

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ**  
**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**2023-2024 учебный год**

**Решения и критерии оценивания**

**10 класс**

**ЗАДАЧА 1**

Элемент X входит в состав окрашенного газа А, являющегося одним из компонентов фотохимического смога, и в состав газа Б, который входит в состав атмосферы. Смесь газов А и Б при растворении в воде образуют вещество В, окрашивающее метилоранж в красный цвет. При пропускании газа А через раствор гидроксида натрия образуется смесь солей Г и Д в мольном соотношении 1:1. При нагревании соли Г она превращается в соль Д и выделяется при этом газ Б.

*Максимальный балл – 10.*

**Решение задачи 1.**

	Действие	Баллы
1	X – O	2,0
2	A – NO <sub>2</sub> Б – O <sub>2</sub> В – HNO <sub>3</sub> Г – NaNO <sub>3</sub> Д – NaNO <sub>2</sub>	5 по 0,5
	4NO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O = 4HNO <sub>3</sub> 2NO <sub>2</sub> + 2NaOH = NaNO <sub>2</sub> + NaNO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O 2NaNO <sub>3</sub> = 2NaNO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	3 по 0,5
		<b>Итого:</b> <b>10 баллов</b>

**ЗАДАЧА 2**

Смесь этана, этилена и водорода имеет плотность по кислороду 0,4875. Эту смесь пропустили над никелевым катализатором. После окончания реакции плотность смеси по кислороду составила 0,6094. Определите состав исходной смеси в объёмных долях.

*Максимальный балл – 10.*

### Решение задачи 2.

	Действие	Баллы
1	Записываем уравнение реакции: $C_2H_4 + H_2 = C_2H_6$	0,5
2	Находим молярные массы смесей до и после реакции: $M_1 = 0,4875 \cdot 32 = 15,6$ г/моль $M_2 = 0,6094 \cdot 32 = 19,5$ г/моль	2 по 0,5
3	Так как реакция прошла до конца, то в конечной смеси присутствует этан и либо этилен, либо водород. Величина молярной массы второй смеси указывает на наличие в смеси водорода. Также можно проверить расчётами обе версии и выбрать верную по величине мольных долей.	1,0
4	Пусть $\phi(C_2H_6) = x$ , тогда $\phi(H_2) = 1 - x$ Составляем уравнение: $30x + 2(1 - x) = 19,5$	
5	Отсюда находим $x = 0,625$ $\phi(C_2H_6) = 0,625$ $\phi(H_2) = 1 - 0,625 = 0,375$	2,0
6	Пусть объём конечной смеси (или количество) – 1 л Обозначим объём прореагировавшего водорода за $y$ . Тогда в исходной смеси: $V(C_2H_4) = y$ $V(C_2H_6) = 0,625 - y$ $V(H_2) = 0,375 + y$	1,0
7	Общий объём исходной смеси: $V = 1 + y$ Объёмные доли компонентов: $\phi(C_2H_4) = y/(1+y)$ $\phi(C_2H_6) = (0,625 - y)/(1+y)$ $\phi(H_2) = (0,375 + y)/(1+y)$	1,0
8	Из формулы для расчёта молярной массы составляем уравнение: $\frac{28y}{1+y} + \frac{30(0,625 - y)}{1+y} + \frac{2(0,375 + y)}{1+y} = 15,6$ Решая уравнение, находим $y = 0,25$ моль	2,5
9	Находим объёмные доли исходных компонентов: $\phi(C_2H_4) = 0,2 = 20\%$ $\phi(C_2H_6) = 0,3 = 30\%$ $\phi(H_2) = 0,5 = 50\%$	1,0
		<b>Итого: 10 баллов</b>

### ЗАДАЧА 3

Теплоты образования метана и ацетилена составляют соответственно 74,8 и -226,8 кДж/моль. Рассчитайте энергию тройной связи в молекуле ацетилена, если известны следующие данные:

- энергия связи в молекуле водорода 436 кДж/моль;
- теплота испарения графита 715,1 кДж/моль.

Изменением энергии связи C – H в различных классах углеводородов можно пренебречь.

Максимальный балл – 10.

#### Решение задачи 3.

	Действие	Баллы
1	Расписываем все уравнения процессов: $C_{(гр.)} + 2H_{2(r)} = CH_{4(r)}$ (1) $C_{(гр.)} + H_{2(r)} = C_2H_{2(r)}$ (2) $H_{2(r)} = 2H_{(r.)}$ (3) $C_{(гр.)} = C_{(r.)}$ (4) $2C_{(r.)} + 2H_{(r.)} = C_2H_{2(r)}$ (5) $C_{(r.)} + 4H_{(r.)} = CH_{4(r)}$ (6)	<b>6 по 0,5</b> (в любом виде)
2	Теплоты реакций (1) и (2) соответствуют теплотам образования веществ. Теплота реакции (3) равна энергии связи в молекуле водорода Теплота реакции (4) соответствует теплоте испарения графита Теплота реакции (5) – сумма энергий двух связей C – H и одной тройной связи. Теплота реакции (6) – четыре энергии связи C – H	
3	По закону Гесса сумма реакций (3)*2, (4) и (6) даёт реакцию (1), что позволяет вычислить энергию связи в молекуле метана: $2*(-436) + (-715,1) + 4E = 74,8$ Отсюда $E_{св.(C-H)} = 415,5$ кДж/моль	<b>3,0</b>
4	По закону Гесса сумма реакций (4)*2, (3) и (5) даёт реакцию (2), что позволяет вычислить сумму энергий связей в молекуле ацетилена: $2*(-715,5) + (-436) + E_{сумм.} = -226,8$ Отсюда $E_{сумм.} = 1640,2$ кДж/моль	<b>1,0</b>
5	Вычитая две энергии связей C – H, находим энергию связи $C\equiv C$ : $E(C\equiv C) = 1640,2 - 2*(415,5) = 809,2$ кДж/моль	<b>3,0</b>
		<b>Итого:</b> <b>10 баллов</b>

### ЗАДАЧА 4

Исходные концентрации оксида углерода(II) и паров воды равны и составляют 0,02 моль/л. Вычислите константу равновесия реакции  $\text{CO (г.)} + \text{H}_2\text{O (г.)} = \text{CO}_2 \text{ (г.)} + \text{H}_2 \text{ (г.)}$  и равновесные концентрации  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}_2$  в системе, если равновесная концентрация  $\text{CO}_2$  оказалась равной 0,005 моль/л. После установления равновесия в систему добавили водород, при этом его концентрация увеличилась на 0,015 моль/л, какими после повторного установления равновесия станут равновесные концентрации?

Максимальный балл – 10.

#### Решение задачи 4.

	Действие	Баллы																				
1	<p>Строим таблицу материального баланса:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>CO</th> <th>H<sub>2</sub>O</th> <th>CO<sub>2</sub></th> <th>H<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Исх.</td> <td>0,02</td> <td>0,02</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Реаг.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Равнов.</td> <td></td> <td></td> <td>0,005</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	Исх.	0,02	0,02	0	0	Реаг.					Равнов.			0,005		
	CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>																		
Исх.	0,02	0,02	0	0																		
Реаг.																						
Равнов.			0,005																			
2	<p>По количеству вещества образовавшегося <math>\text{CO}_2</math>, находим количество вступивших в реакцию исходных веществ и образовавшегося водорода:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>CO</th> <th>H<sub>2</sub>O</th> <th>CO<sub>2</sub></th> <th>H<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Исх.</td> <td>0,02</td> <td>0,02</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Реаг.</td> <td>0,005</td> <td>0,005</td> <td>0,005</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td>Равнов.</td> <td></td> <td></td> <td>0,005</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	Исх.	0,02	0,02	0	0	Реаг.	0,005	0,005	0,005	0,005	Равнов.			0,005		1,0
	CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>																		
Исх.	0,02	0,02	0	0																		
Реаг.	0,005	0,005	0,005	0,005																		
Равнов.			0,005																			
3	<p>Находим концентрации в момент равновесия:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>CO</th> <th>H<sub>2</sub>O</th> <th>CO<sub>2</sub></th> <th>H<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Исх.</td> <td>0,02</td> <td>0,02</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Реаг.</td> <td>0,005</td> <td>0,005</td> <td>0,005</td> <td>0,005</td> </tr> <tr> <td>Равнов.</td> <td>0,015</td> <td>0,015</td> <td>0,005</td> <td>0,005</td> </tr> </tbody> </table>		CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	Исх.	0,02	0,02	0	0	Реаг.	0,005	0,005	0,005	0,005	Равнов.	0,015	0,015	0,005	0,005	1,5
	CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>																		
Исх.	0,02	0,02	0	0																		
Реаг.	0,005	0,005	0,005	0,005																		
Равнов.	0,015	0,015	0,005	0,005																		
4	<p>Рассчитываем константу равновесия:</p> $K = \frac{0,005 * 0,005}{0,015 * 0,015} = \frac{1}{9} \text{ (или } 0,111\text{)}$	2,0																				
5	<p>Строим таблицу материального баланса после добавления водорода:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>CO</th> <th>H<sub>2</sub>O</th> <th>CO<sub>2</sub></th> <th>H<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Исх.</td> <td>0,015</td> <td>0,015</td> <td>0,005</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>Реаг.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Равнов.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	Исх.	0,015	0,015	0,005	0,02	Реаг.					Равнов.					1,5
	CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>																		
Исх.	0,015	0,015	0,005	0,02																		
Реаг.																						
Равнов.																						
6	<p>Пусть <math>x</math> – изменение концентрации прореагировавшего водорода, тогда:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>CO</th> <th>H<sub>2</sub>O</th> <th>CO<sub>2</sub></th> <th>H<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Исх.</td> <td>0,015</td> <td>0,015</td> <td>0,005</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>Реаг.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Равнов.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	Исх.	0,015	0,015	0,005	0,02	Реаг.					Равнов.					
	CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>																		
Исх.	0,015	0,015	0,005	0,02																		
Реаг.																						
Равнов.																						

	Исх.	0,015	0,015	0,005	0,02	
	Реаг.	x	x	x	x	
	Равнов.	0,015+x	0,015+x	0,005-x	0,02-x	
7	Подставив равновесные концентрации в выражение для константы равновесия, находим x: $\frac{1}{9} = \frac{(0,005 - x) * (0,02 - x)}{(0,015 + x) * (0,015 + x)}$					
8	Решая уравнение, находим количество прореагировавшего водорода: x = 0,003					3,0
9	Находим равновесные концентрации:					1,0
		CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	
	Исх.	0,015	0,015	0,005	0,02	
	Реаг.	0,003	0,003	0,003	0,003	
	Равнов.	0,018	0,018	0,002	0,017	
<b>Итого:</b> <b>10 баллов</b>						

### ЗАДАЧА 5

При растворении белого реакционноспособного вещества А в растворе щёлочи образуется раствор соли Б и выделяется газ В, обладающий неприятным запахом. На воздухе газ В самовоспламеняется с образованием вещества Д, хорошо растворимого в воде. При добавлении к раствору Д избытка гидроксида калия получается соль Е, используемая в качестве пищевой добавки Е340. Раствор соли Б проявляет хорошие восстановительные свойства, восстанавливая некоторые металлы из их солей, а также при добавлении пероксида водорода в щелочной среде окисляется в соль Ж. Расшифруйте все вещества и напишите уравнения реакций. Изобразите структурные формулы солей Б, Е и Ж и дайте им названия.

*Примечание: используйте истинную молекулярную формулу вещества А.*

*Максимальный балл – 10.*

#### Решение задачи 5.

	Действие	Баллы
1	Газов с неприятным запахом не очень много. Но сероводород не подходит, потому что образуется всего одна соль и исходным веществом был белый порошок. Самовоспламенение газа В указывает на неустойчивое водородное соединение (SiH <sub>4</sub> , PH <sub>3</sub> , AsH <sub>3</sub> и т.п.) С учётом того, что соли Б, Е и Ж явно содержат в себе один и тот же элемент и все три образуются в	2,0

	<p>избытке щёлочи, они отличаются либо степенью окисления элемента, либо степенью гидратированности аниона.</p> <p>Использование соли Е в качестве пищевой добавки исключает мышьяк, сурьму, германий и т.п.</p> <p>Самым удобным вариантом остаётся фосфор.</p>	
2	<p>А – P<sub>4</sub></p> <p>Б – NaH<sub>2</sub>PO<sub>2</sub></p> <p>В – PH<sub>3</sub></p> <p>Д – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></p> <p>Е – Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></p> <p>Ж – Na<sub>2</sub>HPO<sub>3</sub></p>	6 по 0,5
3	<p>P<sub>4</sub> + 3NaOH + 3H<sub>2</sub>O = 3NaH<sub>2</sub>PO<sub>2</sub> + PH<sub>3</sub></p> <p>PH<sub>3</sub> + O<sub>2</sub> = H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (можно в две стадии)</p> <p>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + 3NaOH = Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + 3H<sub>2</sub>O</p> <p>NaH<sub>2</sub>PO<sub>2</sub> + NaOH + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = Na<sub>2</sub>HPO<sub>3</sub> + 2H<sub>2</sub>O</p>	4 по 0,5
4	<p>Структурные формулы:</p> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{P}-\text{O}^- \text{Na}^+ \\   \\ \text{H} \end{array} \quad - \text{Б}$ $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{P}-\text{O}^- \text{Na}^+ \\   \\ \text{O}^- \text{Na}^+ \end{array} \quad - \text{Ж}$ $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Na}^+ \text{O}-\text{P}-\text{O}^- \text{Na}^+ \\   \\ \text{O}^- \text{Na}^+ \end{array} \quad - \text{Е}$	3 по 0,5
5	<p>Названия:</p> <p>Б – гипофосфит натрия</p> <p>Е – ортофосфат натрия</p> <p>Ж – фосфит натрия</p>	3 по 0,5
		<b>Итого: 10 баллов</b>