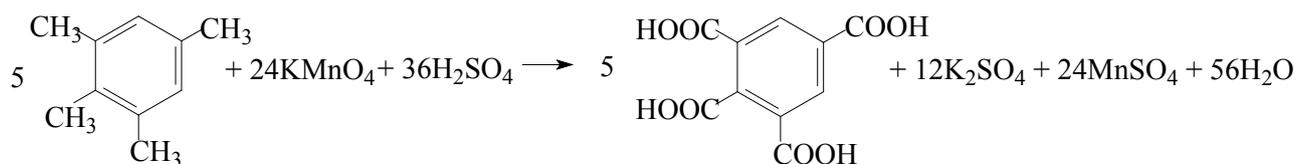
*Решение.* Найдем количества ароматических углеводородов, полученных дегидроциклизацией исходного вещества:



$$v(\text{C}_{10}\text{H}_{14}) = \frac{20.1}{134} = 0.15 \text{ моль,}$$

$$x + y = 0.15.$$

Реакции окисления полученных ароматических углеводородов:



Количество выделившегося углекислого газа:

$$v(\text{CO}_2) = \frac{1.12}{22.4} = 0.05 \text{ моль.}$$

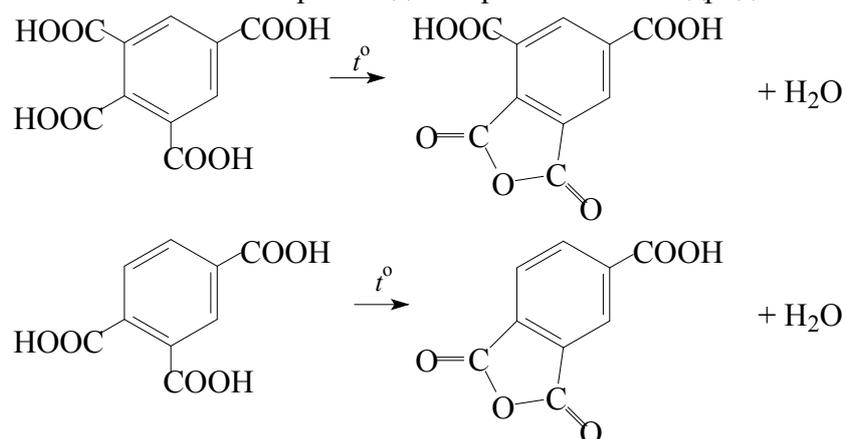
Отсюда  $y = 0.05$ ,  $x = 0.1$ .

Массы кислот:

$$m(\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_8) = 0.1 \cdot 254 = 25.4 \text{ г,}$$

$$m(\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_6) = 0.05 \cdot 210 = 10.5 \text{ г.}$$

При нагревании смеси кислот происходит образование ангидридов:



$$v(\text{H}_2\text{O}) = 0.1 + 0.05 = 0.15 \text{ моль,}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0.15 \cdot 18 = 2.7 \text{ г.}$$

*Ответ:* бензол-1,2,3,5-тетракарбоновой кислоты 0.1 моль (25.4 г), бензол-1,2,4-трикарбоновой кислоты 0.05 моль (10.5 г); 2.7 г.