

**Варианты решений и критерии оценивания задач  
Муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников  
по химии  
2020-2021 учебный год  
10 класс  
Максимальный балл – 90**

**Задание 10.1** (максимум 15 баллов)

Газ, выделившийся в процессе дегидрирования смеси 2-метилгексана и метилциклогексана массой 3,96 г, смешали с ацетиленом объемом 1400 мл. После пропускания полученной газовой смеси над платиновым катализатором её объём уменьшился до 1736 мл. Вычислите массовые доли углеводородов в исходной смеси. Объёмы газов приведены к нормальным условиям.

*Критерии оценивания:*

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	<p>Рассчитаны объёмы компонентов газовой смеси, полученной при взаимодействии водорода с ацетиленом:</p> $\text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pt}, 300^\circ\text{C}} \text{CH}_3-\text{CH}_3 \quad (1)$ <p>Если бы газы прореагировали полностью, или ацетилен был в избытке, то объём газовой смеси после гидрирования был бы равен объёму ацетилена, т.е. 1400 мл. Значит, в избытке взят водород.  <math>V(\text{H}_2) = 2V(\text{C}_2\text{H}_2) = 2800</math> мл;  <math>V(\text{C}_2\text{H}_6) = V(\text{C}_2\text{H}_2) = 1400</math> мл;  <math>V(\text{H}_2 \text{ избыт.}) = 1736 - 1400 = 336</math> мл;  <math>V(\text{H}_2 \text{ всего}) = 2800 + 336 = 3136</math> мл;  <math>n(\text{H}_2) = 3,136/22,4 = 0,14</math> моль;</p>	4 балла
2	<p>Записаны уравнения химических реакций:</p> $\begin{array}{c} x \text{ моль} \\ \text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3 \end{array} \xrightarrow{\text{Pt}, 300^\circ\text{C}} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} + 4x \text{ моль} + 4\text{H}_2\uparrow \quad (2)$ <p>или</p> $\begin{array}{c} x \text{ моль} \\ \text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3 \\ M = 100 \text{ г/моль} \end{array} \xrightarrow{\text{Pt}, 300^\circ\text{C}} \begin{array}{c} 4x \text{ моль} \\ \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 \end{array} + 4\text{H}_2\uparrow$ $\begin{array}{c} u \text{ моль} \\ \text{C}_6\text{H}_{11}\text{CH}_3 \end{array} \xrightarrow[\text{t}^\circ, \text{p}]{[\text{Pd}]} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} + 3u \text{ моль} + 3\text{H}_2 \quad (3)$ <p>или</p> $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_{11}\text{CH}_3 \\ M = 98 \text{ г/моль} \end{array} \xrightarrow{\text{Pt}, 300^\circ\text{C}} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$	4 балла

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
3	Составлена и решена система уравнений: $\begin{cases} 4x + 3y = 0,14 \\ 100x + 98y = 3,96 \end{cases}$ $x = 0,02$ моль; $y = 0,02$ моль	3 балла
4	Рассчитаны массы исходных углеводородов: $m(C_7H_{16}) = 100 \cdot 0,02 = 2$ г $m(C_6H_{12}CH_3) = 98 \cdot 0,02 = 1,96$ г	2 балла
5	Рассчитаны массовые доли углеводородов в исходной смеси: $\omega(C_7H_{16}) = 2/3,96 = 0,5051$ , или 50,51% $\omega(C_6H_{12}CH_3) = 1,96/3,96 = 0,4949$ , или 49,49%	2 балла
	<b>Итого</b>	<b>15 баллов</b>

**Внимание! Задача может быть решена разными способами. Не следует снижать оценку, если задача решена оригинальным способом.**

**Задание 10.2** (максимум 15 баллов)

Легкокипящий углеводород, существующий в виде двух геометрических изомеров, имеет плотность паров 2,93 г/л при давлении 121,8 кПа и температуре 67<sup>0</sup>С. Установите его молекулярный состав, укажите класс углеводородов и приведите структурные формулы всех изомерных этому составу алициклических углеводородов.

*Критерии оценивания:*

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Рассчитана молярная масса углеводорода, используя уравнение Менделеева-Клайперона: $pV = \frac{m}{M}RT$ $M = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{p} = \rho \frac{RT}{p}; M = 2,93 \cdot \frac{8,314(273 + 67)}{121,8} = 68 \text{ г/моль}$	2 балла
2	Общая формула – $C_nH_{2n-2}$ , что соответствует составу $C_5H_8$ . Класс алкадиенов	2 балла
3	Составлены структурные формулы изомеров. Из всех алициклических углеводородов только пентадиен-1,3 может иметь геометрические изомеры. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} H_3C &amp; &amp; H \\ &amp; \diagdown &amp; / \\ &amp; C = C &amp; \\ &amp; / &amp; \diagdown \\ H &amp; &amp; CH=CH_2 \end{array}</math> <p>транс-изомер пентадиена-1,3</p> </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} H_3C &amp; &amp; CH=CH_2 \\ &amp; \diagdown &amp; / \\ &amp; C = C &amp; \\ &amp; / &amp; \diagdown \\ H &amp; &amp; H \end{array}</math> <p>цис-изомер пентадиена -1,3</p> </div> </div>	2 балла
4	Приведены структурные изомеры алициклических углеводородов состава $C_5H_8$ и дано название каждому изомеру: $CH_2=CH-CH=CH-CH_3$ $CH_2=CH-CH_2-CH=CH_2$ пентадиен-1,3                      пентадиен-1,4	9 баллов

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \text{пентадиен-1,2} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}=\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \text{пентадиен-2,3} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}=\text{C}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \\ \text{3-метилбутадиен-1,2} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \\ \text{2-метилбутадиен-1,3} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \text{пентин-1} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \text{пентин-2} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \\ \text{3-метилбутин-1} \end{array}$	
	<b>Итого</b>	<b>15 баллов</b>

**Задание 10.3** (максимум 20 баллов)

Из трёх газообразных веществ: **A**, **B** и **B** в результате ряда превращений было получено вещество **Г**. При действии на него раствором гидроксида натрия образуется газ **Д** и раствор вещества **Е**. Если раствор вещества **Е** подвергнуть электролизу, на электродах выделяются газы **A** и **B**. Газ **B** можно получить при взаимодействии вещества **Д** с перманганатом калия в присутствии серной кислоты, а также при сжигании вещества **Д**. При взаимодействии газа **Д** с газом **B** можно также получить газ **B**.

Вещество **Г** способно подвергаться возгонке, а при взаимодействии его с раствором нитрата серебра образуется белый осадок. Определите вещества **A**, **B**, **B**, **Г**, **Д** и **Е**. Напишите соответствующие уравнения реакций, о которых идёт речь в задании.

*Критерии оценивания:*

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Со щелочами с образованием газообразного вещества реагируют соли аммония. $\text{NH}_4\text{X} + \text{NaOH} = \text{NaX} + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ Следовательно, вещества <b>Д</b> – аммиак, <b>Е</b> – соль.	3 балла (определение веществ <b>Д</b> и <b>Е</b> – по 1 баллу, за уравнение 1 балл)
2	Вещество <b>Г</b> это хлорид аммония, так как при взаимодействии с раствором $\text{AgNO}_3$ , действительно, дает осадок белого цвета, а также подвержен возгонке. Написаны уравнения реакций: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ <b>Е</b> – $\text{NaCl}$ $\text{NH}_4\text{Cl(тв.)} = \text{NH}_3\uparrow + \text{HCl}\uparrow$ $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{AgNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{AgCl}\downarrow$	7 баллов (определение веществ <b>Г</b> и <b>Е</b> – по 1 баллу, за каждое уравнение реакции по 1 баллу, 2 балла за описание свойств веществ)
3	Записано уравнение реакции электролиза раствора $\text{NaCl}$ : $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow$ <b>A</b> – $\text{H}_2$ и <b>B</b> – $\text{Cl}_2$	3 балла определение веществ <b>A</b> и <b>B</b> – по 1 баллу, за уравнение

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
		реакции 1 балл)
4	Записаны уравнения реакций получения газа <b>B</b> : $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ $10\text{NH}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 9\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{N}_2 + 6\text{MnSO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 24\text{H}_2\text{O}$ <b>B</b> - $\text{N}_2$ $8\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = \text{N}_2\uparrow + 6\text{NH}_4\text{Cl}$	4 балла определение вещества <b>B</b> – 1 балл, за каждое уравнение реакции по 1 баллу
5	Записан ряд превращений получения вещества <b>G</b> : $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$ $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$	3 балла (за каждое уравнение реакции по 1 баллу)
	<b>Итого</b>	<b>20 баллов</b>

**Задание 10.4** (максимум **20** баллов)

В 200 г 63%-ного раствора азотной кислоты растворяли медь до тех пор, пока массовая доля азотной кислоты стала равной 45,05%. Затем этот раствор добавили к равному по массе 11,95%-ному раствору сульфида натрия. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе.

*Критерии оценивания:*

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Написано уравнение реакции и рассчитано количество вещества азотной кислоты в исходном растворе: $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O} \quad (1)$ $M=64 \text{ г/моль} \quad M=46 \text{ г/моль}$ $M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ г/моль}$ $n(\text{HNO}_3 \text{ в } 63\% \text{-ном р-ре}) = 200 \cdot 0,63/63 = 2 \text{ моль};$ $m(\text{HNO}_3 \text{ в } 63\% \text{-ном р-ре}) = 2 \cdot 63 = 126 \text{ г}$	2 балла
2	Рассчитано количество вещества меди, вступившей в реакцию: пусть $n(\text{Cu}) = x$ моль; тогда $n(\text{HNO}_3 \text{ вступившей в реакцию}) = 4x$ моль; $n(\text{NO}_2) = 2x$ моль; $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = x$ моль; $m(\text{р-ра после реакции}) = m(\text{Cu}) + m(\text{HNO}_3 \text{ 63\%-ного р-ра}) - m(\text{NO}_2) =$ $= 64x + 200 - 46 \cdot 2x = (200 - 28x) \text{ г}$ $m(\text{HNO}_3 \text{ вступившей в реакцию}) = 63 \cdot 4x = 252x \text{ г}$ $0,4505 = \frac{126 - 252x}{200 - 28x};$ Решая, получено $x = 0,15$ моль; $n(\text{HNO}_3 \text{ вступив. в реакцию}) = 4 \cdot 0,15 = 0,6$ моль; $n(\text{HNO}_3 \text{ изб.}) = 2 - 0,6 = 1,4$ моль	4 балла
3	Рассчитана масса раствора после проведенной реакции: $m(\text{р-ра после реакции}) = 64 \cdot 0,15 + 200 - 0,3 \cdot 46 = 195,8 \text{ г}$	1 балл
4	Рассчитано количество вещества сульфида натрия: $m(\text{Na}_2\text{S}) = 195,8 \cdot 0,1195 = 23,4 \text{ г}$ $n(\text{Na}_2\text{S в } 11,95\% \text{-ном р-ре}) = 23,4/78 = 0,3$ моль	1 балл
5	Записано уравнение реакции взаимодействия сульфида натрия с нитратом меди (II): $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{S} = \text{CuS}\downarrow + 2\text{NaNO}_3 \quad (2)$	1 балл

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
	$M=78$ г/моль $M=96$ г/моль $M=85$ г/моль	
6	$n(\text{Na}_2\text{S по ур.2}) = n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,15$ моль; $n(\text{Na}_2\text{S изб.}) = 0,3 - 0,15 = 0,15$ моль	2 балла
7	Записано уравнение реакции избытка сульфида натрия с избытком азотной кислоты: $\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HNO}_3 = 2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{S}\uparrow \quad (3)$ <small style="margin-left: 100px;"><math>M=34</math> г/моль</small>	1 балл
8	Подсчитаны количества веществ в конечном растворе: $n(\text{HNO}_3 \text{ на реакцию с } \text{Na}_2\text{S}) = 2n(\text{Na}_2\text{S}) = 0,15 \cdot 2 = 0,3$ моль $n(\text{HNO}_3 \text{ в конечном р-ре}) = 1,4 - 0,3 = 1,1$ моль $n(\text{NaNO}_3 \text{ по ур. 2 из}) = 0,3 + 0,3 = 0,6$ моль;	3 балла
9	Рассчитана масса конечного раствора: $m(\text{конечного р-ра}) = m(\text{р-ра после реакции 1}) + m(\text{р-ра } \text{Na}_2\text{S}) - m(\text{CuS}) - m(\text{H}_2\text{S});$ $m(\text{конечного р-ра}) = 195,8 + 195,8 - 0,15 \cdot 96 - 0,15 \cdot 34 = 372,1$ г	1 балл
10	Рассчитаны массы веществ в конечном растворе: $m(\text{NaNO}_3 \text{ по ур. 2 из}) = 0,6 \cdot 85 = 51$ г; $m(\text{HNO}_3 \text{ в конечном р-ре}) = 1,1 \cdot 63 = 69,3$ г	2 балла
11	Рассчитаны массовые доли веществ в конечном растворе: $\omega(\text{NaNO}_3) = 51/372,1 = 0,1371$ , или 13,71% $\omega(\text{HNO}_3) = 69,3/372,1 = 0,1862$ , или 18,62% .	2 балла
	<b>Итого</b>	<b>20 баллов</b>

**Задание 10.5** (максимум 20 баллов)

**Критерии оценивания мысленного эксперимента**

№ п/п	Критерии						Баллы
1		ZnCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	КОН	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	FeCl <sub>3</sub>	<b>Всего 10 баллов:</b> За правильное заполнение таблицы (0,5 баллов за каждый признак)
	ZnCl <sub>2</sub>	X	образование осадка и выделение газа	↓ осадок белого цвета, растворим в избытке щелочи	без изменений	без изменений	
	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	образование осадка и выделение газа	X	без изменений	без изменений	образование осадка и выделение газа	
	КОН	↓ осадок белого цвета, растворим в избытке щелочи	без изменений	X	изменение цвета раствора	↓ осадок красно-бурого цвета, растворим в кислотах	
	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	без изменений	без изменений	изменение цвета раствора	X	без изменений	
	FeCl <sub>3</sub>	без изменений	образование осадка и выделение газа	↓ осадок красно-бурого цвета, растворим в кислотах	без изменений	X	

2	Записаны уравнения реакций.	<b>Всего 6 баллов</b>
а)	$2\text{ZnCl}_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{ZnOH})_2\text{CO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + 4\text{NaCl}$ осадок белого цвета	<b>1 балл</b> (0,5 б. за уравнение + 0,5 б за признак реакции)
б)	$\text{ZnCl}_2 + 2\text{KOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ осадок белого цвета, в избытке щёлочи растворяется	<b>1 балл</b> (0,5 б. за уравнение + 0,5 б за признак реакции)
в)	$\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaCl}$ осадок красно-бурого цвета, растворим в кислотах и концентрированном растворе щелочи	<b>1 балл</b> (0,5 б. за уравнение + 0,5 б за признак реакции)
г)	$2\text{FeCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 6\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2\uparrow$ осадок красно-бурого цвета, растворим в кислотах	<b>1 балл</b> (0,5 б. за уравнение + 0,5 б за признак реакции)
д)	$2\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{BaCrO}_4\downarrow + 2\text{KCl} + 2\text{HCl}$ жёлтый осадок, растворимый в сильных кислотах	<b>1 балл</b> (0,5 б. за уравнение + 0,5 б за признак реакции)
е)	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ оранж. цвет жёлтый цвет	<b>1 балл</b> (0,5 б. за уравнение + 0,5 б за признак реакции)
	Ответы на теоретические вопросы:	
1	Соли, катионы которых обладают амфотерными свойствами: $\text{ZnCl}_2$ и $\text{FeCl}_3$ .	<b>1 балл</b>
2	$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	<b>0,5 баллов</b>
	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	<b>0,5 баллов</b>
	$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$	<b>1 балл</b>
	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Fe}(\text{OH})_6]$	<b>1 балл</b>
	<b>Итого</b>	<b>20 баллов</b>