

Южно-Российская олимпиада школьников «Будущий врач»  
(химия), 2020 год

**Задача № 2 Вариант № 1 (35 баллов)**

Смесь бензола с циклогексеном массой 10 г обесцвечивает бромную воду массой 225 г (массовая доля брома 4 %). Определите массу воды, которая образуется при сжигании в кислороде той же смеси массой 40 г.

**Решение и критерии оценивания решения задачи № 2:**

<b>Решение</b>	
1	Записываем уравнение реакции: с бромной водой взаимодействует только один компонент смеси – циклогексен: $\text{C}_6\text{H}_{10} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{10}\text{Br}_2 \quad (1)$
2	Находим количество и массу брома вступившего в реакцию: $m(\text{Br}_2) = m(\text{бромной воды}) \cdot \omega(\text{Br}_2); m(\text{Br}_2) = 225 \cdot 0,04 = 9 \text{ г}$ $n(\text{Br}_2) = m(\text{Br}_2) / M(\text{Br}_2); n(\text{Br}_2) = 9 / 160 = 0,056 \text{ моль.}$
3	Находим количество и массу циклогексена, вступившего в реакцию с бромом. Из уравнения реакции (1) следует: $n(\text{C}_6\text{H}_{10}) = n(\text{Br}_2); n(\text{C}_6\text{H}_{10}) = 0,056 \text{ моль.}$ $m(\text{C}_6\text{H}_{10}) = n(\text{C}_6\text{H}_{10}) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_{10}); m(\text{C}_6\text{H}_{10}) = 0,056 \cdot 82 = 4,6 \text{ г.}$
4	Находим массу бензола в смеси: $m(\text{C}_6\text{H}_6) = m(\text{смеси}) - m(\text{C}_6\text{H}_{10}) = 10 - 4,6 = 5,4 \text{ г.}$
5	Находим массу и количество циклогексена в смеси массой 40 г. Так как в 10 г смеси содержится 4,6 г циклогексена, то в 40 г этой же смеси будет содержаться $40 \cdot 4,6 / 10 = 18,4 \text{ г}$ ; $n(\text{C}_6\text{H}_{10}) = m(\text{C}_6\text{H}_{10}) / M(\text{C}_6\text{H}_{10}) = 18,4 / 82 = 0,22 \text{ моль.}$ Тогда масса бензола в 40 г смеси равна: $40 - 18,4 = 21,6 \text{ г}$ ; $n(\text{C}_6\text{H}_6) = m(\text{C}_6\text{H}_6) / M(\text{C}_6\text{H}_6) = 21,6 / 78 = 0,28 \text{ моль.}$
6	Записываем уравнения реакции горения бензола и циклогексена: $2 \text{C}_6\text{H}_6 + 15 \text{O}_2 \rightarrow 12 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \quad (2)$ $2 \text{C}_6\text{H}_{10} + 17 \text{O}_2 \rightarrow 12 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O} \quad (3)$
7	На основании уравнения реакции (2): $n(\text{H}_2\text{O}) = 3 \cdot n(\text{C}_6\text{H}_6); n(\text{H}_2\text{O}) = 3 \cdot 0,28 = 0,84 \text{ моль.}$
8	На основании уравнения реакции (3): $n(\text{H}_2\text{O}) = 5 \cdot n(\text{C}_6\text{H}_{10}); n(\text{H}_2\text{O}) = 5 \cdot 0,22 \text{ моль} = 1,1 \text{ моль.}$
9	Находим общее количество и массу воды, образовавшуюся при горении смеси массой 40 г: $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,84 + 1,1 = 1,94 \text{ моль.}$ $m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O})$ $m(\text{H}_2\text{O}) = 1,94 \cdot 18 = 34,92 \text{ г.}$
	<b>Ответ:</b> $m(\text{H}_2\text{O}) = 34,92 \text{ г.}$

Южно-Российская олимпиада школьников «Будущий врач»  
(химия), 2020 год

**Задача № 2 Вариант № 2 (35 баллов)**

Смесь пропана и пропена объемом 300 мл (н.у.) обесцветила бромную воду массой 35 г с массовой долей брома 5%. Определите объем углекислого газа, который образуется при сжигании той же смеси объемом 100 мл (н.у.).

**Решение и критерии оценивания решения задачи № 2:**

	<b>Решение</b>
1	Записываем уравнение реакции: с бромной водой взаимодействует только один компонент смеси – пропен: $C_3H_6 + Br_2 \rightarrow C_3H_6Br_2$ (1)
2	Находим количество и массу брома вступившего в реакцию: $m(Br_2) = m(\text{бромной воды}) \cdot \omega(Br_2)$ $m(Br_2) = 35 \cdot 0,05 = 1,75 \text{ г}$ $n(Br_2) = m(Br_2) / M(Br_2)$ $n(Br_2) = 1,75 / 160 = 0,01 \text{ моль.}$
3	Находим количество и объем пропена, вступившего в реакцию с бромом. Из уравнения реакции (1) следует: $n(C_3H_6) = n(Br_2)$ $n(C_3H_6) = 0,01 \text{ моль.}$ $V(C_3H_6) = n(C_3H_6) \cdot V_M(C_3H_6);$ $V(C_3H_6) = 0,01 \cdot 22,4 = 0,224 \text{ л} = 224 \text{ мл.}$
4	Находим объем пропана в смеси: $V(C_3H_8) = V(\text{смеси}) - V(C_3H_6) = 300 - 224 = 76 \text{ мл.}$
5	Находим объем и количество пропена в смеси объемом 100 мл. Так как в 300 мл смеси содержится 224 мл пропена, то в 100мл этой же смеси будет содержаться $100 \cdot 224 / 300 = 74,7 \text{ мл.}$ $n(C_3H_6) = V(C_3H_6) / V_M = 0,0747 / 22,4 = 0,003 \text{ моль.}$ Тогда объем пропана в 100мл смеси: $100 - 74,7 = 25,3 \text{ мл.}$ $n(C_3H_8) = V(C_3H_8) / V_M = 0,0253 / 22,4 = 0,001 \text{ моль.}$
6	Записываем уравнения реакции горения пропана и пропена: $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$ (2) $2C_3H_6 + 9O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ (3)
7	На основании уравнения реакции (2): $n(CO_2) = 3 \cdot n(C_3H_8)$ $n(CO_2) = 3 \cdot 0,001 \text{ моль} = 0,003 \text{ моль.}$
8	На основании уравнения реакции (3): $n(CO_2) = 3 \cdot n(C_3H_6)$ $n(CO_2) = 3 \cdot 0,003 = 0,009 \text{ моль.}$
9	Находим общее количество и объем углекислого газа, при горении смеси объемом 100 мл: $n(CO_2) = 0,003 + 0,009 = 0,012 \text{ моль.}$ $V(CO_2) = n(CO_2) \cdot V_M = 0,012 \cdot 22,4 = 0,269 \text{ л.}$
	<b>Ответ:</b> $V(CO_2) = 0,269 \text{ л.}$

Южно-Российская олимпиада школьников «Будущий врач»  
(химия), 2020 год

**Задача № 2 Вариант № 3 (35 баллов)**

Смесь бензола с циклогексеном массой 10 г обесцвечивает бромную воду массой 225 г (массовая доля брома 4 %). Определите массу водорода, пошедшего на гидрирование той же смеси массой 40 г.

**Решение и критерии оценивания решения задачи № 2:**

<b>Решение</b>	
1	Записываем уравнение реакции: с бромной водой взаимодействует только один компонент смеси – циклогексен: $C_6H_{10} + Br_2 \rightarrow C_6H_{10}Br_2 \quad (1)$
2	Находим количество и массу брома вступившего в реакцию: $m(Br_2) = m(\text{бромной воды}) \cdot \omega(Br_2)$ $m(Br_2) = 225 \cdot 0,04 = 9 \text{ г}$ $n(Br_2) = m(Br_2) / M(Br_2)$ $n(Br_2) = 9 / 160 = 0,056 \text{ моль.}$
3	Находим количество и массу циклогексена, вступившего в реакцию с бромом. Из уравнения реакции (1) следует: $n(C_6H_{10}) = n(Br_2); n(C_6H_{10}) = 0,056 \text{ моль.}$ $m(C_6H_{10}) = n(C_6H_{10}) \cdot M(C_6H_{10});$ $m(C_6H_{10}) = 0,056 \cdot 82 = 4,6 \text{ г.}$
4	Находим массу бензола в смеси: $m(C_6H_6) = m(\text{смеси}) - m(C_6H_{10}) = 10 - 4,6 = 5,4 \text{ г}$
5	Находим массу циклогексена в смеси массой 40 г. Так как в 10г смеси содержится 4,6г циклогексена, то в 40 г этой же смеси будет содержаться $40 \cdot 4,6 / 10 = 18,4 \text{ г}$ ; $n(C_6H_{10}) = m(C_6H_{10}) / M(C_6H_{10}) = 18,4 / 82 = 0,22 \text{ моль.}$ Тогда масса бензола в 40 г смеси равна: $40 - 18,4 = 21,6 \text{ г}$ ; $n(C_6H_6) = m(C_6H_6) / M(C_6H_6) = 21,6 / 78 = 0,28 \text{ моль.}$
6	Записываем уравнения реакции гидрирования бензола и циклогексена: $C_6H_6 + 3H_2 \rightarrow C_6H_{12} \quad (2)$ $C_6H_{10} + H_2 \rightarrow C_6H_{12} \quad (3)$
7	На основании уравнения реакции (2): $n(H_2) = 3 \cdot n(C_6H_6); n(H_2) = 3 \cdot 0,28 = 0,84 \text{ моль.}$
8	На основании уравнения реакции (3): $n(H_2) = n(C_6H_{10}); n(H_2) = 0,22 \text{ моль.}$
9	Находим общее количество и массу водорода, пошедшего на гидрирование смеси массой 40 г: $n(H_2) = 0,84 + 0,22 = 1,06 \text{ моль};$ $m(H_2) = n(H_2) \cdot M(H_2); m(H_2) = 1,06 \cdot 2 = 2,12 \text{ г.}$
	<b>Ответ:</b> $m(H_2) = 2,12 \text{ г.}$

Южно-Российская олимпиада школьников «Будущий врач»  
(химия), 2020 год

**Задача № 2 Вариант № 4 (35 баллов)**

Смесь пропана и пропена объемом 600 мл (н.у.) обесцветила бромную воду массой 30 г с массовой долей брома 10%. Определите объем хлора, который вступил в реакцию с той же смесью объемом 300 мл (н.у.).

**Решение и критерии оценивания решения задачи № 2:**

	<b>Решение</b>
1	Записываем уравнение реакции: с бромной водой взаимодействует только один компонент смеси – пропен: $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{Br}_2 \quad (1)$
2	Находим количество и массу брома вступившего в реакцию: $m(\text{Br}_2) = m(\text{бромной воды}) \cdot \omega(\text{Br}_2); m(\text{Br}_2) = 30 \cdot 0,01 = 3,0 \text{ г}$ $n(\text{Br}_2) = m(\text{Br}_2) / M(\text{Br}_2); n(\text{Br}_2) = 3,0 / 160 = 0,0188 \text{ моль.}$
3	Находим количество и объем пропена, вступившего в реакцию с бромом. Из уравнения реакции (1) следует: $n(\text{C}_3\text{H}_6) = n(\text{Br}_2); n(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,0188 \text{ моль.}$ $V(\text{C}_3\text{H}_6) = n(\text{C}_3\text{H}_6) \cdot V_M(\text{C}_3\text{H}_6);$ $V(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,0188 \cdot 22,4 = 0,42 \text{ л} = 421 \text{ мл.}$
4	Находим объем пропана в смеси: $V(\text{C}_3\text{H}_8) = V(\text{смеси}) - V(\text{C}_3\text{H}_6) = 600 - 421 = 179 \text{ мл.}$
5	Находим объем и количество пропена в смеси объемом 300 мл. Так как в 600 мл смеси содержится 421 мл пропена, то в 300 мл этой же смеси будет содержаться $300 \cdot 421 / 600 = 210,5 \text{ мл.}$ $n(\text{C}_3\text{H}_6) = V(\text{C}_3\text{H}_6) / V_M = 0,210,5 / 22,4 = 0,0094 \text{ моль.}$ Тогда объем пропана в 300 мл смеси: $300 - 210,5 = 89,5 \text{ мл.}$ $n(\text{C}_3\text{H}_8) = V(\text{C}_3\text{H}_8) / V_M = 0,0895 / 22,4 = 0,004 \text{ моль.}$
6	Записываем уравнения реакции галогенирования пропана и пропена: $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{Cl} + \text{HCl} \quad (2)$ $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2 \quad (3)$
7	На основании уравнения реакции (2): $n(\text{Cl}_2) = n(\text{C}_3\text{H}_8); n(\text{Cl}_2) = 0,004 \text{ моль.}$
8	На основании уравнения реакции (3): $n(\text{Cl}_2) = n(\text{C}_3\text{H}_6); n(\text{Cl}_2) = 0,0094 \text{ моль.}$
9	Находим общее количество и объем хлора, который вступил в реакцию со смесью объемом 300 мл: $n(\text{Cl}_2) = 0,004 + 0,0094 = 0,0134 \text{ моль.}$ $V(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \cdot V_M$ $V(\text{Cl}_2) = 0,0134 \cdot 22,4 = 0,30 \text{ л.}$
	<b>Ответ:</b> $V(\text{Cl}_2) = 0,30 \text{ л.}$

Южно-Российская олимпиада школьников «Будущий врач»  
(химия), 2020 год

**Задача № 2 Вариант № 5 (35 баллов)**

При обработке алкена водным раствором перманганата калия образуется продукт, массовая доля углерода в котором на 47% меньше, чем в исходном алкене. Установите структурные формулы алкена и продукта реакции окисления, запишите уравнение реакции.

**Критерии оценивания решения задачи № 2:**

Элементы ответа	Решение
Записано уравнение реакции	$3C_nH_{2n} + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3C_nH_{2n+2}O_2$ (или $C_nH_{2n}(OH)_2 + 2KOH + 2MnO_2$ )
Определены молярные массы	$M(C_nH_{2n}) = 14n$ $M(C_nH_{2n+2}O_2) = 14n + 34$
Определена массовая доля углерода в исходном алкене	$\omega(C) = 12n / 14n = 0,8571$
Определена массовая доля углерода в продукте	$\omega(C) = 0,8571 - 0,47 = 0,3871$
Записано уравнение для определения n	$\omega(C) = 12n / (14n + 34) = 0,3871$
Произведены вычисления	$n = 2$
Записаны формулы	$CH_2=CH_2$ ; $CH_2OH-CH_2OH$
Записано уравнение реакции	$3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow$ $\rightarrow 3CH_2OH-CH_2OH + 2KOH + 2MnO_2$

Южно-Российская олимпиада школьников «Будущий врач»  
(химия), 2020 год

**Задача № 2 Вариант № 6 (35 баллов)**

При обработке алкена водным раствором перманганата калия образуется продукт, массовая доля углерода в котором на 38,34 % меньше, чем в исходном алкене. Установите структурные формулы алкена и продукта реакции окисления, запишите уравнение реакции.

**Критерии оценивания решения задачи № 2:**

Элементы ответа	Решение
Записано уравнение реакции	$3C_nH_{2n} + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3C_nH_{2n+2}O_2$ (или $C_nH_{2n}(OH)_2 + 2KOH + 2MnO_2$ )
Определены молярные массы	$M(C_nH_{2n}) = 14n$ $M(C_nH_{2n+2}O_2) = 14n + 34$
Определена массовая доля углерода в исходном алкене	$\omega(C) = 12n / 14n = 0,8571$
Определена массовая доля углерода в продукте	$\omega(C) = 0,8571 - 0,3834 = 0,4737$
Записано уравнение для определения n	$\omega(C) = 12n / (14n + 34) = 0,4737$
Произведены вычисления	$n = 3$
Записаны формулы	$CH_3-CH=CH_2$ ; $CH_3-CH(OH)-CH_2OH$
Записано уравнение реакции	$3CH_3-CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow$ $\rightarrow 3CH_3-CH(OH)-CH_2OH + 2KOH + 2MnO_2$

Южно-Российская олимпиада школьников «Будущий врач»  
(химия), 2020 год

**Задача № 2 Вариант № 7 (35 баллов)**

При обработке алкена водным раствором бромоводородной кислоты образуется продукт, массовая доля углерода в котором на 56,44 % меньше, чем в исходном алкене. Установите структурные формулы алкена и продукта реакции гидрогалогенирования, запишите уравнение реакции.

**Критерии оценивания решения задачи № 2:**

Элементы ответа	Решение
Записано уравнение реакции	$C_nH_{2n} + HBr \rightarrow C_nH_{2n+1}Br$
Определены молярные массы	$M(C_nH_{2n}) = 14n$ $M(C_nH_{2n+1}Br) = 14n + 81$
Определена массовая доля углерода в исходном алкене	$\omega(C) = 12n / 14n = 0,8571$
Определена массовая доля углерода в продукте	$\omega(C) = 0,8571 - 0,5644 = 0,2927$
Записано уравнение для определения n	$\omega(C) = 12n / (14n + 81) = 0,2927$
Произведены вычисления	$n = 3$
Записаны формулы	$CH_3-CH=CH_2$ ; $CH_3-CHBr-CH_3$
Записано уравнение реакции	$CH_3-CH=CH_2 + HBr \rightarrow$ $\rightarrow CH_3-CH(Br)-CH_3$

Южно-Российская олимпиада школьников «Будущий врач»  
(химия), 2020 год

---

**Задача № 2 Вариант № 8 (35 баллов)**

При обработке циклоалкана бромоводородом образуется продукт, массовая доля углерода в котором на 50,67 % меньше, чем в исходном циклоалкане. Установите структурные формулы циклоалкана и продукта реакции гидрогалогенирования, запишите уравнение реакции.

**Критерии оценивания решения задачи № 2:**

Элементы ответа	Решение
Записано уравнение реакции	$C_nH_{2n} + HBr \rightarrow C_nH_{2n+1}Br$
Определены молярные массы	$M(C_nH_{2n}) = 14n$ $M(C_nH_{2n+1}Br) = 14n + 81$
Определена массовая доля углерода в исходном алкине	$\omega(C) = 12n / 14n = 0,8571$
Определена массовая доля углерода в продукте	$\omega(C) = 0,8571 - 0,5067 = 0,3506$
Записано уравнение для определения n	$\omega(C) = 12n / (14n + 81) = 0,3506$
Произведены вычисления	$n = 4$
Записаны формулы	В развернутом виде $C_4H_8$ и $C_4H_9Br$
Записано уравнение реакции	$C_4H_8 + HBr \rightarrow C_4H_9Br$