

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
(муниципальный этап)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР
возрастная группа (11 классы)

Решения и система оценивания**Максимальная оценка – 46 баллов****Задание 1.**

Ионы, образованные разными элементами, имеют каждый по 18 электронов. В одном из ионов содержится 17 протонов, число протонов в другом ионе отличается на 3. Приведите формулу вещества, образованного этими ионами.

Максимальный балл – 5.**Решение и критерии оценивания:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Определены ионы химических элементов по 2 б.	4 б
Составлена формула вещества, образованного этими ионами	1 б
Итого:	5 б

Задание 2.

2,74 г неизвестного металла, имеющего в соединениях постоянную степень окисления +2, нагрели и внесли в колбу с газом, полученным при взаимодействии 36,5%-ного раствора соляной кислоты (плотность 1,19 г/мл) и перманганата калия. Твердый продукт реакции растворили в воде и добавили избыток раствора сульфата натрия, в результате образовался осадок массой 4,66 г. Рассчитайте массу использованного перманганата калия и объем использованного раствора соляной кислоты. Какой металл использовали в опыте?

Максимальный балл – 8.**Решение и критерии оценивания:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Составим уравнения реакций:	
$2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ (1)	1 б
$\text{Me} + \text{Cl}_2 = \text{MeCl}_2$ (2)	0,5 б
$\text{MeCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{MeSO}_4 + 2\text{NaCl}$ (3)	0,5 б
По уравнению реакции (2): $n(\text{Me}) = n(\text{MeCl}_2)$	

По уравнению реакции (3): $n(\text{MeSO}_4) = n(\text{MeCl}_2)$	
Следовательно, $n(\text{Me}) = n(\text{MeSO}_4)$	
Пусть молярная масса металла = X	2 б
$2,74 / X = 4,66 / (X + 96), \quad X = 137$ Металл - барий	
$n(\text{Ba}) = 2,74 / 137 = 0,02$ моль	0,5 б
По уравнению реакции (2): $n(\text{Ba}) = n(\text{Cl}_2) = 0,02$ моль	0,5 б
По уравнению (1) $n(\text{KMnO}_4) = 0,4n(\text{Cl}_2) = 0,008$ моль	0,5 б
$m(\text{KMnO}_4) = 0,008 \cdot 158 = 1,264$ г	0,5 б
По уравнению (1) $n(\text{HCl}) = 3,2n(\text{Cl}_2) = 0,064$ моль	0,5 б
$m(\text{HCl}) = 0,064 \cdot 36,5 = 2,336$ г	0,5 б
$m(\text{p-ра HCl}) = 2,336 / 0,365 = 6,4$ г	0,5 б
$V(\text{p-ра HCl}) = 6,4 / 1,19 = 5,4$ мл	0,5 б
Итого:	8 б

Задание 3.

При окислении смеси бензола и метилбензола подкисленным раствором перманганата калия образовалось 8,54 г одноосновной кислоты. При взаимодействии этой кислоты с избытком гидрокарбоната натрия выделяется газ, который занимает объем в 19 раз меньший, чем газ, образовавшийся при полном сгорании такого же количества исходной смеси углеводородов. Найдите массовые доли веществ в исходной смеси.

Максимальный балл – 9.

Решение и критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
В реакции окисления участвует только метилбензол, при этом образуется безойная кислота.	0,5 б
$5\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 9\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH} + 6\text{MnSO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 14\text{H}_2\text{O}$ (1)	1 б
$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}) = 8,54 \text{ г} / 122 \text{ г/моль} = 0,07$ моль	0,5 б
$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}) = 0,07$ моль	0,5 б
$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{-COONa} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (2)	0,5 б
По уравнению (2) $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}) = n_2(\text{CO}_2) = 0,07$ моль	0,5 б
Уравнения реакций горения: $2\text{C}_6\text{H}_6 + 15\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (3)	0,5 б
$\text{C}_7\text{H}_8 + 11\text{O}_2 \rightarrow 7\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ (4)	0,5 б
По условию задачи $V(\text{CO}_2)$, образовавшегося при реакциях горения, в 19 раз больше $V_2(\text{CO}_2)$, образовавшегося при протекании 2 реакции $V(\text{CO}_2, \text{образ. при реакциях горения}) = 19V_2(\text{CO}_2)$	0,5 б
или $n(\text{CO}_2, \text{образ. при реакции горения}) = 19 \cdot n_2(\text{CO}_2) = 19 \cdot 0,07 =$	0,5 б

1,33 моль	
По 4 уравнению $n_4(\text{CO}_2) : n(\text{C}_7\text{H}_8) = 7 : 1$ $n_4(\text{CO}_2) = 7 \cdot 0,07 = 0,49$ моль	0,5 б
$n_3(\text{CO}_2) = 1,33 - 0,49 = 0,84$ моль	0,5 б
По 3 уравнению $n(\text{CO}_2) : n(\text{C}_6\text{H}_6) = 12 : 2 = 6 : 1$ $n(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,84/6 = 0,14$ моль	0,5 б
$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,14 \cdot 78 = 10,92$ г	0,5 б
$m(\text{C}_7\text{H}_8) = 0,07 \cdot 92 = 6,44$ г	0,5 б
$m(\text{смеси углеводов}) = 10,92 + 6,44 = 17,36$ г	0,5 б
$\omega(\text{C}_7\text{H}_8) = 6,44 / 17,36 = 0,371$ или 37,1%	0,5 б
$\omega(\text{C}_6\text{H}_6) = 63,9\%$	
Итого:	9 б

Задание 4.

Константа равновесия гомогенной системы



равна 50. Вычислите равновесные концентрации реагирующих веществ, если исходные концентрации веществ А и В соответственно равны 0,5 и 0,7 моль /л.

Максимальный балл – 8.**Решение и критерии оценивания:**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
К моменту наступления равновесия прореагировало X моль вещества А,	0,5 б
тогда по уравнению реакции находим, что прореагирует X моль вещества В	0,5 б
и образуется 2X моль вещества С	0,5 б
Найдены равновесные концентрации веществ:	0,5 б
вещества А (0,5 – X) моль/л	0,5 б
вещества В (0,7 – X) моль/л	0,5 б
вещества С 2X моль/л	0,5 б
Выражение для константы равновесия $K_p = [C]^2 / [A] \cdot [B]$	3 б
$50 = (2X)^2 / (0,5 - X) \cdot (0,7 - X) \quad 46X^2 - 60X + 17,5 = 0$	
Решив алгебраическое уравнение, найдем значение X	
X1 = 0,86 (посторонний корень квадратного уравнения, так как изменение концентрации вещества не может быть больше исходной концентрации вещества); X2 = 0,44,	
Равновесные концентрации веществ:	
[A] = 0,5 – 0,44 = 0,06 моль/л	0,5 б

$[B] = 0,7 - 0,44 = 0,26$ моль/л	0,5 б
$[C] = 0,88$ моль/л	0,5 б
Итого:	8 б

Можно составить таблицу изменения концентраций веществ:

Концентрации	А	В	С
С исходные	0,5	0,7	0
изменение С	X	X	2X
С равновесные	0,5 – X	0,7 – X	2X

Задание 5.

В двух колбах находятся растворы солей, содержащих по 3 катиона из набора: Pb^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , Zn^{2+} , NH_4^+ , причем каждый из катионов находится только в одной из колб. Используя универсальную индикаторную бумажка, разбавленные растворы нашатырного спирта, едкого натра, серной кислоты, соляной кислоты,

Предложите план определения этих веществ. Напишите необходимые уравнения реакций, укажите признаки протекающих реакций.

Максимальный балл – 16.

Решение:

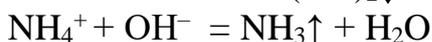
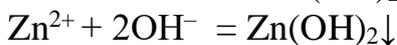
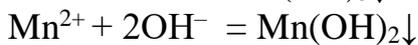
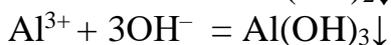
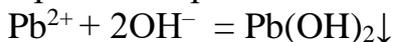
Для опытов отбираем небольшую порцию раствора (аликвоту) из каждой колбы.

Реактив	Pb^{2+}	Al^{3+}	Mn^{2+}	Sr^{2+}	Zn^{2+}	NH_4^+
р-р NaOH	$Pb(OH)_2 \downarrow$ белый	$Al(OH)_3 \downarrow$ белый	$Mn(OH)_2 \downarrow$ розовый	-	$Zn(OH)_2 \downarrow$ белый	$NH_3 \uparrow$
избыток р-ра NaOH	$Pb(OH)_2 \downarrow$ белый	$Na[Al(OH)_4]$ растворение осадка	$Mn(OH)_2 \downarrow$ розовый	-	$Na_2[Zn(OH)_4]$ растворение осадка	-
р-р H_2SO_4	$PbSO_4 \downarrow$ белый	-	-	$SrSO_4 \downarrow$ белый	-	-
р-р HCl	$PbCl_2 \downarrow$ белый	-	-	-	-	-
р-р NH_3	$Pb(OH)_2 \downarrow$ белый	$Al(OH)_3 \downarrow$ белый	$Mn(OH)_2 \downarrow$ розовый	-	$Zn(OH)_2 \downarrow$ белый	-
избыток р-ра NH_3	$Pb(OH)_2 \downarrow$ белый	$Al(OH)_3 \downarrow$ белый	$Mn(OH)_2 \downarrow$ розовый	-	$[Zn(NH_3)_4](OH)_2$ растворение осадка	-

1) Добавляем раствор гидроксида натрия: в четырех пробах будут образовываться осадки ($Pb(OH)_2$, $Al(OH)_3$, $Mn(OH)_2$, $Zn(OH)_2$), из пробирки, содержащей катион аммония, будет выделяться аммиак (определяем по

запаху или по появлению синей окраски влажной универсальной индикаторной бумажки, расположенной над пробиркой с аликвотой).

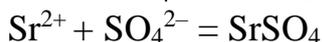
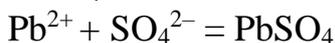
Уравнения реакций:



2) После добавления избытка раствора гидроксида натрия произойдет растворение $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и $\text{Al}(\text{OH})_3$, останутся осадки $\text{Pb}(\text{OH})_2$ и $\text{Mn}(\text{OH})_2$.



3) Добавляем в пробы раствор серной кислоты – образуются осадки PbSO_4 и SrSO_4 .



4) Добавляем в пробы раствор HCl – образуется осадок хлорида свинца.



5) Добавляем в пробы раствор аммиака – определяем катион цинка.

Вначале выпадают осадки $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, затем в избытке раствора аммиака растворяется осадок гидроксида цинка.



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)	5 б
Составлены уравнения реакций (по 0,5 б)	5,5 б
Указаны признаки предложенных реакций (по 0,5 б)	5,5 б
Итого:	16 б