

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2024 -2025 учебный год
10 класс
Максимальный балл – 100 баллов**

Задание 10.1 (максимум 20 баллов)

В таблице представлены сведения о структуре некоторых углеводородов, не содержащих кратных связей.

Углеводород	Число первичных атомов	Число вторичных атомов	Число третичных атомов	Число четвертичных атомов
А	2	5	0	0
Б	4	1	0	1
В	1	2	1	0
Г	2	0	0	0
Д	4	1	2	0
Ж	8	0	4	1
З	0	0	0	0
И	3	3	1	0

- 1) Составьте структурные формулы углеводородов **А – И**.
- 2) Дайте название каждому углеводороду.
- 3) Укажите, какие из углеводородов являются гомологами.
- 4) Укажите, какие из углеводородов являются изомерами.

Критерии оценивания

	Химическая формула	Название	Баллы
А	$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3$	<i>n</i> -гептан	2 балла
Б	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{--C--CH}_2\text{--CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	2,2-диметилбутан	2 балла
В	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{--CH--CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH}_2 \end{array} $	метилциклопропан	2 балла
Г	$\text{CH}_3\text{--CH}_3$	этан	2 балла
Д	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3\text{--CH--CH}_2\text{--CH--CH}_3 \end{array} $	2,4-диметилпентан	2 балла
Ж	$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C--CH--CH}_3 \\ \\ (\text{H}_3\text{C})_2\text{--CH--C--CH--}(\text{CH}_3)_2 \\ \\ \text{H}_3\text{C--CH--CH}_3 \end{array} $	тетраизопропилметан (2,4-диметил-3,3-диизопропил пентан)	2 балла

	Химическая формула	Название	Баллы
З	CH ₄	метан	2 балла
И	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH--CH}_2\text{--CH}_3 \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$	3-этилпентан (триэтилметан)	2 балла
	Гомологи: А, Г, З		2 балла
	Изомеры: А, Д, И		2 балла
		Итого	20 баллов

Задание 10.2.

Летучая жидкость с формулой XY_2 образуется при пропускании тока гидрида XH_4 через простое вещество элемента Y . Массовое отношение элемента Y к элементу X в XY_2 равно 5,339. В результате данной реакции также образуется газообразное соединение H_2Y .

При сгорании 1 моля XY_2 в атмосфере кислорода образуется 172,1 г газообразных оксидов XO_2 и YO_2 . При пропускании оксидов через известковую воду выпадает осадок, который затем растворяется; при пропускании через подкисленный раствор перманганата калия происходит обесцвечивание раствора.

Реакция XY_2 с аммиаком в присутствии катализатора дает в качестве единственных продуктов H_2Y и соль аммония, содержащую 42,1% Y . Молярное соотношение элемента Y к азоту в образовавшейся соли аммония равно 1:2.

Вопросы

1. Определите элементы X и Y . Подтвердите необходимыми расчетами.
2. Напишите формулы и названия соединений: XY_2 , XO_2 и YO_2 .
3. Напишите формулу и название соли, полученной в результате реакции XY_2 с аммиаком. Приведите расчеты, подтверждающие ваши рассуждения.
4. Напишите уравнения, соответствующие описанным выше процессам.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
Рассчитаны молярные массы X и Y 1. $\text{XY}_2 + 3\text{O}_2 = \text{XO}_2 + 2\text{YO}_2$ 2. При сжигании 1 моля XY_2 образуется 1 моль XO_2 и 2 моля YO_2 $m(\text{XO}_2) = 1 \cdot (M(\text{X}) + 32)$ $m(\text{YO}_2) = 2 \cdot (M(\text{Y}) + 32)$ 3. Указано, что массовое отношение X в XY_2 равно 5,339, которое может быть выражено как функция молярных масс в виде: $2M(\text{Y})/M(\text{X}) = 5,339$, или $M(\text{Y}) = 2,669 M(\text{X})$. 4. Пусть $M(\text{X}) = x$, тогда $M(\text{Y}) = 2,669x$. Составляем уравнение $x + 32 + 2(2,669x + 32) = 172,1$ При решении уравнения получаем: $M(\text{X}) = 12$ г/моль (C); $M(\text{Y}) = 32$ г/моль (S)	6 баллов
Летучая жидкость: CS_2 – сероуглерод Оксиды: CO_2 – углекислый газ, SO_2 – сернистый газ	3 балла
Проведены расчеты по определению соли аммония $M(\text{соли}) = 32/0,421 = 76$ г/моль Так как на 1 атом S приходится 2 атома N, а в соли аммония должен быть ион NH_4^+ производим расчеты: $76 - 32 - 28 - 4 = 12$, следовательно, кроме серы, азота и водорода должен быть углерод	3 балла Без расчетов за формулу – 1 балл

Содержание правильного ответа	Балл
Формула: $\text{N}_2\text{H}_4\text{CS}$ или NH_4SCN – тиоционат (роданид) аммония	
Представлены уравнения реакций $\text{CH}_{4(\text{г})} + 4\text{S}_{(\text{тв})} = \text{CS}_{2(\text{ж})} + 2\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})}$ (1) $\text{CS}_{2(\text{ж})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{SO}_{2(\text{г})}$ (2) $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (3) $\text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (4) $\text{SO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaSO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (5) $\text{CaSO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 = \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ (6) $5\text{SO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ (7) $\text{CS}_2 + 2\text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{SCN} + \text{H}_2\text{S}$ (8)	8 баллов
ИТОГО	20 баллов

Задание 10.3.

При полном сгорании жидкой смеси двух алканов Б и Г образовалось 61,6 г углекислого газа и 29,7 г воды. Б является высшим гомологом (в его молекулярной формуле на один атом углерода больше) чем в Г. Известно, что соотношение между количествами веществ Б и Г в смеси составляет 3:2 соответственно.

1. Напишите уравнения реакций горения веществ Б и Г.
2. Найдите молекулярные формулы Б и Г. Приведите необходимые расчеты.
3. Напишите по 3 возможных изомера для каждого соединения и дайте их названия.
4. Из предложенных Вами 6 соединений выберите 2 пары гомологов.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Записаны формулы алканов $\Gamma = \text{C}_a\text{H}_{2a+2}$; $\text{Б} = \text{C}_{a+1}\text{H}_{2a+4}$ 2. Записаны уравнения горения алканов $\text{C}_a\text{H}_{2a+2} + (1,5a + 0,5)\text{O}_2 \rightarrow a\text{CO}_2 + (a+1)\text{H}_2\text{O}$ (Г) $\text{C}_{a+1}\text{H}_{2a+4} + (1,5a + 2)\text{O}_2 \rightarrow (a+1)\text{CO}_2 + (a+2)\text{H}_2\text{O}$ (Б)	3 балла
2. Найдены количества молей CO_2 и H_2O $n(\text{CO}_2) = 61,6 / (12 + 2 \cdot 16) = 1,40$ моль $n(\text{H}_2\text{O}) = 29,7 / (2 \cdot 1 + 16) = 1,65$ моль	1 балл
3. Так как, $n(\text{Б})/n(\Gamma) = 3/2$, $n(\text{Б}) = 1,5 n(\Gamma)$, то есть, если $n(\Gamma) = x$, $n(\text{Б}) = 1,5x$ $n(\text{CO}_2) = ax + 1,5x \cdot (a + 1) = 1,4$ $n(\text{H}_2\text{O}) = (a+1)x + 1,5x \cdot (a + 2) = 1,65$ Решаем систему: $\begin{aligned} 2,5ax + 1,5x &= 1,4 \\ 2,5ax + 4x &= 1,65 \\ x &= 0,1 \\ a &= 5 \end{aligned}$	5 баллов
4. Определены молекулярные формулы алканов C_5H_{12} и C_6H_{14}	1 балл
5. Представлены формулы изомеров C_5H_{12} 1) $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$ 2) $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 3) $\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_3$ пентан 2-метилбутан 2,2-диметилпропан C_6H_{14} 4) $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$ 5) $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$ 6) $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$ гексан 2-метилпентан 2,3-диметилбутан <i>Возможны другие варианты для C_6H_{14}</i>	9 баллов (1 балл за формулу, 0,5 балла за название)
6. Приведены 2 пары гомологов: 1) и 4); 2) и 5)	1 балл

Содержание правильного ответа	Балл
ИТОГО	20 баллов

Задание 10.4.

Ментол – это органическое вещество, оставляющее во рту ощущение холода, так как действует на рецепторы, реагирующие на пониженную температуру. Ментол входит в состав лекарственных средств, имеющих вкус мяты. Одна таблетка «Пектусина» - средства от кашля содержит 4 мг ментола.

Вопросы

1. Установите состав молекулы ментола, если известно, что в нем содержится в 5 раз больше атомов углерода и в 10 раз больше атомов водорода, чем в молекуле углеводорода А и один атом элемента Х. Массовая доля элемента Х в молекуле ментола составляет 10,26% .
2. Углеводород А – это газ, применяемый для резки и сварки металлов. В нем содержится 92,3% углерода и 7,7% водорода. Относительная плотность А по воздуху равна 0,8965. Определить молярную массу и молекулярную формулу А, используя предложенные данные. Привести название данного углеводорода.
3. Рассчитайте, сколько молекул ментола попадает в организм человека с одной таблеткой «Пектусина».

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Найдена формула углеводорода А: а) Рассчитана его молярная масса: $M(C_xH_y) = 0,8965 \cdot 29 \text{ г/моль} = 26 \text{ г/моль}$ б) Найдена простейшая формула А: $x:y = 92,3/12 : 7,7/1 = 7,7:7,7=1:1$ CH – простейшая формула, $M(CH)=13$, а $M(C_xH_y)=26\text{г/моль}$ в) найдена истинная формула А: $26:13=2$, C_2H_2 А – этин (ацетилен)	6 баллов
2. Определено число атомов водорода и углерода в молекуле ментола: а) дана запись формулы в общем виде - C_xH_yO б) $x=2\cdot5=10$ в) $y=2\cdot10=20$ формула ментола $C_{10}H_{20}O$	4 балла
3. Произведен расчет относительной атомной массы неизвестного элемента Х в ментоле: $C_{10}H_{20}O$ $0,1026 = X / 140 + X$ $X = 16$, неизвестный элемент - кислород Формула ментола - $C_{10}H_{20}O$	6 баллов
4. Определено количество ментола в одной таблетке «Пектусина»: $n(C_{10}H_{20}O)=0,004 \text{ г} : 156 \text{ г/моль} = 0,0000256 \text{ моль} = 2,56\cdot10^{-5} \text{ моль}$	2 балла
5. Рассчитано число молекул ментола в одной таблетке «Пектусина»: $N(\text{молекул})= 2,56\cdot10^{-5} \text{ моль} \cdot 6,02\cdot10^{23} = 15,41\cdot10^{18} = 1,541\cdot10^{19} \text{ молекул}$	2 балла
Итого	20 баллов

Задание 10-5 (мысленный эксперимент)

Сплавы - это материалы со специфическими свойствами, которые получают путем сочетания различных металлов в определенных пропорциях. Для определения химического состава сплава используются как традиционные, так и современные методы.

Йодометрический метод является одним из общепринятых методов, используемых для определения содержания меди в сплаве.

В ходе анализа 0,685 г образца сплава, содержащего медь, обрабатывали азотной кислотой и разбавляли до 250 мл (раствор А). 10 мл раствора А использовали для определения содержания меди йодометрическим методом. Для этого к 10 мл раствора А, рН которого был предварительно доведен до оптимального, добавили избыток твердого йодида калия. Выделившийся йод оттитровывали раствором тиосульфата натрия. Тиосульфат натрия окислился до тетрагидратата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$). Объем тиосульфата, необходимый для титрования, составлял 6,1 мл. Концентрация полученного водного раствора тиосульфата составляла 0,05 М.

Вопрос 1. Рассчитайте массу меди в граммах и процентное содержание меди в образце сплава.

Однако тиосульфат не является основным стандартом, и для определения его точной молярности его необходимо стандартизировать. Указанный выше раствор тиосульфата был стандартизирован с использованием 0,0125 М раствора дихромата калия. Для этого к 10 мл раствора дихромата калия в кислой среде добавляли избыток твердого йодида калия и титровали выделившийся йод раствором тиосульфата. Полученное значение при титровании составило 15,5 мл.

Вопрос 2. Рассчитайте точную молярность раствора тиосульфата.

Вопрос 3. Используя рассчитанную вами точную молярность, снова пересчитайте точную массу меди в граммах, присутствующее в образце сплава.

Вопрос 4. Рассчитайте относительное процентное отклонение для содержания меди.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Приведены уравнения реакций для определения меди йодометрическим титрованием 1) $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 2) $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{KI} = 2\text{CuI} + \text{I}_2 + 4\text{KNO}_3$ 3) $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$	3 балла
2. По количеству тиосульфата рассчитано количество и масса меди $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,05 \cdot 0,0061 = 0,000305$ моль $n(\text{I}_2) = 0,0001525$ моль В 10 мл $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,000305$ моль, в 250 мл $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,007625$ моль $m(\text{Cu}) = 0,007625 \cdot 64 = 0,488$ г	5 баллов
3. Рассчитано процентное содержание меди в сплаве $W(\text{Cu}) = 0,488/0,685 = 0,7124$ (71,24%)	1 балл
4. Приведены уравнения реакций для определения точной молярности раствора тиосульфата 1) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{KI} + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{I}_2 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$	1 балл
5. Рассчитана точная молярность раствора тиосульфата $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,0125 \cdot 0,01 = 0,000125$ моль $n(\text{I}_2) = 0,000125 \cdot 3 = 0,000375$ моль, тогда $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,00075$ моль $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,00075/0,0155 = 0,0484\text{M}$	4 балла
6. Пересчитана точная масса меди в граммах, присутствующая в образце сплава $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,0484 \cdot 0,0061 = 0,00029524$ моль В 10 мл $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,00029524$ моль, в 250 мл $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,007381$ моль $m(\text{Cu}) = 0,007381 \cdot 64 = 0,472$ г	5 баллов
7. Рассчитано относительное процентное отклонение содержания меди $(0,488 - 0,472)/0,472 = 0,0339$ (3,39%)	1 балл
ИТОГО	20 баллов