

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2021 -2022 учебный год
11 класс
Максимальный балл - 50**

Задание 11.1

При сгорании 6 г органического вещества выделилось 2,24 л углекислого газа, 3,6 г воды и 2,8 г азота. Известно, что данное вещество используется в качестве удобрения. Исторически, это первое органическое вещество, полученное в 1828 году из неорганического соединения. Все современные промышленные способы получения данного вещества основаны на взаимодействии 2-х известных неорганических веществ.

1. Определить молекулярную и структурную формулу данного вещества
2. Написать уравнение реакций промышленного способа получения данного вещества из неорганических соединений.
3. Написать термохимические уравнения реакции сгорания и реакции современного промышленного способа получения данного вещества, если известны следующие данные:

- теплота образования искомого вещества – 333,2 кДж/моль;
- теплота образования аммиака – 46,2 кДж/моль;
- теплота образования углекислого газа – 393,5 кДж/моль;
- теплота образования воды – 285,8 кДж/моль. (6 баллов)

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Определена молекулярная формула вещества $n(\text{CO}_2) = 2,24/22,4 = 0,1$ моль; $n(\text{C}) = 0,1$ моль $n(\text{H}_2\text{O}) = 3,6/18 = 0,2$ моль; $n(\text{H}) = 0,4$ моль $n(\text{N}_2) = 2,8/28 = 0,1$ моль; $n(\text{N}) = 0,2$ моль $m(\text{O}) = 6 - 0,1 \cdot 12 - 0,4 - 0,2 \cdot 14 = 1,6$ г; $\nu(\text{O}) = 1,6/16 = 0,1$ моль Формула вещества – $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	2
2. Определено вещество и написана структурная формула $(\text{H}_2\text{N})_2\text{C}=\text{O}$ - мочевины	1
3. Приведены уравнения реакций получения мочевины из аммиака и углекислого газа и горения мочевины (по 1 баллу за каждое уравнение) $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow (\text{H}_2\text{N})_2\text{C}=\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ (1) $(\text{H}_2\text{N})_2\text{C}=\text{O} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$ (2)	2
4. Рассчитаны тепловые эффекты реакций из п.3 (по 0,5 балла) $Q_{(1)} = 333,2 + 285,8 - 46,2 \cdot 2 - 393,5 = 133,1$ кДж $Q_{(2)} = 393,5 + 285,8 \cdot 2 - 333,2 = 631,9$ кДж	1
ИТОГО	6 баллов

Задание 11.2.

В реакционный сосуд поместили 76,8 г смеси сернистого газа и кислорода, в которой количество атомов серы в 4 раза меньше количества атомов кислорода.

Определить константу химического равновесия данной реакции в момент времени, когда в реакционном сосуде образовалось 0,2 моля серного ангидрида. (5 баллов)

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Приведено уравнение реакции получения оксида серы (VI)	1

$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3$	
2. Рассчитаны первоначальные количества сернистого ангидрида и кислорода (любым способом) Пусть $n(\text{SO}_2) = x$ моль; $n(\text{O}_2) = y$ моль, так как, $n(\text{O}) = 4n(\text{S})$, то $4x = 2x + 2y$, следовательно, $x = y$ Зная массу смеси, рассчитываем количества веществ $64x + 32x = 96x = 76,8$ $x = 0,8$ моль $n(\text{SO}_2) = n(\text{O}_2) = 0,8$ моль	2
4. Рассчитаны равновесные количества сернистого ангидрида и кислорода в момент получения 0,2 моль SO_3 $n_p(\text{SO}_2) = 0,8 - 0,2 = 0,6$ моль $n_p(\text{O}_2) = 0,8 - 0,1 = 0,7$ моль $n_p(\text{SO}_3) = 0,2$ моль	1
5. Рассчитана константа химического равновесия $K_p = \frac{[\text{SO}_3]_p^2}{[\text{SO}_2]_p^2 \cdot [\text{O}_2]_p}$ $K_p = 0,2^2 / (0,6^2 \cdot 0,7) = 0,16$	1
ИТОГО	5 баллов

Задание 11.3.

При пропускании газа А (плотность по водороду равна 14), сгорающего в кислороде с образованием только оксида углерода (IV) над нагретым черным порошком простого вещества В образуется только высокотоксичная жидкость С, обладающая затхлым запахом, кипящая при невысокой температуре. Молекулы, входящие в состав жидкости С имеют тетраэдрическое строение.

При сгорании жидкости С образуется твердый черный оксид D (содержание кислорода — 21,42% по массе). При обработке С раствором концентрированной соляной кислоты образуется интенсивно-зеленый раствор соли Е.

1. Определите соединения А — Е.
2. Проведите расчеты и обоснования, подтверждающие правильность определения Вами упомянутых веществ.
3. Запишите уравнения реакций, упомянутых в условии задачи. (12 баллов)

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Рассчитана молярная масса и определен газ А $M(\text{A}) = 14 \cdot 2 = 28$ г/моль Такой молярной массой могут обладать только азот, этилен и оксид углерода(II), однако сгорать с образованием только CO_2 может лишь СО.	1
2. Сделано предположение о веществах В, С и Д Можно предположить, что продукт С — карбонил металла, то есть результат взаимодействия оксида углерода и переходного металла (все металлы за исключением ртути, золота и меди в измельченном до порошка состоянии черного или темно-серого цвета), следовательно, оксид Д — оксид металла В.	1
3. Проведены расчеты по определению молярной массы металла В (любым правильным способом). (За расчеты — 2 балла, обоснование выбора металла — 1 балл). Пусть степень окисления В = +х, тогда оксид — $\text{V}^{+x}\text{O}_{x/2}$ $8x = (M(\text{B}) + 8x) \cdot 0,2142$	3

Содержание правильного ответа	Балл
$M(B) = 29,35x$ Если $x=2$, В – Ni (никель) Почти такое же значение атомной массы наблюдается для соседа никеля в Периодической системе — кобальта, однако, соли кобальта в водном растворе окрашены не в зеленый (см. цвет соли E), а в розовый цвет.	
4.Приведены формулы веществ С и Д (за каждую формулу по 1 баллу) В условии задачи сказано, что между простым веществом (мелко раздробленный никель) и СО произошла реакция присоединения, то есть: $Ni + nCO = Ni(CO)_n$, однако тетраэдрическое строение молекул Тогда вещество С — $Ni(CO)_4$ (тетракарбонил никеля), легколетучее соединение ($t_{кипения} = +32^{\circ}C$). Вещество Д – NiO (оксид никеля)	2
5.Приведены уравнения реакций (за каждое по 1 баллу) и определено вещество E (1 балл) $Ni + 4CO = Ni(CO)_4$ $2Ni(CO)_4 + 5O_2 = 2NiO + 8CO_2$ $Ni(CO)_4 + 2HCl = NiCl_2 + 4CO + H_2$ E - $NiCl_2$ (хлорид никеля)	4
ИТОГО	11 баллов

Задание 11.4.

Если нагреть вещество А до температуры $1223^{\circ}K$, то образуются вещества В и С. Оба вещества В и С по отдельности реагируют с углеродом при высоких температурах. Вещество В и углерод образуют солеобразное соединение Д и газ Е, который одновременно является продуктом реакции между соединением С и углеродом. Если соединить соединения В, С и Д отдельно с водой, то в двух реакциях образуется основное соединение F и соединения Н и G, два последних содержат заменяемый с помощью металлов водород. При пропускании вещества Н над активированным углем при $t = 600^{\circ}C$ можно получить ароматическое соединение. К веществу Н можно каталитически присоединить и воду, и хлористый водород, и в том, и в другом случае Вы получите важные исходные вещества органической химии, К и I соответственно, которые легко доступны, и из них можно получить в частности, пластическое вещество L, спирт М и кислоту N. Если вещество С поместить в насыщенный раствор F, то сначала образуется белый осадок O, который постепенно растворяется при дальнейшем пропускании через раствор вещества С и превращается в вещество Р. Вещество D дает при температуре $1073^{\circ}K$ с компонентом воздуха технически важный продукт Q, из которого ранее получали аммиак путем добавления воды.

- Укажите формулы веществ А, В, С, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, P, Q и дайте их названия.
- Приведите все уравнения реакций, о которых идет речь в задаче.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1.Определены вещества и даны их названия (за каждое по 0,5 балла) А - $CaCO_3$ (карбонат кальция); В – CaO (оксид кальция) С - CO_2 (оксид углерода (IV)); D - CaC_2 (карбид кальция) E – CO (оксид углерода (II)); F – $Ca(OH)_2$ (гидроксид	8

Содержание правильного ответа	Балл
кальция) Н - C ₂ H ₂ (ацетилен); G - H ₂ CO ₃ (угольная кислота) К - CH ₃ - СОН (этаналь); I - CH ₂ = CHCl (хлорэтен) L - (-CH ₂ - CHCl-) _n (поливинилхлорид); М - C ₂ H ₅ ОН (этанол) N- CH ₃ COOH (уксусная кислота); О - СаСО ₃ (карбонат кальция) Р - Са(НСО ₃) ₂ (гидрокарбонат кальция); Q – СаСN ₂ (цианамид кальция)	
2.Приведены уравнения реакций (по 0,5 балла за каждое) СаСО ₃ = СаО + СО ₂ (1) СаО + С = СаС ₂ + СО (2) СО ₂ + С = 2СО (3) СаО + Н ₂ О = Са(ОН) ₂ (4) СаС ₂ + 2Н ₂ О = Са(ОН) ₂ + С ₂ Н ₂ (5) СО ₂ + Н ₂ О ↔ Н ₂ СО ₃ (6) 3С ₂ Н ₂ → С ₆ Н ₆ (7) С ₂ Н ₂ + Н ₂ О → CH ₃ – СОН (8) С ₂ Н ₂ + НСl → CH ₂ = CHCl (9) nCH ₂ = CHCl → (-CH ₂ - CHCl-) _n (10) CH ₃ – СОН + Н ₂ → C ₂ H ₅ ОН (11) CH ₃ – СОН + 2Cu(ОН) ₂ → CH ₃ COOH + Cu ₂ O + 2Н ₂ О (12) СО ₂ + Са(ОН) ₂ = СаСО ₃ ↓ + Н ₂ О (13) СаСО ₃ ↓ + Н ₂ О + СО ₂ = Са(НСО ₃) ₂ (14) СаС ₂ + N ₂ = СаСN ₂ + С (15) СаСN ₂ + 3Н ₂ О = 2NH ₃ + СаСО ₃ (16)	8
ИТОГО	16 баллов

Задание 11.5. (мысленный эксперимент)

В шести пронумерованных склянках находятся гексен-1, этилформиат, этаналь, этанол, раствор фенола в эфире и уксусная кислота.

Даны реактивы: натрий в керосине, бромная вода, аммиачный р-р оксида серебра, щелочной раствор фенолфталеина.

1. Составить план эксперимента по распознаванию веществ,
2. Написать уравнения реакций
3. Указать признаки реакций.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа					Балл
1.Составлен план эксперимента по распознаванию веществ					2
2.Указаны признаки реакций (по 0,5 балла за каждый)					3
	Na в керосине	Br ₂ (водный р-р)	Ag ₂ O аммиачный р-р	щелочной р-р фенолфталеина	
гексен-1	-	обесцвечивание	-	-	
этилформиат	-	-	-	-	
этаналь	-	-	темный↓	-	
р-р фенола	бесцв↑	белый↓	-	?*	
уксусная кислота	бесцв↑	-	-	обесцвечивание	
3.Приведены уравнения реакций (по 1 баллу за каждое) CH ₂ =CH – (CH ₂) ₃ – CH ₃ + Br ₂ → CH ₂ Br - CHBr – (CH ₂) ₃ – CH ₃ CH ₃ COH + 2[Ag(NH ₃) ₂]OH → CH ₃ COONH ₄ + 2Ag↓ + 3NH ₃ + H ₂ O 2C ₆ H ₅ ОН + 2Na → 2C ₆ H ₅ ONa + H ₂ ↑					6

Содержание правильного ответа	Балл
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + 3\text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}\downarrow + 3\text{HBr}$ $2\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\uparrow$ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$	
4. *Дано объяснение, когда возможно обесцвечивание щелочного раствора фенолфталеина фенолом	1
ИТОГО	12 баллов