

Варианты решений и оценка задач
Муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по
химии
2019-2020 учебный год
10 класс
Максимальный балл - 60 баллов

Задание 10.1 (максимум **15** баллов)

В медицинской практике для обезболивания применяют 40%-ный водный раствор новокаина. Открытие новокаина в начале XX века - не случайность, а результат интенсивного систематического поиска многих ученых. Препарат является одним из первых синтетически полученных анестетиков. Открытие новокаина ознаменовало начало новой эры в обезболивании. Трудно сказать, сколько миллионов пациентов в мире избавлено от боли при операциях, различных вмешательствах и инъекциях антибиотиков. До 40-х годов (а в нашей стране до 60-х) прошлого столетия новокаин был "золотым стандартом" местной анестезии, с которым сравнивали эффективность и токсичность всех местных анестетиков. И сегодня ещё новокаин в нашей стране остается препаратом выбора, как самый доступный и малотоксичный.

- 1) Определите формулу новокаина, если при горении его паров массой 27,25 г образуется 29,12 л (н.у.) углекислого газа, 18 мл воды, 2,8 г азота и 2,24 л (н.у.) хлороводорода.
- 2) Напишите уравнение реакции полного сгорания новокаина.
- 3) Рассчитайте массовую долю углерода в 20 г 40%-ного раствора новокаина.

Критерии оценивания:

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Записана общая формула молекулы новокаина: $C_xH_yN_zCl_aO_b$ (возможны другие обозначения индексов)	1 балл
2	Рассчитаны количества вещества и массы С, Н, N, Cl и O: $n(CO_2) = 29,12/22,4 = 1,3$ моль; $n(C) = 1,3$ моль; $m(C) = 1,3 \cdot 12 = 15,6$ г $n(N_2) = 2,8/28 = 0,1$ моль; $n(N) = 0,2$ моль; $m(N) = 0,2 \cdot 14 = 2,8$ г $n(H_2O) = 18/18 = 1$ моль; $n(H) = 2$ моль; $n(HCl) = 2,24/22,4 = 0,1$ моль; $n(H) = 0,1$ моль; $n(Cl) = 0,1$ моль; $n(H \text{ всего}) = 2 + 0,1 = 2,1$ моль; $m(H \text{ всего}) = 2,1 \cdot 1 = 2,1$ г $m(Cl) = 0,1 \cdot 35,5 = 3,55$ г $m(C) + n(H \text{ всего}) + m(N) + m(Cl) = 15,6 + 2,1 + 2,8 + 3,55 = 24,05$ г $m(O) = 27,25 - 24,05 = 3,2$ г; $n(O) = 3,2/16 = 0,2$ моль	6 баллов
3	Рассчитано мольное соотношение атомов С, Н, N, Cl и O в молекуле новокаина и определена его молекулярная формула: $x : y : z : a : b = 1,3 : 2,1 : 0,2 : 0,1 : 0,2 = 13 : 21 : 2 : 1 : 2$ Молекулярная формула новокаина $C_{13}H_{21}N_2ClO_2$	1 балл
4	Записано уравнение реакции горения новокаина: $C_{13}H_{21}N_2ClO_2 + 17O_2 = 13CO_2 + 10H_2O + N_2 + HCl$	2 балла
5	Рассчитана масса новокаина в 20 г 40%-ного раствора его: $m(C_{13}H_{21}N_2ClO_2) = 20 \cdot 0,4 = 8$ г	1 балл
6	Подсчитана молярная масса новокаина: $M(C_{13}H_{21}N_2ClO_2) = 272,5$ г/моль	1 балл
7	Рассчитана массовая доля атомов углерода в молекуле новокаина: $\omega(C) = 12 \cdot 13 / 272,5 = 0,5725$, или 57,25 %	1 балл
8	Рассчитана масса атомов углерода в 8 г 40%-ного раствора новокаина: $m(C) = 8 \cdot 0,5725 = 4,58$ г	1 балл

9	Рассчитана массовая доля углерода в растворе: $4,58/20 = 0,229$, или 22,9 %	1 балл
	Итого	15 баллов

Внимание! Задачи могут быть решены разными способами. Не следует снижать оценку, если задача решена оригинальным способом.

Задание 10.2 (максимум 15 баллов)

Железную окалину массой 10 г внесли в 36,5%-ный раствор соляной кислоты объёмом 76 мл ($\rho = 1,19$ г/мл), а затем добавили избыток металлического железа. Вычислите массовые доли веществ (в %) в полученном растворе. Критерии оценивания:

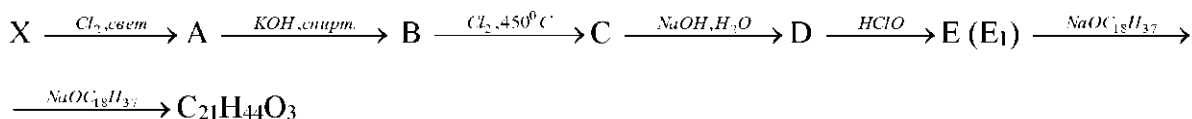
№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Записаны уравнения химических реакций: $2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{FeCl}_2 + 4\text{FeCl}_3 + 8\text{H}_2\text{O}$ (1) <small>232 г/моль 36,5 г/моль 127 г/моль 162,5 г/моль</small> $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ (2) <small>56 г/моль</small> $\text{Fe} + 2\text{FeCl}_3 = 3\text{FeCl}_2$ (3)	3 балла
2	Найдено количество вещества полученных солей в реакции (1): $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 10/232 = 0,043$ моль $n(\text{FeCl}_2 \text{ по уравнению 1}) = n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,043$ моль $n(\text{FeCl}_3) = 2n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,086$ моль	2 балла
3	Найдено количество вещества хлороводорода в исходном растворе и вступившего в реакцию с железной окалиной: $m(\text{р-ра HCl}) = 76 \cdot 1,19 = 90,44$ г $n(\text{HCl}) = 90,44 \cdot 0,365/36,5 = 0,904$ моль $n(\text{HCl, вступив. в реакцию}) = 8n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,043 \cdot 8 = 0,344$ моль	1 балл
4	Найдено количество вещества избытка HCl: $n(\text{HCl изб.}) = 0,904 - 0,344 = 0,56$ моль	1 балл
5	Расчёты по уравнению (2): $n(\text{Fe по ур. 2}) = \frac{1}{2} n(\text{HCl изб.}) = 0,56 : 2 = 0,28$ моль $n(\text{FeCl}_2 \text{ по уравнению 2}) = n(\text{Fe}) = 0,28$ моль	1 балл
6	Найдено количество вещества (FeCl_2 по ур.3): $n(\text{Fe по ур. 3}) = \frac{1}{2} n(\text{FeCl}_3) = 0,043$ моль $n(\text{FeCl}_2 \text{ по уравнению 3}) = 3n(\text{Fe}) = 0,043 \cdot 3 = 0,129$ моль $n(\text{Fe по ур. 2 и 3}) = 0,28 + 0,043 = 0,323$ моль	2 балла
7	Найдена общая масса FeCl_2 : $n(\text{FeCl}_2 \text{ общая}) = 0,043 + 0,28 + 0,129 = 0,452$ моль $m(\text{FeCl}_2 \text{ общая}) = 0,452 \cdot 127 = 57,404$ г	2 балла
8	Рассчитана масса полученного раствора: $m(\text{получ. р-ра}) = m(\text{Fe}_3\text{O}_4) + m(\text{Fe}) + m(\text{р-ра HCl}) - m(\text{H}_2) =$ $10 + (0,323 \cdot 56) + 90,44 - 0,28 \cdot 2 = 117,968$ г	1 балл
9	Рассчитаны массовые доли веществ в полученном растворе: $\omega(\text{FeCl}_2) = 57,404/117,968 = 0,4866$, или 48,66% $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 51,34\%$	2 балла
	Итого	15 баллов

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

Задание 10.3 (максимум 15 баллов)

Углеводород X с массовой долей углерода 0,818 и плотностью по этилену 1,5714 используется для синтеза медицинского средства - батилол, который применяют для профилактики и лечения лучевой болезни, ускоряющее восстановление числа лейкоцитов и гемоглобина.

- 1) Определите молекулярную формулу исходного вещества X, назовите вещество
- 2) Синтезируйте батилол по следующей схеме:



- 3) Назовите вещества X, A, B, C, D, E (E₁) и батилол по систематической номенклатуре.

Критерии оценивания:

№	Содержание ответа	Баллы
1.	Общая формула углеводорода: C _x H _y Рассчитана молярная масса искомого вещества: M(C _x H _y) = 28 · 1,5714 = 44 г/моль x = 3, y = 8 M _r = 44	2 балла
2.	Определена молекулярная формула вещества: x = 0,818 · 44/12 = 3 y = 0,182 · 44 = 8 Молекулярная формула: C ₃ H ₈ - пропан	2 балла
3.	$ \begin{array}{c} \text{свет} \\ CH_3 - CH_2 - CH_3 + Cl_2 \longrightarrow CH_3 - \underset{\substack{ \\ Cl}}{CH} - CH_3 + HCl \\ \text{2-хлорпропан} \end{array} $	1,5 балла
4.	$ \begin{array}{c} CH_3 - \underset{\substack{ \\ Cl}}{CH} - CH_3 + KOH \xrightarrow{\text{спирт. р.}} CH_2 = \underset{\substack{ \\ Cl}}{CH} - CH_3 + KCl + H_2O \\ \text{пропен} \end{array} $	1,5 балла
5.	$ \begin{array}{c} CH_2 = \underset{\substack{ \\ Cl}}{CH} - CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{450^\circ C} CH_2 = \underset{\substack{ \\ Cl}}{CH} - CH_2 + HCl \\ \text{3-хлорпропен-1} \\ \text{(аллилхлорид)} \end{array} $	1,5 балла
6.	$ \begin{array}{c} CH_2 = \underset{\substack{ \\ Cl}}{CH} - CH_2 + NaOH \xrightarrow{H_2O} CH_2 = \underset{\substack{ \\ OH}}{CH} - CH_2 + NaCl \\ \text{2-пропенол} \\ \text{(аллиловый спирт)} \end{array} $	1,5 балла

7.	$\text{CH}_2=\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2 + \text{HClO} \longrightarrow \underset{\text{OH}}{\text{CH}_2}-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}_2}; \quad \underset{\text{Cl}}{\text{CH}_2}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}_2}$ <p style="text-align: center;">2-хлорпропандиол-1,3 3-хлорпропандиол-1,2</p>	2 балла
8.	$\underset{\text{Cl}}{\text{CH}_2}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}_2} + \text{NaOC}_{18}\text{H}_{37} \longrightarrow \underset{\text{C}_{18}\text{H}_{37}-\text{O}}{\text{CH}_2}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}_2} + \text{NaCl}$	2 балла
9.	$\text{C}_{21}\text{H}_{44}\text{O}_3$ – 3-(октадецилокси) -1,2 – пропандиол	1 бала
Итого		15 баллов

Задание 10.4 (максимум 15 баллов)

Определите строение углеводорода А, если известно, что при полном сжигании 2,46 л (27⁰С, Р=101,3 кПа) его образуется 5,4 г воды и выделяется 8,96 л (0⁰С, Р=101,3 кПа.) оксида углерода (IV). При добавлении воды в присутствии сульфата ртути образуется органический продукт Б, плотность паров которого по гелию составляет 18, что на 25% выше плотности паров А.

При действии на вещество А избытка аммиачного раствора оксида серебра (I) получается нерастворимое соединение Б. Массовая доля углерода в соединении А больше в 2,98 раза, чем в Б.

- 1) Произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества А, и запишите молекулярную формулу исходного органического вещества.
- 2) Приведите все возможные изомеры соединения А и назовите их.
- 3) Проведите расчеты, необходимые для подтверждения состава вещества Б.
- 4) Напишите уравнения реакций взаимодействия соединения А с водой и аммиачным раствором оксида серебра (I).

Критерии оценивания

1	<p>Уравнение сгорания углеводорода:</p> $\text{C}_x\text{H}_y + (2x+0,5y)/2 \text{O}_2 \longrightarrow x\text{CO}_2 + 0,5y\text{H}_2\text{O}$ <p> $n(\text{A}) = (2,46 \cdot 101,3)/8,31 \times 300 = 0,1$ моль $n(\text{H}_2\text{O}) = 5,4/18 = 0,3$ моль $n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 0,6$ моль $n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 8,96/22,4 = 0,4$ моль При сжигании 0.1 моль углеводорода получается 0,3 моль H₂O и 0,4 моль CO₂, т.е. x = 4, y = 6. Следовательно, формула углеводорода C₄H₆. $M(\text{B}) = 18 \cdot 4 = 72$ г/моль. Плотность паров Двезд.(А) = (18 – 18 · 0,25) = 13,5 $M(\text{A}) = 13,5 \cdot 4 = 54$ г/моль.. Следовательно, эмпирическая формула C₄H₆. </p>	2 балла
---	--	---------

2	Изомеры		По 1 баллу за изомер и его название. Всего 8 баллов	
	1	$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$		Бутин-1
	2	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$		Бутин-2
	3	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$		Бутадиен-1,3
	4	$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3$		Бутадиен-1,2
	5			Циклобутен
	6			1-метилциклопропен-1, неустойчив
	7			3-метилциклопропен-1, неустойчив
8		Метиленциклопропан, неустойчив		
5	<p>Находим M продукта Б, получающегося при действии воды:</p> <p>$M(\text{Б}) = 24 \cdot 4 = 96 \text{ г/моль}$. Она отличается от M (А) на 18 единиц, что соответствует одной молекуле воды. Идет присоединение молекулы воды по тройной связи в присутствии сульфата ртути.</p> $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Hg}^{2+}} \text{CH}_3-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Hg}^{2+}} \text{CH}_3-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$		3 балла	
6	<p>В реакцию с аммиачным раствором оксида серебра (I) вступают терминальные алкины</p> $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH} \longrightarrow \text{AgC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <p>идет замещение атома водорода при тройной связи на серебро. При этом сильно увеличивается молярная масса продукта и снижается массовая доля углерода в веществе.</p> <p>Массовая доля углерода в соединении А</p> $\omega_1(\text{C}) = 12 \cdot 4 \cdot 100\% / 54 = 88,89\%$ <p>Массовая доля углерода в соединении D</p> $\omega_2(\text{C}) = 88,89 / 2,98 = 29,81\%$		2 балла	
Итого			15 баллов	

Внимание! Задачи могут быть решены разными способами. Не следует снижать оценку, если задачи решены оригинальным способом.