

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
(муниципальный этап)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР
возрастная группа (11 классы)

Решения и система оценивания

Максимальная оценка – 66 баллов

Задание 1.

Смесь газов, образовавшихся при сжигании образца органического соединения **X** массой 1,53 г, была пропущена последовательно через трубку с оксидом фосфора (V) и склянку с раствором гидроксида бария. При этом масса содержимого трубки увеличилась на 1,89 г, в склянке образовался осадок массой 14,775 г, а объем непоглощенного газа **Y**, измеренный при 28°C и давлении 101,3 кПа, составил 371 мл. При добавлении к такому же образцу соединения **X** избытка раствора азотистой кислоты образуется органическое соединение **Z** и выделяется при тех же условиях вдвое больший объем газа **Y**. Произведите необходимые расчеты и установите состав соединений **X** и **Z** и приведите для них возможные структурные формулы.

Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Увеличение массы трубки с P ₂ O ₅ произошло за счет поглощения паров воды $m(\text{H}_2\text{O}) = 1,89 \text{ г}$ $n(\text{H}_2\text{O}) = 1,89 / 18 = 0,105 \text{ моль}$ $n(\text{H}) = 0,21 \text{ моль}$	1 б
При пропускании смеси газов через склянку с раствором гидроксида бария произошло образование осадка карбоната бария $\text{CO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1 б
$m(\text{BaCO}_3) = 14,775 \text{ г}$ $n(\text{BaCO}_3) = 14,775 / 197 = 0,075 \text{ моль}$ $n(\text{CO}_2) = 0,075 \text{ моль}$ $n(\text{C}) = 0,075 \text{ моль}$	1,5 б
Непоглощенный газ X – это азот N ₂ в количестве $n(\text{N}_2) = 101,3 \cdot 0,371 / 8,314 \cdot 301 = 0,015 \text{ моль}$ $n(\text{N}) = 0,03 \text{ моль}$	1,5 б
Необходимо проверить, содержит ли исходное соединение X кислород. $m(\text{O}) = m(\text{X}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) - m(\text{N}) = 1,53 - 0,075 \cdot 12 - 0,21 \cdot 1 - 0,03 \cdot 14 = 1,53 - 0,9 - 0,21 - 0,42 = 0$ Искомое вещество не содержит кислород.	1 б
$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) = 0,075 : 0,21 : 0,3 = 2,5 : 7 : 1 = 5 : 14 : 2$ Брутто-формула вещества X C ₅ H ₁₄ N ₂	1 б
Искомое соединение – алифатический диамин $n(\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2) = 1,53 / 102 = 0,015 \text{ моль}$	
Так как при взаимодействии такого же образца соединения X с избытком раствора азотистой кислоты выделяется при тех же условиях вдвое	

$m(\text{H}_2\text{SO}_4, \text{ оставшейся}) = 0,12 \cdot 98 = 11,76 \text{ г}$	0,5 б
Кроме серной кислоты в растворе будет находить сульфат натрия, образовавшийся в первой и второй реакции. $n_1(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{NaHSO}_3) / 2 = 0,086 / 2 = 0,043 \text{ моль}$ $n_2(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,14 \text{ моль}$ $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,043 + 0,14 = 0,183 \text{ моль. } m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,12 \cdot 142 = 25,986 \text{ г}$	1 б
$m(\text{обр. раствора}) = m(\text{олеума}) + m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NaHSO}_3) - m(\text{CO}_2) - m(\text{SO}_2)$	
$m(\text{CO}_2) = 0,14 \cdot 44 = 6,16 \text{ г}$	0,5 б
$m(\text{SO}_2) = 0,086 \cdot 64 = 5,504 \text{ г}$	0,5 б
$m(\text{образовавшегося раствора}) = 28 + 40 + 112 - 6,16 - 5,504 = 168,336 \text{ г}$	1 б
$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 11,76 / 168,336 = 0,07 \text{ или } 7 \%$	0,5 б
$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 25,986 / 168,336 = 0,154 \text{ или } 15,4 \%$	0,5 б
Итого	14 б

Задание 3.

8,35 г соединения, содержащего 23,35% калия, 47,90% брома и 28,75% кислорода по массе, нагрели при температуре более 450°C с 1,86 г фосфора. Продукты реакции растворили в 150 мл воды и через раствор пропустили 1,92 л аммиака (давление 1 атм, температура 20°C). Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе.

Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Выведена формула исходной соли $\text{K}_x\text{Br}_y\text{O}_z$	2 б
$x : y : z = 23,35/39 : 47,9/80 : 28,75/16 = 0,6 : 0,6 : 1,92 = 1 : 1 : 3$ KBrO_3	
По условию задачи рассчитаны количества веществ бромата калия, фосфора и аммиака	
$n(\text{NH}_3) = pV/RT = 101,3 \cdot 1,92 / 8,31 \cdot 293 = 0,08 \text{ моль}$	1 б
$n(\text{KBrO}_3) = 8,35 / 167 = 0,05 \text{ моль}$	0,5 б
$n(\text{P}) = 1,86 / 31 = 0,06 \text{ моль}$	0,5 б
При нагревании бромата калия с фосфором протекает реакция $5\text{KBrO}_3 + 6\text{P} = 5\text{KBr} + 3\text{P}_2\text{O}_5$	1 б
Бромат калия и фосфор по условию задачи даны в стехиометрическом соотношении, поэтому вступают в реакцию полностью	0,5 б
Продукты реакции	
$n(\text{KBr}) = 0,05 \text{ моль}$	0,5 б
$n(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,03 \text{ моль}$	0,5 б
При растворении продуктов реакции в воде бромид калия растворяется, а оксид фосфора вступает в реакцию с водой $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$	1 б
$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,06 \text{ моль}$	0,5 б
При пропускании аммиака в раствор фосфорной кислоты протекают	

реакции. По соотношению моль фосфорной кислоты и аммиака понятно, что при взаимодействии их возможно образование только кислых солей.	
$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (1)	1 б
$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{NH}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (2)	1 б
Пусть в первую реакцию вступает x моль фосфорной кислоты, во вторую - y моль. Получаем систему из двух уравнений: $x + y = 0,06$ $x + 2y = 0,08$ Решение системы дает: $x = 0,04$ моль; $y = 0,02$ моль	2 б
В растворе содержатся бромид калия, гидрофосфат и дигидрофосфат калия	
$m(\text{KBr}) = 0,05 \cdot 119 = 5,95$ г	0,5 б
$n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,04$ моль $m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 0,04 \cdot 115 = 4,6$ г	0,5 б
$n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0,02$ моль $m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0,02 \cdot 132 = 2,64$ г	0,5 б
$m(\text{обр. раствора}) = m(\text{KBrO}_3) + m(\text{P}) + m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NH}_3)$	
$m(\text{H}_2\text{O}) = 150 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 150$ г	0,5 б
$m(\text{NH}_3) = 0,08 \cdot 17 = 1,36$ г	0,5 б
$m(\text{обр. раствора}) = 8,35 + 1,86 + 150 + 1,36 = 161,57$ г	1 б
$\omega(\text{KBr}) = 5,95 / 161,57 = 0,0368$ или 3,36 %	0,5 б
$\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 4,6 / 161,57 = 0,0285$ или 2,85 %	0,5 б
$\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 2,64 / 161,57 = 0,0163$ или 1,63 %	0,5 б
Итого	17 б

Задание 4.

Твердое белое хорошо растворимое в воде соединение А представляет собой кислоту. При добавлении к раствору вещества А оксида В образуется белое нерастворимое в воде соединение С. При прокаливании соединения С при высокой температуре с углем и песком в отсутствие кислорода образуется простое вещество D, существующее в нескольких аллотропных модификациях. Одна из аллотропных модификаций E способна самовоспламеняться на воздухе. При сгорании простого вещества D на воздухе образуется соединение F, растворяющееся в воде с образованием соединения А, которое способно при взаимодействии со щелочью образовывать три ряда солей. Определите все вещества и напишите уравнения реакций.

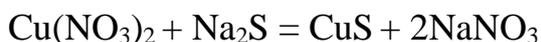
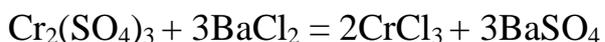
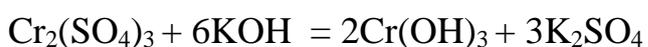
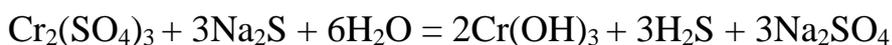
Критерии оценивания:

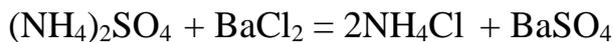
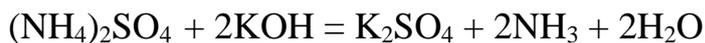
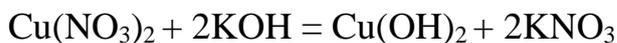
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Определены вещества А, В, С, D, E, F – по 0,5 б	3 б
Написаны уравнения реакций – по 1 б	7 б
Итого:	10 б

Задание 5.

В шести пробирках находятся водные растворы сульфида натрия, сульфата хрома (III), хлорида бария, нитрата меди (II), сульфата аммония, гидроксида калия. Как, не используя никаких других реактивов, распознать, где какой раствор находится? Напишите уравнения протекающих реакций, укажите признаки реакций.

	Na ₂ S	Cr ₂ (SO ₄) ₃	BaCl ₂	Cu(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	KOH
Na ₂ S	—	Cr(OH) ₃ серо-зеленый осадок H ₂ S газ с неприятным запахом	-	CuS черный осадок	-	-
Cr ₂ (SO ₄) ₃	Cr(OH) ₃ серо-зеленый осадок H ₂ S газ с неприятным запахом	—	BaSO ₄ белый осадок	-	-	Cr(OH) ₃ серо-зеленый осадок
BaCl ₂	-	BaSO ₄ белый осадок	—		BaSO ₄ белый осадок	
Cu(NO ₃) ₂	CuS черный осадок	-	-	—	-	Cu(OH) ₂ голубой осадок
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	BaSO ₄ белый осадок	-	—	NH ₃ газ с резким запахом
KOH	-	Cr(OH) ₃ серо-зеленый осадок	-	Cu(OH) ₂ голубой осадок	NH ₃ газ с резким запахом	—





Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Составлен план определения веществ (в виде таблицы или предложено описание)	2,5 б
Составлены уравнения реакций (по 1 б)	7 б
Указаны признаки предложенных реакций (по 0,5 б)	3,5 б
Итого:	13 б

Оценка выполнения участником любого задания **не может быть отрицательной**, минимальная оценка, выставляемая за выполнение отдельно взятого задания **0 баллов**.

Итоговая оценка за выполнение заданий определяется путём сложения суммы баллов, набранных участником за выполнение заданий теоретического тура с последующим приведением к 100 балльной системе (определяется процент выполнения заданий участником от максимально возможного балла за выполнение заданий). Результат вычисления округляется до сотых.

Например.

Участник за выполнение всех заданий набрал 29 баллов.

$$29 / 66 \text{ (максимальный балл за выполнение всех заданий данного класса)} \cdot 100 = 43,94.$$