

Всероссийская олимпиада  
школьников по химии  
(региональный этап)  
2019-2020 уч.г.

Разбор заданий

9 класс

# 9 класс

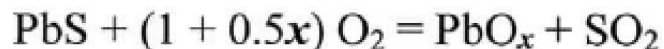
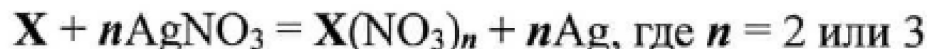
## 1. Химия неизвестного элемента

При пропускании сероводорода через бесцветный раствор вещества  $X_1$  образуется чёрный осадок  $X_2$  (р-ция 1). При длительном прокаливании на воздухе осадок  $X_2$  превращается в оранжево-красный порошок  $X_3$  (р-ция 2), причём из 1 кг  $X_2$  может быть получено 955 г  $X_3$ . При действии на вещество  $X_3$  горячего раствора кислоты  $Y$  наблюдается выделение фиолетовых паров простого вещества и образование слабо окрашенного раствора (р-ция 3), из которого при охлаждении выпадают чешуйчатые золотистые кристаллы  $X_4$ . При обработке вещества  $X_4$  азотной кислотой образуется вещество  $X_1$  (р-ция 4). Также раствор вещества  $X_1$  может быть получен введением пластинки из металла  $X$  массой 30.00 г в 100 г 17.0 %-ного раствора нитрата серебра (р-ция 5). После окончания реакции в растворе осталась только соль  $X_1$ , а масса промытой и высушенной пластинки стала равной 30.44 г.

Вопросы:

- 1) Определите элемент  $X$  и неизвестные вещества  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $Y$ , состав вещества  $X_3$  подтвердите расчетом.
- 2) Запишите уравнения реакций.
- 3) Какое применение находит вещество  $X_3$  в промышленности?

Решение



$X$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y$
Pb	$Pb(NO_3)_2$	PbS	$Pb_3O_4$	$PbI_2$	HI

**Система оценивания:**

1.	Расчет молярной массы элемента $X$ – 2 балла Формулы веществ $X_1$ , $X_2$ , $X_3$ , $X_4$ , $Y$ – по 1 баллу Расчет состава вещества $X_3$ – 2 балла	9 баллов
2.	Уравнения реакций (1–5) по 2 балла	10 баллов
3.	Применение сурика (оценивается только пример промышленного применения)	1 балл
<b>ИТОГО: 20 баллов</b>		

# 9 класс

## 2. Чисто там, где убирают

Убираясь после проведения лабораторной работы на уроке химии, лаборант обнаружил две пробирки с малиновыми растворами. При добавлении серной кислоты раствор 1 не изменил окраски, а раствор 2 обесцветился. При добавлении к исходным растворам горячего водного раствора сульфата аммония в растворе 1 наблюдалось выделение газа без запаха и выпадение коричневого осадка, а в растворе 2 чувствовался запах аммиака, появление осадка не наблюдалось. Оба раствора окрашивают пламя в фиолетовый цвет. При сливании растворов 1 и 2 при комнатной температуре никаких мгновенных видимых изменений не наблюдалось.

Вопросы:

1. Определите какие вещества содержатся в растворах 1 и 2.
2. Запишите уравнения реакций, протекающих при добавлении к раствору 1
  - a) раствора иодида калия, подкисленного серной кислотой,
  - b) сернистого газа,
  - c) горячего водного раствора аммиака.
3. Запишите уравнение реакции, происходящий при взаимодействии алюминия с избытком раствора 2.
4. Какие изменения могут произойти со временем в растворе, полученном смешением растворов 1 и 2?

Запишите уравнение реакции.

5. Какое применение находят вещества, окрашивающие растворы 1 и 2?

## Решение

Раствор 1 - это раствор перманганата калия, а раствор 2 – раствор гидроксида калия, с добавленным в него фенолфталеином.

### Система оценивания:

<b>1</b>	<b>Определение состава растворов 1 и 2 – по 4 балла</b>	<b>8 баллов</b>
<b>2.</b>	<b>Уравнения реакций (а–с) по 2 балла</b>	<b>6 баллов</b>
<b>3.</b>	<b>Уравнение реакции с алюминием</b>	<b>2 балла</b>
<b>4.</b>	<b>Реакция разложения перманганата в щелочной среде</b> <i>Реакция разложения манганата(VI) не оценивается.</i>	<b>2 балла</b>
<b>5.</b>	<b>Применение веществ по 1 баллу</b>	<b>2 балла</b>
<b>ИТОГО: 20 баллов</b>		

# 9 класс

3. Фосфор при взаимодействии с избытком газа А образует твёрдое вещество Б (р-ция 1). Которое состоит из ионов  $X^+$  и  $Y^-$ , образованных из одних и тех же двух элементов. При нагревании Б плавится, причём расплав состоит из молекул, имеющих форму тригональной бипирамиды (см. рис.). Нагревание выше точки кипения приводит к частичному обратимому разложению Б на газообразные вещества А и В (р-ция 2). Причем плотность газа Б в 2.94 раза выше, чем А при одинаковых условиях.

1. Определите формулы веществ А, Б и В. Запишите уравнения реакций получения и разложения Б.

2. Из каких ионов  $X^+$  и  $Y^-$  состоит А в твердом состоянии?

3. Рассчитайте степень разложения Б при 250 °С (то есть долю Б, которая разложилась) и состав смеси А, Б и В (в мольных %), если плотность газообразной смеси, полученной из Б нагреванием до этой температуры, по А равна 1.65.

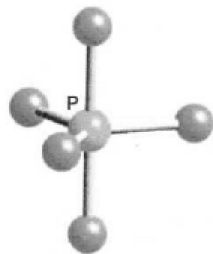
И Б, и В бурно реагируют с водой (р-ции 3 и 4) с образованием растворов, содержащих сильную кислоту Г и кислоты Д (в случае Б) и Е (в случае В). При пропускании газа А через раствор Е образуются Г и Д (р-ция 5). При длительном контакте Б с влажным воздухом образуется жидкое вещество Ж молекулярного строения (р-ция 6), которое в промышленности получается взаимодействием В с простым газообразным веществом З (р-ция 7). Молекулы Ж имеют такую же геометрическую форму, как и ион  $X^+$ .

4. О каких веществах Г - З идет речь? Определите их формулы и запишите уравнения пяти описанных реакций.

Более сложными методами можно получить твердое вещество Б', состоящее из катионов  $X^+$  и анионов  $Y^-$  и  $Z^-$  в мольном отношении  $Y^- : Z^- = 1 : 1$ . Известно, что один из них образуется при растворении Б в воде.

5. Определите оставшийся ион  $Z^-$ . Запишите формулу Б' в виде совокупности ионов, учитывая, что количества анионов в составе Б' равны.

## Решение



$PM_5$  – формула молекулы Б.

М – хлор, А –  $Cl_2$ , Б –  $PCl_5$ ,

В –  $PCl_3$ , Г –  $HCl$ , Д –  $H_3PO_4$ ,

Е –  $H_3PO_3$ , Ж –  $POCl_3$ , З –  $O_2$ .

$X^+ - PCl_4^+$ ,  $Y^- - PCl_6^-$ ,  $Z^- - Cl^-$ .

Б' –  $(PCl_4^+)_2(PCl_6^-)(Cl^-)$ , 2:1:1.

Молекула Б

### Система оценивания:

1.	Формулы А, Б, В – по 1 баллу Уравнения реакций 1 и 2 – по 0.5 балла	4 балла
2.	Формулы ионов $X^+$ , $Y^-$ – по 1 баллу	2 балла
3.	Мольные доли А, Б, В в смеси – по 0.5 балла Степень разложения – 2 балла	3.5 балла
4.	Формулы Г, Д, Е, Ж, З – по 1 баллу Уравнения реакций 3 - 7 – по 0.5 балла	7.5 балла
5.	Формула $Z^-$ – 1 балл Соотношение количеств ионов в формуле Б' – 2 балла	3 балла

**ИТОГО: 20 баллов**

# 9 класс

## 4. «Точно так же»

Неорганическое вещество X получают в лаборатории пропусканием хлора в горячий раствор гидроксида калия (р-ция 1). Выпадающие кристаллы кислородсодержащей соли X отфильтровывают и подвергают перекристаллизации. Растворимость X при 0 °С составляет 3.3 г соли на 100 г воды, а при 100 °С 56.2 г на 100 г воды.

С очищенной перекристаллизацией солью X провели 4 опыта:

А) X нагрели с диоксидом марганца в присутствии твердого гидроксида калия (р-ция 2), продукты реакции растворились в воде без остатка с образованием темно-зеленого раствора, со временем изменяющего окраску с выпадением коричневого осадка (р-ция 3).

Б) Нагревание X с диоксидом марганца без щелочи (р-ция 4) приводит к остатку, частично растворимому в воде, образующийся раствор не окрашен и со временем никаких изменений с ним не происходит. Если к твердому остатку разложения прибавить концентрированную серную кислоту - выделяется газ желто-зеленого цвета (р-ция 5).

В) Если к X прибавить концентрированную серную кислоту выделяется другой газ желтого цвета (р-ция 6), реагирующий с горячим раствором гидроксида калия (р-ция 7) с образованием бесцветного раствора.

Г) Взаимодействие X с красным фосфором сопровождается взрывом, при этом образуется белый твердый остаток (р-ция 8), растворимый в воде.

Водный раствор щелочи А массой 70.4 г нагревали со стехиометрическим количеством галогена В (р-ция 9), в полученном растворе массовые доли солей равны 26.31 % и 8.165 %.

Вопросы:

1. Напишите уравнения реакций 1-9. Укажите тривиальное название X .
2. Какую окраску приобретает раствор по окончании р-ции 3? Где в быту используется р-ция 8?
3. Определите минимальную массу воды  $m_1$  которой растворится 15 г соли X при 100 °С. Рассчитайте сколько граммов безводной соли  $m_2$  можно получить из 58 г насыщенного при 100 °С раствора при его охлаждении до 0 °С.
4. Определите вещества А, В и массовую долю  $\omega$  щелочи в растворе А.

# 9 класс

## Решение



Масса воды для растворения 15 г соли определяется из пропорции:

15 г соли –  $m_1$  воды

56.2 г соли - 100 г воды, откуда  $m_1 = 100 (15/56.2) = 26.7$  г.

$m$  – масса воды, а  $m_{c1}$  – масса соли в 58 г горячего раствора, в таком случае:  $m_{c1} + m = 58$ ,

в то же время по пропорции  $m_{c1} = 56.2 \cdot (m/100) = 0.562m$ ,

откуда  $0.562m + m = 58$ ,  $m = 37.13$  г.

$m$  г воды – выпадет  $m_2$  соли

100 г воды – выпадет (56.2 — 3.3) г соли,

откуда  $m_2 = 52.9 \cdot (37.13/100) = 19.6$  г.

Пусть  $A = \text{YOH}$ ,  $B = \text{Z}_2$



$m(\text{YZ})/m(\text{YZO}_3) = 5M(\text{YZ})/(48 + M(\text{YZ})) = 26.31 \% / 8.165 \% = 3.222$ , откуда  $M(\text{YZ}) = 87.0$  г/моль.

$A = \text{LiOH}$ ,  $B = \text{Br}_2$

### Система оценивания:

1	9 уравнений реакций по 1 баллу – 9 баллов Тривиальное название «бертолетова соль» для $\text{KClO}_3$ – 1 балл	10 баллов
2	Указание на малиновую окраску раствора реакции 3 – 1 балл Применение реакции 8 в быту – 1 балл	2 балла
3	Определение массы воды $m_1$ – 2 балла Определение масса $m_2$ – 2 балла	4 балла
4	Определение веществ А и В по 1 баллу Определение массовой доли $\text{LiOH}$ – 2 балл	4 балла
<b>Итого: 20 баллов</b>		

# 9 класс

## 5. Термохимия и взаимные превращения атмосферных газов

Газы X и Y в очень незначительных количествах присутствуют в атмосфере Земли. Содержание X равно  $5.0 \cdot 10^{-5}\%$  по объёму и  $3.5 \cdot 10^{-6}\%$  по массе, для Y значения этих же величин составляют  $3.0 \cdot 10^{-5} \%$  и  $5.0 \cdot 10^{-5} \%$  соответственно.

1. Определите неизвестные вещества X и Y. Ответ подтвердите расчётом.

Некоторые термохимические характеристики данных веществ приведены в таблице:

Вещество	X	Y
Теплота образования, $\text{кДж/моль}$	0	-142
Теплота сгорания с образованием газообразных продуктов, $\text{кДж/моль}$	242	—
Энергия, необходимая для диссоциации на атомы, $\text{кДж/моль}$	436	605

Газ Y может быть получен из вещества Z (р-ция 1), молекула которого содержит два атома. Z легко взаимодействует с X с образованием соединения N (р-ция 2). Вещества N и Z также содержатся в атмосфере Земли.

2. Запишите термохимические уравнения р-ций 1 и 2.

3. Рассчитайте энергию связи в молекуле Z.

4. Рассчитайте энергию каждой связи в молекуле N.

Одним из лабораторных способов получения Z является разложение вещества M, состоящего из тех же элементов, что и N (реакция 3).

5. Запишите уравнение реакции 3.

Учёными достаточно давно высказывались предположения о существовании изомера Y - Y\*. В 1998 году удалось зафиксировать Y\* на поверхности оксида магния.

6. Изобразите структурные формулы Y и Y\*.

*Указание: Термохимическим уравнением называется запись уравнения химической реакции с указанием агрегатного состояния веществ и теплового эффекта реакции.*

# 9 класс

## Решение

Из 1 моль воздуха рассчитывается молярная масса X и Y.

X – H<sub>2</sub>, Y – O<sub>3</sub>



$$-142 = -1.5 \cdot E(\text{O}=\text{O}) + 605$$

$$E(\text{O}=\text{O}) = 498 \text{ кДж/моль.}$$

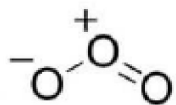
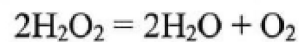


$$242 = \sum E(\text{обр.связей}) - \sum E(\text{разр.связей}) = 2E(\text{O-H}) - 0.5E(\text{O}=\text{O}) - E(\text{H-H}) =$$

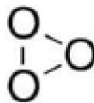
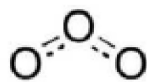
$$= 2E(\text{O-H}) - 0.5 \cdot 498 - 436$$

$$E(\text{O-H}) = 463.5 \text{ кДж/моль.}$$

Соединение **M** – пероксид водорода, который разлагается по уравнению:



Y



Y\*



# 9 класс

## Система оценивания:

1.	По 2 балла за расчёт и по 1 баллу за формулы X и Y.	<b>6 баллов</b>
2.	По 2 балла за каждое термохимическое уравнение. <i>При отсутствии теплового эффекта ставится 1 балл за каждое уравнение; отсутствие агрегатных состояний штрафуются 0.5 баллами за каждое уравнение. Размерность «кДж/моль» в термохимических уравнениях принимается.</i>	<b>4 балла</b>
3.	2 балла за правильное значение, 1 балл за представление реакции в виде суммы других реакций или за запись теплоты через энергии связи. <i>Принимается любой разумный способ расчёта, даже отличный от того, который приведен в решении.</i>	<b>3 балла</b>
4.	2 балла за правильное значение, 1 балл за представление реакции в виде суммы других реакций или за запись теплоты через энергии связи. <i>Принимается любой разумный способ расчёта, даже отличный от того, который приведен в решении.</i>	<b>3 балла</b>
5.	2 балла за уравнение (схема – 1 балл).	<b>2 балла</b>
6.	По 1 баллу за структуры Y и Y*; <i>для Y засчитывается любая из структур, даже без указания зарядов.</i>	<b>2 балла</b>
<b><u>ИТОГО:</u> 20 баллов</b>		