

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

2024-2025 учебный год

11 класс

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

ЗАДАЧА 1.

Сложное вещество А, жидкое при нормальных условиях, образуется при взаимодействии расплавленного простого вещества Х жёлтого цвета с газообразным простым веществом Y (реакция 1). В качестве побочного продукта, особенно при избытке Y, образуется также сложное вещество В (реакция 2), придавая более тёмную окраску полученному продукту. Вещество А медленно гидролизует водой (реакция 3) с образованием трёх газообразных в нормальных условиях веществ, одно из которых (С) хорошо растворяется в воде с образованием сильной кислоты, а два других в данных условиях реагируют в водном растворе отнюдь не с образованием простого вещества Х, как пишут в школьных учебниках по химии (реакция 4), а с образованием слабой двухосновной кислоты D (реакция 5), массовая доля водорода в которой составляет 2,041%.

При взаимодействии вещества В с простым веществом Y при пониженных температурах образуется сложное вещество Е (реакция 6), в котором массовая доля элемента Х составляет 18,39%.

Определите элементы Х и Y, а также вещества А – Е. Напишите все упомянутые в задаче уравнения реакций.

Максимальный балл – 10.

Решение задачи 1.

	Действие	Баллы
1	Вещество Х, очевидно, является серой. Тогда вещество Y, с которым сера образует жидкие соединения – возможно, галоген. Исходя из того, что существует три варианта бинарного соединения (А, В, Е), можно найти этот элемент по массовой доле в веществе Е.	
2	Находим молекулярную массу вещества Е (с учётом содержания одного атома серы). $M(E) = 32 \text{ г/моль} / 0,1839 = 174 \text{ г/моль}$	0,5 б.
3	Перебрав возможные формулы XY_2 , XY_4 , XY_6 , находим формулу вещества Е – SCl_4	2 б.
4	Уравнения реакций:	4 по 0,5 б.

	$2S + Cl_2 = S_2Cl_2$ $S + Cl_2 = SCl_2$ $S_2Cl_2 + 2H_2O = H_2S + SO_2 + 2HCl$ $H_2S + SO_2 = H_2S_2O_2$	
5	Формулы веществ: X – S Y – Cl ₂ A – S ₂ Cl ₂ B – SCl ₂ C – HCl E – SCl ₄	6 по 0,25 б.
6	Определение молекулярной массы вещества D: $M = 2 \text{ г/моль} / 0,02041 = 98 \text{ г/моль}$	1 б.
7	Определение вещества D – H ₂ S ₂ O ₂	3 б.
		Итого: 10 б.

ЗАДАЧА 2 .

Предельный одноатомный спирт содержит примесь соответствующего альдегида. Определите альдегид и его массовую долю в спирте, если при сжигании 50,4 г такого спирта образуется 49,28 л (н. у.) диоксида углерода, а при обработке такого же количества образца оксидом серебра выпадает 21,6 г осадка. Запишите уравнения всех реакций.

Максимальный балл – 10.

Решение задачи 2

	Действие	Баллы
1	Записываем уравнения происходящих реакций: $C_xH_{2x+1}OH + O_2 \rightarrow xCO_2 + H_2O$ $C_xH_{2x}O + O_2 \rightarrow xCO_2 + H_2O$ $C_xH_{2x}O + Ag_2O \rightarrow C_xH_{2x}O_2 + 2Ag \downarrow$	
2	Находим количества веществ: $n(CO_2) = 49,28 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 2,2 \text{ моль}$ $n(Ag) = 21,6 \text{ г} / 108 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль}$	2 по 0,5 б.
3	Находим количество и массу альдегида: $n(Ag) = 0,2 \text{ моль}$ $n(C_xH_{2x}O) = \frac{1}{2} n(Ag) = 0,1 \text{ моль}$ $m(C_xH_{2x}O) = 0,1 \cdot (14x + 16) = 1,4x + 1,6 \text{ (г)}$	
4	При горении альдегида выделилось $n(CO_2) = x n(C_xH_{2x}O) = 0,1x \text{ (моль)}$ Тогда при горении спирта: $n(CO_2) = 2,2 - 0,1x \text{ (моль)}$.	

	$n(\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{OH}) = 1/x \cdot n(\text{CO}_2) = \frac{2,2-0,1x}{x} \text{ моль}$ Отсюда масса спирта: $m(\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{OH}) = \frac{(14x+18)(2,2-0,1x)}{x} \text{ моль}$	
5	Зная, что $m(\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{OH}) + m(\text{C}_x\text{H}_{2x}\text{O}) = 50,4$ (г), Составляем уравнение и находим $x = 2$	4 б.
6	Отсюда масса альдегида: $m(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = 1,4x + 1,6 = 4,4$ г. Массовая доля альдегида: $\omega(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = 4,4 \text{ г} / 50,4 \text{ г} = 8,73\%$	2 б.
7	Записываем уравнения всех реакций	3 по 1 б.
		Итого: 10 б.

ЗАДАЧА 3.

Нитробензол и толуол

Определите, в каких молярных соотношениях находятся в смеси нитробензол и толуол, если известно, что при окислении смеси перманганатом калия масса органических соединений возрастает на 6 г, а при восстановлении железом в присутствии соляной кислоты уменьшается на 3 г.

Максимальный балл – 10.

Решение задачи 3

	Действие	Баллы
1	Записываем уравнения реакций: $5\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 9\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 6\text{MnSO}_4 + 14\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 3\text{Fe} + 6\text{HCl} = \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{FeCl}_2$	2 по 2 б.
2	Увеличение массы при окислении происходит за счёт превращения толуола в бензойную кислоту. Пусть $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = x$ моль Тогда $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = 92x$ (г) $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = x$ моль $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 122x$ (г) Отсюда составляем уравнение и находим количество толуола в смеси: $122x - 92x = 6$ $x = 0,2$ моль	2,5 б.
3	Уменьшение массы при восстановлении происходит за счёт превращения нитрометана в анилин. Пусть $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = y$ моль Тогда	2,5 б.

	$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 123y$ (г) $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = y$ моль $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 93y$ (г) Отсюда составляем уравнение и находим количество толуола в смеси: $123y - 93y = 3$ $y = 0,1$ моль	
4	Мольное соотношение 1:2	1 б.
		Итого: 10 б.

ЗАДАЧА 4.

При нагревании 5 граммов некоторой соли образуется три оксида: твердый (3,6 г), жидкий (0,405 г) и газообразный (0,99 г) (агрегатное состояние приведено для 25 °С и 1 атм). С помощью расчетов определите формулу соли и напишите реакцию ее разложения.

Максимальный балл – 10.

Решение задачи 4

	Действие	Баллы
1	Наиболее вероятным жидким оксидом является вода	0,5 б.
2	Находим количество воды: $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,405 / 18 = 0,0225$ моль	0,5 б.
3	Количество газообразного оксида вероятнее всего находится в соотношении с водой 1:2, 1:1 или 2:1. Другие соотношения менее вероятны, поэтому начать нужно с таких. Находим молярную массу газообразного оксида: Соотношение 1:2 – 88 г/моль Соотношение 1:1 – 44 г/моль Соотношение 2:1 – 22 г/моль Вероятнее всего газообразный оксид – это CO_2	2 б.
4	Соотношение углекислого газа и воды позволяет предположить, что солью является основной карбонат: $(\text{MeOH})_2\text{CO}_3$ $(\text{MeOH})_2\text{CO}_3 = 2\text{MeO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	3 б.
5	Находим молекулярную массу оксида: $n(\text{MeO}) = 0,045$ моль $M(\text{MeO}) = 3,6 / 0,045 = 80$ г/моль	2 б.
6	Отсюда металл – Cu Соль – $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$	2 б.
		Итого: 10 б.

ЗАДАЧА 5.

В химическом реакторе в изотермических условиях при температуре 200 °С осуществляется процесс, описываемый уравнением $X_2(г) + Y_2(г) \leftrightarrow 2XY(г)$. Стандартное изменение энергии Гиббса (ΔG^0) в данной реакции при указанной температуре составило 3,2 кДж/моль. Определите выход продукта, если реагенты взяты в стехиометрических соотношениях, а в момент равновесия давление в системе равнялось ~1 атм. При расчете используйте единицы измерения, принятые в системе СИ. Каким будет выход реакции, если взять один из исходных компонентов в трёхкратном избытке? Как изменится выход, если давление в системе увеличить до 10 атм?

Справочный материал:

Связь между изменением стандартной энергии Гиббса в системе и константой равновесия процесса: $\Delta G^0 = -RT \ln K_p$;

Максимальный балл – 10.

Решение задачи 5

	Действие	Баллы
1	По величине изменения энергии Гиббса находим константу равновесия: $\ln K_p = \frac{\Delta G}{-RT} = \frac{3200}{-8,314 \cdot 473} = -0,814$ $K_p = \exp(-0,814) = 0,443$	1 б.
2	Находим парциальные давления всех компонентов. Так как в ходе реакции число молекул в системе не изменяется, то начальное давление также составляло 1 атм. (по 0,5 на каждый компонент) Если парциальное давление продукта = x, тогда $p(X_2) = p(Y_2) = 0,5 - 0,5x$ $K_p = \frac{p^2(XY)}{p(X_2)p(Y_2)} = \frac{x^2}{(0,5 - 0,5x)^2} = 0,443$ Решая уравнение, находим x = 0,25	2,5 б.
3	Выход продукта составляет 25%	1 б.
4	При трёхкратном избытке начальные парциальные давления составляли: $p_0(X_2) = 0,25$ атм $p_0(Y_2) = 0,75$ атм При этом теоретическое значение парциального давления продукта составляет 0,5 атм.	1 б.
5	Составляем аналогичное уравнение: $K_p = \frac{p^2(XY)}{p(X_2)p(Y_2)} = \frac{x^2}{(0,25 - 0,5x)(0,75 - 0,5x)} = 0,443$ Решая уравнение, находим x = 0,205	2,5 б.
6	Отсюда выход составляет 41,1 %	1 б.
7	При увеличении давления выход не изменится, так как количество частиц слева и справа одинаковое.	1 б.
		Итого: 10 б.