

**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> <p style="text-align: center;">x моль</p> $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 4\text{H}_2\uparrow \quad (2)$ <p>или</p> <p style="text-align: center;">x моль</p> $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 4\text{H}_2\uparrow$ <p style="text-align: center;">M = 100 г/моль</p> <p style="text-align: center;">у моль</p> $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{CH}_3 \xrightarrow[\text{Pt}]{[\text{Pd}], \text{t}^\circ, \text{p}} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 3\text{H}_2$ <p style="text-align: center;">3у моль</p> <p style="text-align: right;">Pt – это опечатка !</p> <p style="text-align: right;">(3)</p> <p>или</p> $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 3\text{H}_2\uparrow$ <p style="text-align: center;">M = 98 г/моль</p>	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 углеводов: $m(C_7H_{16}) = 100 \cdot 0,02 = 2$ г $m(C_6H_{12}CH_3) = 98 \cdot 0,02 = 1,96$ г	2 балла
5	Рассчитаны массовые доли углеводов 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 ациклических 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 $C_5H_8$ :  Участник олимпиады может привести структурные формулы (без учёта реального существования):	9 баллов

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
	<p>Циклопентен;</p> <p>Два изомера метилциклобутена;</p> <p>Этилциклопропен (2 изомера);</p> <p>Диметилциклопропен (2 изомера);</p> <p>соединения, которые содержат два цикла:</p> <p>соединение, в котором два цикла, содержащих по три атома углерода, у которых один атом углерода - общий</p> <p>соединение, в котором два цикла (один цикл содержит три атома углерода, а второй цикл содержит четыре атома углерода) у которых два атома углерода общие.</p> <p>Далее участник олимпиады может размышлять о реальном существовании веществ с соответствующими структурными формулами. Это приветствуется. На данном этапе изучения органической химии (начало 10 класса), мы не требуем дать названия углеводородам (см. условие задачи).</p>	
	<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	<p>Со щелочами с образованием газообразного вещества реагируют соли аммония.</p> $\text{NH}_4\text{X} + \text{NaOH} = \text{NaX} + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ <p>Следовательно, вещества <b>Д</b> – аммиак, <b>Е</b> – соль.</p>	<p>3 балла</p> <p>(определение веществ <b>Д</b> и <b>Е</b> – по 1 баллу, за уравнение 1 балл)</p>
2	<p>Вещество <b>Г</b> это хлорид аммония, так как при взаимодействии с раствором <math>\text{AgNO}_3</math>, действительно, дает осадок белого цвета, а также подвержен возгонке.</p>	<p>7 баллов</p> <p>(определение веществ <b>Г</b> и <b>Е</b> – по 1 баллу, за</p>

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
	Написаны уравнения реакций: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ <b>E</b> – NaCl $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{тв.}) = \text{NH}_3\uparrow + \text{HCl}\uparrow$ $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{AgNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{AgCl}\downarrow$	каждое уравнение реакции по 1 баллу, 2 балла за описание свойств веществ)
3	Записано уравнение реакции электролиза раствора 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> – H <sub>2</sub> и <b>B</b> – Cl <sub>2</sub>	3 балла определение веществ <b>A</b> и <b>B</b> – по 1 баллу, за уравнение 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> – N <sub>2</sub> $8\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = \text{N}_2\uparrow + 6\text{NH}_4\text{Cl}$	4 балла определение вещества <b>B</b> – 1 балл, за каждое уравнение реакции по 1 баллу
5	Записан ряд превращений получения вещества <b>Г</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 г/моль <span style="margin-left: 100px;">M= 46 г/моль</span> M(HNO <sub>3</sub> ) = 63 г/моль n(HNO <sub>3</sub> в 63%-ном р-ре) = 200 · 0,63/63 = 2 моль; m(HNO <sub>3</sub> в 63%-ном р-ре) = 2 · 63 = 126 г	2 балла
2	Рассчитано количество вещества меди, вступившей в реакцию: пусть n(Cu) = <b>x</b> моль; тогда n(HNO <sub>3</sub> вступившей в реакцию) = 4 <b>x</b> моль; n(NO <sub>2</sub> ) = 2 <b>x</b> моль; n(Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) = <b>x</b> моль; m(р-ра после реакции) = m(Cu) + m(HNO <sub>3</sub> 63%-ного р-ра) – m(NO <sub>2</sub> ) = = 64 <b>x</b> + 200 – 46 · 2 <b>x</b> = (200 – 28 <b>x</b> ) г m(HNO <sub>3</sub> , вступившей в реакцию) = 63 · 4 <b>x</b> = 252 <b>x</b> г $0,4505 = \frac{126 - 252x}{200 - 28x}$ ; Решая, получено <b>x</b> = 0,15 моль; n(HNO <sub>3</sub> , вступив. в реакцию) = 4 · 0,15 = 0,6 моль;	4 балла

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
	$n(\text{HNO}_3_{\text{изб.}}) = 2 - 0,6 = 1,4$ моль	
3	Рассчитана масса раствора после проведенной реакции: $m(\text{р-ра после реакции}) = 64 \cdot 0,15 + 200 - 0,3 \cdot 46 = 195,8$ г	1 балл
4	Рассчитано количество вещества сульфида натрия: $m(\text{Na}_2\text{S}) = 195,8 \cdot 0,1195 = 23,4$ 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): $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{S} = \text{CuS} \downarrow + 2\text{NaNO}_3 \quad (2)$ <small>M=78 г/моль    M=96 г/моль    M=85 г/моль</small>	1 балл
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>M=34 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 $n(\text{NaNO}_3 \text{ по ур. 2 изб}) = 0,3 + 0,3 = 0,6$ 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: $m(\text{NaNO}_3 \text{ по ур. 2 изб}) = 0,6 \cdot 85 = 51$ 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>



	Ответы на теоретические вопросы:	
1	Соли, катионы которых обладают амфотерными свойствами: $ZnCl_2$ и $FeCl_3$ .	<b>1 балл</b>
2	$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O$	<b>1 балл</b>
	$Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$	<b>1 балл</b>
	$Zn(OH)_2 + 2KOH = K_2[Zn(OH)_4]$	<b>1 балл</b>
	$Fe(OH)_3 + 3NaOH = Na_3[Fe(OH)_6]$	<b>1 балл</b>
	<b>Итого</b>	<b>20 баллов</b>