

Каждое задание – 10 баллов

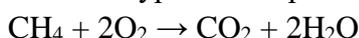
Всего за 10 заданий – 100 баллов

№ 1-1. Имеется стехиометрическая смесь метана и кислорода. Эту смесь подожгли, твердых продуктов реакции не образовалось, продукты реакции могут полностью поглощаться известковой водой. Определите отношение молярной массы газообразных продуктов реакции сгорания, приведенных к н.у., к средней молярной массе исходной смеси. В ответе запишите число, округлив его до сотых.

Ответ: 1,65 (10 баллов)

Решение:

- 1) Запишем уравнение реакции между метаном и кислородом:



Так как указано, что твердых продуктов реакции не образовалось, то в продуктах реакции не может быть простого вещества углерода.

- 2) При н.у. вода не может быть в газообразном состоянии, поэтому газообразный продукт реакции – углекислый газ, его молярная масса равна 44 г/моль.

- 3) Объёмные доли газов в исходной смеси можно определить по уравнению реакции:

$$\varphi(\text{CH}_4) = 1/3; \varphi(\text{O}_2) = 2/3$$

- 4) Найдем среднюю молярную массу смеси:

$$M(\text{смесь}) = M(\text{CH}_4) \cdot \varphi(\text{CH}_4) + M(\text{O}_2) \cdot \varphi(\text{O}_2) = 16 \text{ г/моль} \cdot 0,333 + 32 \cdot 0,667 \approx 26,667 \text{ г/моль}$$

- 5) Отношение молярной массы углекислого газа к молярной массе исходной смеси равно:

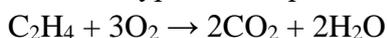
$$M(\text{CO}_2) : M(\text{смесь}) = 44 \text{ г/моль} : 26,667 \text{ г/моль} = 1,65$$

№ 1-2. Имеется стехиометрическая смесь этена C_2H_4 и кислорода. Эту смесь подожгли, твердых продуктов реакции не образовалось, продукты реакции могут полностью поглощаться известковой водой. Определите отношение молярной массы газообразных продуктов реакции сгорания, приведенных к н.у., к средней молярной массе исходной смеси. В ответе запишите число, округлив его до сотых.

Ответ: 1,42 (10 баллов)

Решение:

- 1) Запишем уравнение реакции между этеном и кислородом:



Так как указано, что твердых продуктов реакции не образовалось, то в продуктах реакции не может быть простого вещества углерода.

- 2) При н.у. вода не может быть в газообразном состоянии, поэтому газообразный продукт реакции – углекислый газ, его молярная масса равна 44 г/моль.

- 3) Объёмные доли газов в исходной смеси можно определить по уравнению реакции:

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 1/4; \varphi(\text{O}_2) = 3/4$$

- 4) Найдем среднюю молярную массу смеси:

$$M(\text{смесь}) = M(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot \varphi(\text{C}_2\text{H}_4) + M(\text{O}_2) \cdot \varphi(\text{O}_2) = 28 \text{ г/моль} \cdot 0,25 + 32 \cdot 0,75 = 31 \text{ г/моль}$$

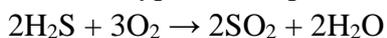
- 5) Отношение молярной массы углекислого газа к молярной массе исходной смеси равно:

$$M(\text{CO}_2) : M(\text{смесь}) = 44 \text{ г/моль} : 31 \text{ г/моль} \approx 1,42$$

№ 1-3. Имеется стехиометрическая смесь сероводорода и кислорода. Эту смесь подожгли, твердых продуктов реакции не образовалось, продукты реакции могут полностью поглощаться известковой водой. Определите отношение молярной массы газообразных продуктов реакции сгорания, приведенных к н.у., к средней молярной массе исходной смеси. В ответе запишите число, округлив его до сотых.

Ответ: 1,95 (10 баллов)

1) Запишем уравнение реакции между сероводородом и кислородом:



Так как указано, что твердых продуктов реакции не образовалось, то в продуктах реакции не может быть простого вещества серы.

2) При н.у. вода не может быть в газообразном состоянии, поэтому газообразный продукт реакции – сернистый газ, его молярная масса равна 64 г/моль.

3) Объёмные доли газов в исходной смеси можно определить по уравнению реакции:

$$\varphi(\text{H}_2\text{S}) = 2/5; \varphi(\text{O}_2) = 3/5$$

4) Найдем среднюю молярную массу смеси:

$$M(\text{смесь}) = M(\text{H}_2\text{S}) \cdot \varphi(\text{H}_2\text{S}) + M(\text{O}_2) \cdot \varphi(\text{O}_2) = 34 \text{ г/моль} \cdot 0,4 + 32 \cdot 0,6 = 32,8 \text{ г/моль}$$

5) Отношение молярной массы сернистого газа к молярной массе исходной смеси равно:

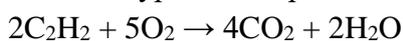
$$M(\text{SO}_2) : M(\text{смесь}) = 64 \text{ г/моль} : 32,8 \text{ г/моль} \approx 1,95$$

№ 1-4. Имеется стехиометрическая смесь ацетиленом C_2H_2 и кислорода. Эту смесь подожгли, твердых продуктов реакции не образовалось, продукты реакции могут полностью поглощаться известковой водой. Определите отношение молярной массы газообразных продуктов реакции сгорания, приведенных к н.у., к средней молярной массе исходной смеси. В ответе запишите число, округлив его до сотых.

Ответ: 1,45 (10 баллов)

Решение:

1) Запишем уравнение реакции между ацетиленом и кислородом:



Так как указано, что твердых продуктов реакции не образовалось, то в продуктах реакции не может быть простого вещества углерода.

2) При н.у. вода не может быть в газообразном состоянии, поэтому газообразный продукт реакции – углекислый газ, его молярная масса равна 44 г/моль.

3) Объёмные доли газов в исходной смеси можно определить по уравнению реакции:

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 2/7; \varphi(\text{O}_2) = 5/7$$

4) Найдем среднюю молярную массу смеси:

$$M(\text{смесь}) = M(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot \varphi(\text{C}_2\text{H}_2) + M(\text{O}_2) \cdot \varphi(\text{O}_2) = 26 \text{ г/моль} \cdot 0,2857 + 32 \cdot 0,7143 \approx 30,2857 \text{ г/моль}$$

5) Отношение молярной массы углекислого газа к молярной массе исходной смеси равно:

$$M(\text{CO}_2) : M(\text{смесь}) = 44 \text{ г/моль} : 30,2857 \text{ г/моль} \approx 1,45$$

№ 2-1.

6,72 л (н.у.) углекислого газа пропустили через 400 г 3,7%-ного раствора гидроксида кальция. Рассчитайте массовую долю соли (%) в образовавшемся растворе. В ответ запишите число, округлив его до *десятых*, знак % указывать не нужно.

Ответ: 4 (10 баллов)

Решение:

$$v(\text{CO}_2) = 6,72/22,4 = 0,3 \text{ моль}$$

$$v(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 400 \cdot 0,037/74 = 0,2 \text{ моль}$$

$v(\text{CO}_2) : v(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,3 : 0,2 = 3 : 2$, тогда уравнение реакции будет иметь вид



В растворе остается только гидрокарбонат кальция, тогда

$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 0,1 \cdot 162 = 16,2 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = m_{\text{р-ра}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) + m(\text{CO}_2) - m(\text{CaCO}_3) = 400 + 0,3 \cdot 44 - 0,1 \cdot 100 = 403,2 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 16,2/403,2 = 0,04 \text{ (4\%)}$$

№ 2-2.

13,44 л (н.у.) углекислого газа пропустили через 900 г 7,6%-ного раствора гидроксида бария. Рассчитайте массовую долю соли (%) в образовавшемся растворе. В ответ запишите число, округлив его до *десятых*, знак % указывать не нужно.

Ответ: 5,8 (10 баллов)

Решение:

$$v(\text{CO}_2) = 13,44/22,4 = 0,6 \text{ моль}$$

$$v(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 900 \cdot 0,076/171 = 0,4 \text{ моль}$$

$v(\text{CO}_2) : v(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,6 : 0,4 = 3 : 2$, тогда уравнение реакции будет иметь вид



В растворе остается только гидрокарбонат бария, тогда

$$m(\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2) = 0,2 \cdot 259 = 51,8 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = m_{\text{р-ра}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) + m(\text{CO}_2) - m(\text{BaCO}_3) = 900 + 0,6 \cdot 44 - 0,2 \cdot 197 = 887 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2) = 51,8/887 = 0,058 \text{ (5,8\%)}$$

№ -2-3.

22,4 л (н.у.) углекислого газа пропустили через 600 г 7,4%-ного раствора гидроксида кальция. Рассчитайте массовую долю соли (%) в образовавшемся растворе. В ответ запишите число, округлив его до *десятых*, знак % указывать не нужно.

Ответ: 10,4 (10 баллов)

Решение:

$$\nu(\text{CO}_2) = 22,4/22,4 = 1 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 600 \cdot 0,074/74 = 0,6 \text{ моль}$$

$\nu(\text{CO}_2) : \nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 1 : 0,6 = 5 : 3$, тогда уравнение реакции будет иметь вид



В растворе остается только гидрокарбонат кальция, тогда

$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 0,4 \cdot 162 = 64,8 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = m_{\text{р-ра}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) + m(\text{CO}_2) - m(\text{CaCO}_3) = 600 + 1 \cdot 44 - 0,2 \cdot 100 = 624 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 64,8/624 = 0,104 \text{ (10,4\%)}$$

№ -2-4.

16,8 л (н.у.) углекислого газа пропустили через 1,5 кг 5,13%-ного раствора гидроксида бария. Рассчитайте массовую долю соли (%) в образовавшемся растворе. В ответ запишите число, округлив его до *десятых*, знак % указывать не нужно.

Ответ: 5,2 (10 баллов)

Решение:

$$\nu(\text{CO}_2) = 16,8/22,4 = 0,75 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 1500 \cdot 0,0513/171 = 0,45 \text{ моль}$$

$\nu(\text{CO}_2) : \nu(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,75 : 0,45 = 5 : 3$, тогда уравнение реакции будет иметь вид



В растворе остается только гидрокарбонат бария, тогда

$$m(\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2) = 0,3 \cdot 259 = 77,7 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = m_{\text{р-ра}}(\text{Ba}(\text{OH})_2) + m(\text{CO}_2) - m(\text{BaCO}_3) = 1500 + 0,75 \cdot 44 - 0,15 \cdot 197 = 1503,45 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2) = 77,7/1503,45 = 0,052 \text{ (5,2\%)}$$

№ -3-1.

Имеется шесть пронумерованных химических стаканов, в которых находятся:

- 1) Раствор фторида натрия объёмом 200 мл и концентрацией 0,1 моль/л
- 2) Раствор бромида кальция объёмом 200 мл и концентрацией 0,1 моль/л
- 3) Раствор плавиковой кислоты объёмом 200 мл и концентрацией 0,1 моль/л
- 4) Раствор ортофосфата натрия объёмом 200 мл и концентрацией 0,1 моль/л
- 5) Дистиллированная вода объёмом 200 мл
- 6) Раствор сульфата алюминия объёмом 200 мл и концентрацией 0,1 моль/л

Со всеми шестью растворами проделали классический опыт по качественному определению электропроводности раствора. Для этого в каждый стакан опустили два электрода, соединённых с источником постоянного тока и электрической лампочкой (все элементы цепи соединены последовательно). На электроды подали достаточно высокое напряжение. Яркость свечения лампочки зависит от сопротивления раствора, а оно в свою очередь от концентрации ионов в растворе. Расположите стаканы и их содержимое по возрастанию числа ионов в растворе. В ответе запишите последовательность чисел без пробелов и знаков препинания. Например, так: 123456

Ответ: 531246 (10 баллов)

№ -3-2.

Имеется шесть пронумерованных химических стаканов, в которых находятся:

- 1) Раствор гидрокарбоната натрия объёмом 200 мл и концентрацией 0,1 моль/л
- 2) Дистиллированная вода объёмом 200 мл
- 3) Раствор карбоната натрия объёмом 200 мл и концентрацией 0,1 моль/л
- 4) Раствор сероводородной кислоты объёмом 200 мл и концентрацией 0,1 моль/л
- 5) Раствор ортофосфата калия объёмом 200 мл и концентрацией 0,1 моль/л
- 6) Раствор сульфата хрома(III) объёмом 200 мл и концентрацией 0,1 моль/л

Со всеми шестью растворами проделали классический опыт по качественному определению электропроводности раствора. Для этого в каждый стакан опустили два электрода, соединённых с источником постоянного тока и электрической лампочкой (все элементы цепи соединены последовательно). На электроды подали достаточно высокое напряжение. Яркость свечения лампочки зависит от сопротивления раствора, а оно в свою очередь от концентрации ионов в растворе. Расположите стаканы и их содержимое по возрастанию числа ионов в растворе. В ответе запишите последовательность чисел без пробелов и знаков препинания. Например, так: 123456

Ответ: 241356 (10 баллов)

№ 3-3.

Имеется шесть пронумерованных химических стаканов, в которых находятся:

- 1) Раствор уксусной кислоты объёмом 200 мл и концентрацией 0,01 моль/л
- 2) Раствор нитрата алюминия объёмом 200 мл и концентрацией 0,01 моль/л
- 3) Раствор сульфата железа(II) объёмом 200 мл и концентрацией 0,01 моль/л
- 4) Раствор гидроксида бария объёмом 200 мл и концентрацией 0,01 моль/л
- 5) Раствор сульфата железа(III) объёмом 200 мл и концентрацией 0,01 моль/л
- 6) Дистиллированная вода объёмом 200 мл

Со всеми шестью растворами проделали классический опыт по качественному определению электропроводности раствора. Для этого в каждый стакан опустили два электрода, соединенных с источником постоянного тока и электрической лампочкой (все элементы цепи соединены последовательно). На электроды подали достаточно высокое напряжение. Яркость свечения лампочки зависит от сопротивления раствора, а оно в свою очередь от концентрации ионов в растворе. Расположите стаканы и их содержимое по возрастанию числа ионов в растворе. В ответе запишите последовательность чисел без пробелов и знаков препинания. Например, так: 123456

Ответ: 613425 (10 баллов)

№ 3-4.

Имеется шесть пронумерованных химических стаканов, в которых находятся:

- 1) Дистиллированная вода объёмом 200 мл
- 2) Раствор гидроортофосфата натрия объёмом 200 мл и концентрацией 0,01 моль/л
- 3) Раствор хлорида алюминия объёмом 200 мл и концентрацией 0,01 моль/л
- 4) Раствор сульфата магния объёмом 200 мл и концентрацией 0,01 моль/л
- 5) Раствор плавиковой кислоты объёмом 200 мл и концентрацией 0,01 моль/л
- 6) Раствор сульфата алюминия объёмом 200 мл и концентрацией 0,01 моль/л

Со всеми шестью растворами проделали классический опыт по качественному определению электропроводности раствора. Для этого в каждый стакан опустили два электрода, соединенных с источником постоянного тока и электрической лампочкой (все элементы цепи соединены последовательно). На электроды подали достаточно высокое напряжение. Яркость свечения лампочки зависит от сопротивления раствора, а оно в свою очередь от концентрации ионов в растворе. Расположите стаканы и их содержимое по возрастанию числа ионов в растворе. В ответе запишите последовательность чисел без пробелов и знаков препинания. Например, так: 123456

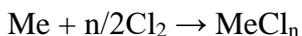
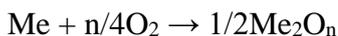
Ответ: 154236 (10 баллов)

№ 4-1.

Навеску неизвестного металла разделили на две равные части. Первую часть сожгли в избытке кислорода, а вторую в избытке хлора, при этом степень окисления металла в обоих продуктах одинаковая. Определите неизвестный металл, если известно, что масса одного продукта больше массы другого на 108,6%. В ответ запишите порядковый номер металла в Периодической системе химических элементов Д.И.Менделеева.

Ответ: 24 (10 баллов)

Решение:



Масса хлорида больше массы оксида, тогда можно составить уравнение:

$$0,5 \cdot 2,086 \cdot (2M_{\text{Me}} + 16n) = M_{\text{Me}} + 35,5n$$

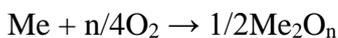
$M_{\text{Me}} = 17,32n$, при $n = 3$, $M_{\text{Me}} \approx 52$ г/моль, что соответствует хрому (24 номер)

№ 4-2.

Навеску неизвестного металла разделили на две равные части. Первую часть сожгли в избытке кислорода, а вторую в избытке брома, при этом степень окисления металла в обоих продуктах одинаковая. Определите неизвестный металл, если известно, что масса одного продукта больше массы другого на 181%. В ответ запишите порядковый номер металла в Периодической системе химических элементов Д.И.Менделеева.

Ответ: 29 (10 баллов)

Решение:



Масса бромида больше массы оксида, тогда можно составить уравнение:

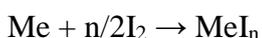
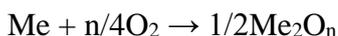
$$0,5 \cdot 2,81 \cdot (2M_{\text{Me}} + 16n) = M_{\text{Me}} + 80n$$

$M_{\text{Me}} = 31,78n$, при $n = 2$, $M_{\text{Me}} = 63,56$ г/моль, что соответствует меди (29 номер)

№ 4-3.

Навеску неизвестного металла разделили на две равные части. Первую часть сожгли в избытке кислорода, а вторую в избытке иода, при этом степень окисления металла в обоих продуктах одинаковая. Определите неизвестный металл, если известно, что масса одного продукта больше массы другого на 700%. В ответ запишите порядковый номер металла в Периодической системе химических элементов Д.И.Менделеева.

Ответ: 13 (10 баллов)

Решение:

Масса иодида больше массы оксида, тогда можно составить уравнение:

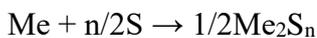
$$0,5 \cdot 8 \cdot (2M_{\text{Me}} + 16n) = M_{\text{Me}} + 127n$$

$M_{\text{Me}} = 9n$, при $n = 3$, $M_{\text{Me}} = 27$ г/моль, что соответствует алюминию (13 номер)

№ 4-4.

Навеску неизвестного металла разделили на две равные части. Первую часть сожгли в избытке брома, а вторую сплавили с избытком серы, при этом степень окисления металла в обоих продуктах одинаковая. Определите неизвестный металл, если известно, что масса одного продукта больше массы другого на 132%. В ответ запишите порядковый номер металла в Периодической системе химических элементов Д.И.Менделеева.

Ответ: 30 (10 баллов)

Решение:

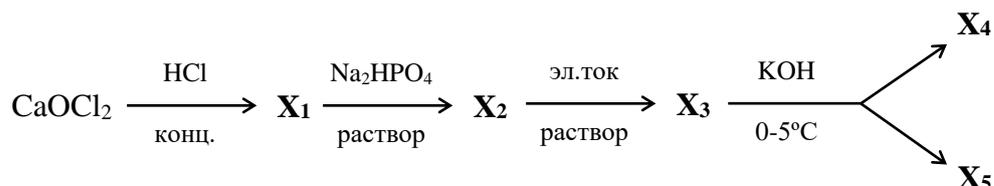
Масса бромиды больше массы сульфида, тогда можно составить уравнение:

$$0,5 \cdot 2,32 \cdot (2M_{\text{Me}} + 32n) = M_{\text{Me}} + 80n$$

$M_{\text{Me}} = 32,5n$, при $n = 2$, $M_{\text{Me}} = 65$ г/моль, что соответствует цинку (30 номер)

№ 5-1.

Ниже приведена цепочка превращений. Все вещества **X₁-X₅** содержат атомы одного элемента. В ответе укажите массовую долю этого элемента в **X₁**, а также в одном из веществ **X₄** или **X₅**, у которого молярная масса наибольшая. Ответ дайте в процентах с точностью до десятых. Атомные массы элементов необходимо округлять до целых, кроме хлора ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$). В ответе запишите только число, округлив его до *десятых*, а знак % указывать не нужно.

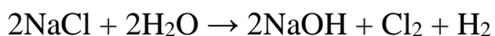
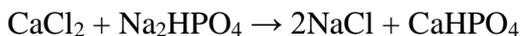
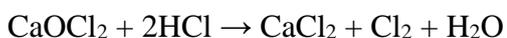


Ответ: массовая доля элемента в **X₁**: 64,0 (5 баллов)

 массовая доля элемента в **X₄ / X₅**: 39,2 (5 баллов)

Решение:

1) Уравнения протекающих реакций:



2) Вещество **X₁** – хлорид кальция, так как содержит хлор и может реагировать с гидроортофосфатом натрия. Массовая доля хлора в нём равна:

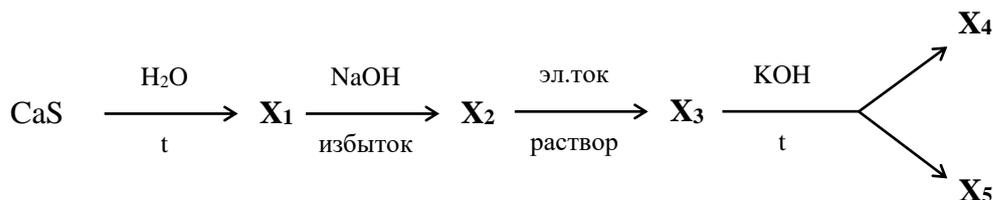
$$\omega(\text{Cl}) = 71 : (40 + 71) \cdot 100\% \approx 64,0\%$$

3) Элемент, атомы которого есть во всех веществах **X₁-X₅**, – это хлор. Выбираем из **X₄** и **X₅** вещество с большей молярной массой – это гипохлорит калия **KClO**. Массовая доля хлора в нём равна:

$$\omega(\text{Cl}) = 35,5 : (39 + 35,5 + 16) \cdot 100\% \approx 39,2\%$$

№ 5-2.

Ниже приведена цепочка превращений. Все вещества X_1 - X_5 содержат атомы одного элемента. В ответе укажите массовую долю этого элемента в X_1 , а также в одном из веществ X_4 или X_5 , у которого молярная масса наибольшая. Ответ дайте в процентах с точностью до десятых. Атомные массы элементов необходимо округлять до целых, кроме хлора ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$). В ответе запишите только число, округлив его до *десятых*, а знак % указывать не нужно.

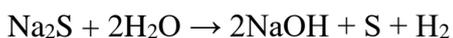
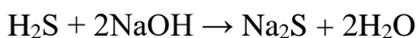
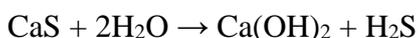


Ответ: массовая доля элемента в X_1 : 94,1 (5 баллов)

 массовая доля элемента в X_4 / X_5 : 20,3 (5 баллов)

Решение:

1) Уравнения протекающих реакций:



2) Вещество X_1 – сероводород, так как содержит серу и может реагировать с гидроксидом натрия. Массовая доля серы в нём равна:

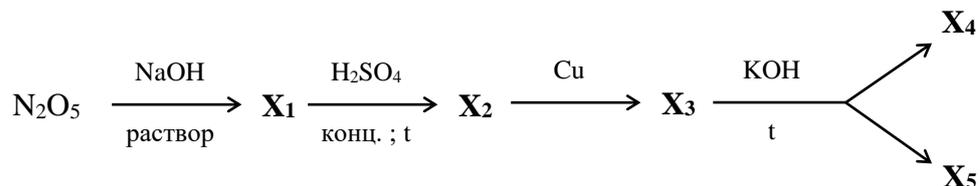
$$\omega(\text{S}) = 32 : (32 + 2) \cdot 100\% \approx 94,1\%$$

3) Элемент, атомы которого есть во всех веществах X_1 - X_5 , – это сера. Выбираем из X_4 и X_5 вещество с большей молярной массой – это сульфит калия K_2SO_3 . Массовая доля серы в нём равна:

$$\omega(\text{S}) = 32 : (39 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 3) \cdot 100\% \approx 20,3\%$$

№ 5-3.

Ниже приведена цепочка превращений. Все вещества **X₁-X₅** содержат атомы одного элемента. В ответе укажите массовую долю этого элемента в **X₁**, а также в одном из веществ **X₄** или **X₅**, у которого молярная масса наибольшая. Ответ дайте в процентах с точностью до десятых. Атомные массы элементов необходимо округлять до целых, кроме хлора ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$). В ответе запишите только число, округлив его до *десятых*, а знак % указывать не нужно.

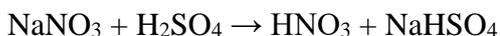
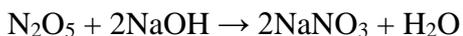


Ответ: массовая доля элемента в **X₁**: 16,5 (5 баллов)

 массовая доля элемента в **X₄/ X₅**: 38,6 (5 баллов)

Решение:

1) Уравнения протекающих реакций:



2) Вещество **X₁** – нитрат натрия, так как содержит азот и может реагировать с концентрированной серной кислотой. Массовая доля азота в нём равна:

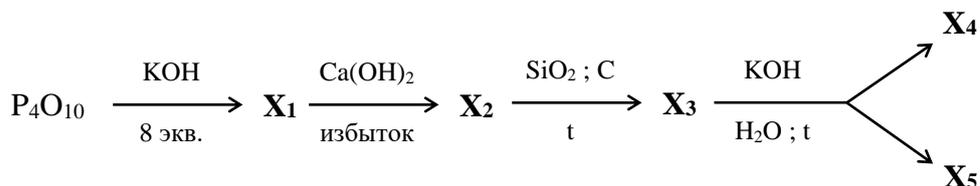
$$\omega(\text{N}) = 14 : (23 + 14 + 48) \cdot 100\% \approx 16,5\%$$

3) Элемент, атомы которого есть во всех веществах **X₁-X₅**, – это азот. Выбираем из **X₄** и **X₅** вещество с большей молярной массой – это нитрат калия. Массовая доля азота в нём равна:

$$\omega(\text{N}) = 14 : (39 + 14 + 16 \cdot 3) \cdot 100\% \approx 13,9\%$$

№ 5-4.

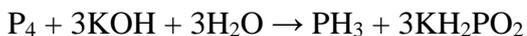
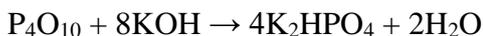
Ниже приведена цепочка превращений. Все вещества **X₁-X₅** содержат атомы одного элемента. В ответе укажите массовую долю этого элемента в **X₁**, а также в одном из веществ **X₄** или **X₅**, у которого молярная масса наибольшая. Ответ дайте в процентах с точностью до десятых. Атомные массы элементов необходимо округлять до целых, кроме хлора ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$). В ответе запишите только число, округлив его до *десятых*, а знак % указывать не нужно.



Ответ: массовая доля элемента в **X₁**: 17,8 (5 баллов)
 массовая доля элемента в **X₄ / X₅**: 91,2 (5 баллов)

Решение:

1) Уравнения протекающих реакций:



2) Вещество **X₁** – гидроортофосфат калия, так как содержит фосфор и может реагировать с гидроксидом кальция. Массовая доля фосфора в нём равна:

$$\omega(\text{P}) = 31 : (78 + 1 + 31 + 64) \cdot 100\% \approx 17,8\%$$

3) Элемент, атомы которого есть во всех веществах **X₁-X₅**, – это фосфор. Выбираем из **X₄** и **X₅** вещество с меньшей молярной массой – это фосфин **PH₃**. Массовая доля фосфора в нём равна:

$$\omega(\text{P}) = 31 : (31 + 1 \cdot 3) \cdot 100\% \approx 91,2\%$$

№ 6-1.

8,5 г некоторого бинарного вещества содержат 2,468 мг электронов, а ядро атома одного из элементов, входящих в его состав, содержит одинаковое число протонов и нейтронов. Определите это вещество. В ответ запишите его молекулярную формулу, используя латинские буквы, например; H₂SO₄. Примите, что масса электрона равна 1/1823 а.е.м.

Ответ: H₂S или H₂O₂ (10 баллов)

Решение:

Следует помнить, что значение относительной атомной массы в а.е.м. совпадает по значению с молярной массой атома в г/моль. Тогда, $M(e^-) = 1/1823$ г/моль, следовательно, $\nu(e^-) = 0,002468 \cdot 1823 = 4,5$ моль = $\nu(p^+)$. Так как $M(p^+) = M(n^0) = 1$ г/моль, то $\nu(n^0) = 4$ моль. Так как в соединении число нейтронов меньше числа протонов – такое возможно, если в состав соединения входят атомы водорода, тогда $\nu(H) = 4,5 - 4 = 0,5$ моль. Тогда, для формулы ЭН_x получаем:

$M_{Э} = 8,5x/0,5 - x = 16x$, при $x = 1$ получаем $M_{Э} = 16$ г/моль, что соответствует кислороду, тогда формула вещества – **H₂O₂**. Если же $x = 2$, то $M_{Э} = 32$ г/моль, то формула вещества – **H₂S**.

№ 6-2.

5,1 г некоторого бинарного вещества содержат 1,646 мг электронов, а ядро атома одного из элементов, входящих в его состав, содержит одинаковое число протонов и нейтронов. Определите это вещество. В ответ запишите его молекулярную формулу, используя латинские буквы, например; H₂SO₄. Примите, что масса электрона равна 1/1823 а.е.м.

Ответ: NH₃ (10 баллов)

Решение:

Следует помнить, что значение относительной атомной массы в а.е.м. совпадает по значению с молярной массой атома в г/моль. Тогда, $M(e^-) = 1/1823$ г/моль, следовательно, $\nu(e^-) = 0,001646 \cdot 1823 = 3$ моль = $\nu(p^+)$. Так как $M(p^+) = M(n^0) = 1$ г/моль, то $\nu(n^0) = 2,1$ моль. Так как в соединении число нейтронов меньше числа протонов – такое возможно, если в состав соединения входят атомы водорода, тогда $\nu(H) = 3 - 2,1 = 0,9$ моль. Тогда, для формулы ЭН_x получаем:

$M_{Э} = 5,1x/0,9 - x = 5,67x$, при $x = 3$ получаем $M_{Э} = 17$ г/моль, что соответствует азоту, тогда формула вещества – **NH₃**.

№ 6-3.

5,6 г некоторого бинарного вещества содержат 1,92 мг электронов, а ядро атома одного из элементов, входящих в его состав, содержит одинаковое число протонов и нейтронов. Определите это вещество. В ответ запишите его молекулярную формулу, используя латинские буквы, например; H₂SO₄. Примите, что масса электрона равна 1/1823 а.е.м.

Ответ: CH₄ (10 баллов)

Решение:

Следует помнить, что значение относительной атомной массы в а.е.м. совпадает по значению с молярной массой атома в г/моль. Тогда, $M(e^-) = 1/1823$ г/моль, следовательно, $\nu(e^-) = 0,00192 \cdot 1823 = 3,5$ моль = $\nu(p^+)$. Так как $M(p^+) = M(n^0) = 1$ г/моль, то $\nu(n^0) = 2,1$ моль. Так как в соединении число нейтронов меньше числа протонов – такое возможно, если в состав соединения входят атомы водорода, тогда $\nu(H) = 3,5 - 2,1 = 1,4$ моль. Тогда, для формулы ЭН_x получаем:

$M_{Э} = 5,6x/1,4 - x = 3x$, при $x = 4$ получаем $M_{Э} = 12$ г/моль, что соответствует углероду, тогда формула вещества – **CH₄**.

№ 6-4.

14,4 г некоторого бинарного вещества содержат 4,443 мг электронов, а ядро атома одного из элементов, входящих в его состав, содержит одинаковое число протонов и нейтронов. Определите это вещество. В ответ запишите его молекулярную формулу, используя латинские буквы, например; H₂SO₄. Примите, что масса электрона равна 1/1823 а.е.м.

Ответ: N₂H₄ или SiH₄ (10 баллов)

Решение:

Следует помнить, что значение относительной атомной массы в а.е.м. совпадает по значению с молярной массой атома в г/моль. Тогда, $M(e^-) = 1/1823$ г/моль, следовательно, $\nu(e^-) = 0,004443 \cdot 1823 = 8,1$ моль = $\nu(p^+)$. Так как $M(p^+) = M(n^0) = 1$ г/моль, то $\nu(n^0) = 6,3$ моль. Так как в соединении число нейтронов меньше числа протонов – такое возможно, если в состав соединения входят атомы водорода, тогда $\nu(H) = 8,1 - 6,3 = 1,8$ моль. Тогда, для формулы ЭН_x получаем:

$M_{Э} = 14,4x/1,8 - x = 7x$, при $x = 2$ получаем $M_{Э} = 14$ г/моль, что соответствует азоту, тогда формула вещества – **N₂H₄**. Если же $x = 4$, то $M_{Э} = 28$ г/моль, то формула вещества – **SiH₄**.

№ 7-1.

В двух тиглях по отдельности прокали карбонат кальция и нитрат меди(II). Твердые продукты реакции смешали, когда они остыли. Известно, что полученная твердая смесь не содержит солей. Газы, выделившиеся при прокаливании исходных веществ, собрали в одном сосуде, плотность по водороду полученной смеси равна 21,75. Найдите массовую долю вещества с меньшей молярной массой в итоговой твердой смеси. Ответ дайте в процентах, с точностью до *десятых*. Молярные массы элементов следует округлять с точностью до целых. Символ «%» вносить в поле ответа **не нужно**.

Ответ: 51,2 (10 баллов)

Решение:

- 1) Уравнения протекающих реакций:



- 2) Найдём среднюю молярную массу смеси выделяющихся газов (углекислого газа, диоксида азота и кислорода):

$$M_{(\text{смесь})} = 21,75 \cdot 2 \text{ г/моль} = 43,5 \text{ г/моль}$$

Найдём состав газовой смеси. Учтём при этом, что количество вещества (и соответственно объёмная доля) диоксида азота в 4 раза больше количества вещества кислорода в соответствии со вторым уравнением реакции. Обозначим объёмную долю кислорода как «x», тогда:

$$M_{(\text{смесь})} = \varphi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + \varphi(\text{NO}_2) \cdot M(\text{NO}_2) + \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)$$

$$43,5 = 32 \cdot x + 46 \cdot 4x + 44 \cdot (1 - 5x)$$

Решая полученное уравнение, находим, что $x = 0,125$

- 3) Массовая доля вещества с меньшей молярной массой в итоговой твердой смеси не зависит от того, какие массы исходных веществ были взяты (при условии, что соотношение их масс строго определено). Поэтому можно взять любое значение массы или количества вещества продуктов или реагентов, и решить задачу для частного случая. Пусть при разложении нитрата меди(II) выделилось 0,125 моль кислорода (суммарное количество вещества газовой смеси равно 1 моль), тогда:

$$n(\text{CO}_2) = 1 \text{ моль} - 5 \cdot 0,125 \text{ моль} = 0,375 \text{ моль}$$

$$n(\text{CaO}) = n(\text{CO}_2) = 0,375 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = 2 \cdot n(\text{O}_2) = 0,250 \text{ моль}$$

- 4) Массы твердых оксидов равны:

$$m(\text{CaO}) = 0,375 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 21 \text{ г}$$

$$m(\text{CuO}) = 0,250 \text{ моль} \cdot 80 \text{ г/моль} = 20 \text{ г}$$

Масса твердой смеси равна:

$$m(\text{тв.смесь}) = m(\text{CaO}) + m(\text{CuO}) = 21 \text{ г} + 20 \text{ г} = 41 \text{ г}$$

Массовая доля оксида кальция в итоговой твердой смеси:

$$\omega(\text{CaO}) = m(\text{CaO}) : m(\text{тв.смесь}) \cdot 100\% = 21 \text{ г} : 41 \text{ г} \cdot 100\% \approx 51,2\%$$

№ 7-2.

В двух тиглях по отдельности прокали карбонат бария и нитрат магния. Твердые продукты реакции смешали, когда они остыли. Известно, что полученная твердая смесь не содержит солей. Газы, выделившиеся при прокаливании исходных веществ, собрали в одном сосуде, плотность по водороду полученной смеси равна 21,8. Найдите массовую долю вещества с меньшей молярной массой в итоговой твердой смеси. Ответ дайте в процентах, с точностью до *десятых*. Молярные массы элементов следует округлять с точностью до целых. Символ «%» вносить в поле ответа **НЕ НУЖНО**.

Ответ: 9,5 (10 баллов)

Решение:

- 1) Уравнения протекающих реакций:



- 2) Найдём среднюю молярную массу смеси выделяющихся газов (углекислого газа, диоксида азота и кислорода):

$$M_{(\text{смесь})} = 21,8 \cdot 2 \text{ г/моль} = 43,6 \text{ г/моль}$$

Найдём состав газовой смеси. Учтём при этом, что количество вещества (и соответственно объёмная доля) диоксида азота в 4 раза больше количества вещества кислорода в соответствии со вторым уравнением реакции. Обозначим объёмную долю кислорода как «х», тогда:

$$M_{(\text{смесь})} = \varphi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + \varphi(\text{NO}_2) \cdot M(\text{NO}_2) + \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)$$

$$43,6 = 32 \cdot x + 46 \cdot 4x + 44 \cdot (1 - 5x)$$

Решая полученное уравнение, находим, что $x = 0,1$

- 3) Массовая доля вещества с меньшей молярной массой в итоговой твердой смеси не зависит от того, какие массы исходных веществ были взяты (при условии, что соотношение их масс строго определено). Поэтому можно взять любое значение массы или количества вещества продуктов или реагентов, и решить задачу для частного случая. Пусть при разложении нитрата магния выделилось 0,1 моль кислорода (суммарное количество вещества газовой смеси равно 1 моль), тогда:

$$n(\text{CO}_2) = 1 \text{ моль} - 5 \cdot 0,1 \text{ моль} = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{BaO}) = n(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{MgO}) = 2 \cdot n(\text{O}_2) = 0,2 \text{ моль}$$

- 4) Массы твердых оксидов равны:

$$m(\text{BaO}) = 0,5 \text{ моль} \cdot 153 \text{ г/моль} = 76,5 \text{ г}$$

$$m(\text{MgO}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 8,0 \text{ г}$$

Масса твердой смеси равна:

$$m(\text{тв.смесь}) = m(\text{BaO}) + m(\text{MgO}) = 76,5 \text{ г} + 8,0 \text{ г} = 84,5 \text{ г}$$

Массовая доля оксида магния в итоговой твердой смеси:

$$\omega(\text{MgO}) = m(\text{MgO}) : m(\text{тв.смесь}) \cdot 100\% = 8,0 \text{ г} : 84,5 \text{ г} \cdot 100\% \approx 9,5\%$$

№ 7-3.

В двух тиглях по отдельности прокали карбонат кальция и нитрат магния. Твердые продукты реакции смешали, когда они остыли. Известно, что полученная твердая смесь не содержит солей. Газы, выделившиеся при прокаливании исходных веществ, собрали в одном сосуде, плотность по водороду полученной смеси равна 21,875. Найдите массовую долю вещества с меньшей молярной массой в итоговой твердой смеси. Ответ дайте в процентах, с точностью до *десятых*. Молярные массы элементов следует округлять с точностью до целых. Символ «%» вносить в поле ответа **не нужно**.

Ответ: 11,5

Решение:

1) Уравнения протекающих реакций:



2) Найдём среднюю молярную массу смеси выделяющихся газов (углекислого газа, диоксида азота и кислорода):

$$M_{(\text{смесь})} = 21,875 \cdot 2 \text{ г/моль} = 43,75 \text{ г/моль}$$

Найдём состав газовой смеси. Учтем при этом, что количество вещества (и соответственно объёмная доля) диоксида азота в 4 раза больше количества вещества кислорода в соответствии со вторым уравнением реакции. Обозначим объёмную долю кислорода как «x», тогда:

$$M_{(\text{смесь})} = \varphi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + \varphi(\text{NO}_2) \cdot M(\text{NO}_2) + \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)$$

$$43,75 = 32 \cdot x + 46 \cdot 4x + 44 \cdot (1 - 5x)$$

Решая полученное уравнение, находим, что $x = 0,0625$

3) Массовая доля вещества с меньшей молярной массой в итоговой твердой смеси не зависит от того, какие массы исходных веществ были взяты (при условии, что соотношение их масс строго определено). Поэтому можно взять любое значение массы или количества вещества продуктов или реагентов, и решить задачу для частного случая. Пусть при разложении нитрата магния выделилось 0,0625 моль кислорода (суммарное количество вещества газовой смеси равно 1 моль), тогда:

$$n(\text{CO}_2) = 1 \text{ моль} - 5 \cdot 0,0625 \text{ моль} = 0,6875 \text{ моль}$$

$$n(\text{CaO}) = n(\text{CO}_2) = 0,6875 \text{ моль}$$

$$n(\text{MgO}) = 2 \cdot n(\text{O}_2) = 0,125 \text{ моль}$$

4) Массы твердых оксидов равны:

$$m(\text{CaO}) = 0,6875 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 38,5 \text{ г}$$

$$m(\text{MgO}) = 0,125 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 5,0 \text{ г}$$

Масса твердой смеси равна:

$$m(\text{тв.смесь}) = m(\text{CaO}) + m(\text{MgO}) = 38,5 \text{ г} + 5,0 \text{ г} = 43,5 \text{ г}$$

Массовая доля оксида магния в итоговой твердой смеси:

$$\omega(\text{MgO}) = m(\text{MgO}) : m(\text{тв.смесь}) \cdot 100\% = 5,0 \text{ г} : 43,5 \text{ г} \cdot 100\% \approx 11,5\%$$

№ 7-4.

В двух тиглях по отдельности прокали карбонат бария и нитрат меди(II). Твердые продукты реакции смешали, когда они остыли. Известно, что полученная твердая смесь не содержит солей. Газы, выделившиеся при прокаливании исходных веществ, собрали в одном сосуде, плотность по водороду полученной смеси равна 21,9. Найдите массовую долю вещества с меньшей молярной массой в итоговой твердой смеси. Ответ дайте в процентах, с точностью до *десятых*. Молярные массы элементов следует округлять с точностью до целых. Символ «%» вносить в поле ответа **НЕ НУЖНО**.

Ответ: 6,5 (10 баллов)

Решение:

1) Уравнения протекающих реакций:



2) Найдём среднюю молярную массу смеси выделяющихся газов (углекислого газа, диоксида азота и кислорода):

$$M_{(\text{смесь})} = 21,9 \cdot 2 \text{ г/моль} = 43,8 \text{ г/моль}$$

Найдём состав газовой смеси. Учтём при этом, что количество вещества (и соответственно объёмная доля) диоксида азота в 4 раза больше количества вещества кислорода в соответствии со вторым уравнением реакции. Обозначим объёмную долю кислорода как «х», тогда:

$$M_{(\text{смесь})} = \varphi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + \varphi(\text{NO}_2) \cdot M(\text{NO}_2) + \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)$$

$$43,8 = 32 \cdot x + 46 \cdot 4x + 44 \cdot (1 - 5x)$$

Решая полученное уравнение, находим, что $x = 0,05$

3) Массовая доля вещества с меньшей молярной массой в итоговой твердой смеси не зависит от того, какие массы исходных веществ были взяты (при условии, что соотношение их масс строго определено). Поэтому можно взять любое значение массы или количества вещества продуктов или реагентов, и решить задачу для частного случая. Пусть при разложении нитрата меди(II) выделилось 0,05 моль кислорода (суммарное количество вещества газовой смеси равно 1 моль), тогда:

$$n(\text{CO}_2) = 1 \text{ моль} - 5 \cdot 0,05 \text{ моль} = 0,75 \text{ моль}$$

$$n(\text{BaO}) = n(\text{CO}_2) = 0,75 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuO}) = 2 \cdot n(\text{O}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

4) Массы твердых оксидов равны:

$$m(\text{BaO}) = 0,75 \text{ моль} \cdot 153 \text{ г/моль} = 114,75 \text{ г}$$

$$m(\text{CuO}) = 0,10 \text{ моль} \cdot 80 \text{ г/моль} = 8,00 \text{ г}$$

Масса твердой смеси равна:

$$m(\text{тв.смесь}) = m(\text{BaO}) + m(\text{CuO}) = 114,75 \text{ г} + 8,00 \text{ г} = 122,75 \text{ г}$$

Массовая доля оксида кальция в итоговой твердой смеси:

$$\omega(\text{CuO}) = m(\text{CuO}) : m(\text{тв.смесь}) \cdot 100\% = 8,00 \text{ г} : 122,75 \text{ г} \cdot 100\% \approx 6,5\%$$

№ 8-1.

В лабораторию поступил образец сульфата железа(II). К сожалению, образец некоторое время простоял на воздухе, поэтому было решено определить текущее содержание соли в образце. Для этого навеску массой 5,6 г аккуратно перенесли в мерную колбу на 100 мл и довели дистиллированной водой до метки. Затем отобрали аликвоту в 10 мл, добавили 15 мл 1М раствора серной кислоты, 5 мл раствора ортофосфорной кислоты, около 50 мл воды и при интенсивном перемешивании медленно оттитровали раствором перманганата калия до появления бледно-розовой окраски, устойчивой 30 с. На титрование потребовалось 7,5 мл 0.0933М раствора перманганата калия. Рассчитайте массовую долю (%) сульфата железа в исследуемой навеске. В ответ запишите число, округлив его до целого значения.

Ответ: 95 (10 баллов)

Решение:

Титрование протекает согласно следующему уравнению:



$$v(\text{KMnO}_4) = 0,0075 \cdot 0,0933 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$v_{10\text{мл}}(\text{FeSO}_4) = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$v_{100\text{мл}}(\text{FeSO}_4) = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$$

$$m(\text{FeSO}_4) = 3,5 \cdot 10^{-2} \cdot 152 = 5,32 \text{ г}$$

$$\text{Следовательно, } \omega(\text{FeSO}_4) = 5,32/5,6 \cdot 100\% = 95\%$$

№ 8-2.

В лабораторию поступил образец сульфата железа(II). К сожалению, образец некоторое время простоял на воздухе, поэтому было решено определить текущее содержание соли в образце. Для этого навеску массой 8,55 г аккуратно перенесли в мерную колбу на 100 мл и довели дистиллированной водой до метки. Затем отобрали аликвоту в 10 мл, добавили 15 мл 1М раствора серной кислоты, 5 мл раствора ортофосфорной кислоты, около 50 мл воды и при интенсивном перемешивании медленно оттитровали раствором перманганата калия до появления бледно-розовой окраски, устойчивой 30 с. На титрование потребовалось 12 мл 0.075М раствора перманганата калия. Рассчитайте массовую долю (%) сульфата железа в исследуемой навеске. В ответ запишите число, округлив его до целого значения.

Ответ: 80 (10 баллов)

Решение:

Титрование протекает согласно следующему уравнению:



$$v(\text{KMnO}_4) = 0,075 \cdot 0,012 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$v_{10\text{мл}}(\text{FeSO}_4) = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$v_{100\text{мл}}(\text{FeSO}_4) = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$$

$$m(\text{FeSO}_4) = 4,5 \cdot 10^{-2} \cdot 152 = 6,84 \text{ г}$$

$$\text{Следовательно, } \omega(\text{FeSO}_4) = 6,84/8,55 \cdot 100\% = 80\%$$

№ 8-3.

В лабораторию поступил образец сульфата железа(II). К сожалению, образец некоторое время простоял на воздухе, поэтому было решено определить текущее содержание соли в образце. Для этого навеску массой 9,29 г аккуратно перенесли в мерную колбу на 100 мл и довели дистиллированной водой до метки. Затем отобрали аликвоту в 10 мл, добавили 15 мл 1М раствора серной кислоты, 5 мл раствора ортофосфорной кислоты, около 50 мл воды и при интенсивном перемешивании медленно оттитровали раствором перманганата калия до появления бледно-розовой окраски, устойчивой 30 с. На титрование потребовалось 15 мл 0.07333М раствора перманганата калия. Рассчитайте массовую долю (%) сульфата железа в исследуемой навеске. В ответ запишите число, округлив его до целого значения.

Ответ: 90

Решение:

Титрование протекает согласно следующему уравнению:



$$v(\text{KMnO}_4) = 0,015 * 0,07333 = 1,1 * 10^{-3} \text{ моль}$$

$$v_{10\text{мл}}(\text{FeSO}_4) = 5,5 * 10^{-3} \text{ моль}$$

$$v_{100\text{мл}}(\text{FeSO}_4) = 5,5 * 10^{-2} \text{ моль}$$

$$m(\text{FeSO}_4) = 5,5 * 10^{-2} * 152 = 8,36 \text{ г}$$

$$\text{Следовательно, } \omega(\text{FeSO}_4) = 8,36 / 9,29 * 100\% = 90\%$$

№ 8-4.

В лабораторию поступил образец сульфата железа(II). К сожалению, образец некоторое время простоял на воздухе, поэтому было решено определить текущее содержание соли в образце. Для этого навеску массой 7,07 г аккуратно перенесли в мерную колбу на 100 мл и довели дистиллированной водой до метки. Затем отобрали аликвоту в 10 мл, добавили 15 мл 1М раствора серной кислоты, 5 мл раствора ортофосфорной кислоты, около 50 мл воды и при интенсивном перемешивании медленно оттитровали раствором перманганата калия до появления бледно-розовой окраски, устойчивой 30 с. На титрование потребовалось 10 мл 0.08М раствора перманганата калия. Рассчитайте массовую долю (%) сульфата железа в исследуемой навеске. В ответ запишите число, округлив его до целого значения.

Ответ: 86 (10 баллов)

Решение:

Титрование протекает согласно следующему уравнению:



$$v(\text{KMnO}_4) = 0,01 * 0,08 = 8 * 10^{-4} \text{ моль}$$

$$v_{10\text{мл}}(\text{FeSO}_4) = 4 * 10^{-3} \text{ моль}$$

$$v_{100\text{мл}}(\text{FeSO}_4) = 4 * 10^{-2} \text{ моль}$$

$$m(\text{FeSO}_4) = 4 * 10^{-2} * 152 = 6,08 \text{ г}$$

$$\text{Следовательно, } \omega(\text{FeSO}_4) = 6,08 / 7,07 * 100\% = 86\%$$

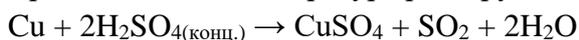
№ 9-1.

Смесь порошков железа, золота и меди залили избытком концентрированной серной кислоты при комнатной температуре. При этом часть смеси растворилась, и выделилось 6,72 л (н.у.) газа. Если повторить опыт с горячей серной кислотой, то выделится 13,44 л (н.у.) газа, а масса непрореагировавшего вещества составит 19,7 г. Определите массовую долю железа в исходной смеси металлов. Ответ дайте в процентах, с точностью до *десятых*. Молярные массы элементов следует округлять с точностью до целых. Символ «%» вносить в поле ответа **не нужно**.

Ответ: 22,4 (10 баллов)

Решение:

- 1) При комнатной температуре реагирует с концентрированной серной кислотой только медь:



Выделяется сернистый газ, его количество вещества $n_1(\text{SO}_2)$ равно:

$$n_1(\text{SO}_2) = 6,72 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,3 \text{ моль}$$

Количество вещества меди равно количеству вещества сернистого газа, выделившегося в первой реакции:

$$n(\text{Cu}) = n_1(\text{SO}_2) = 0,3 \text{ моль}$$

Масса меди равна:

$$m(\text{Cu}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 19,2 \text{ г}$$

- 2) С горячей серной кислотой реагируют и медь, и железо. С железом протекает реакция:



Разница объёмов газов, выделяющихся в случаях реакций при комнатной температуре и при нагревании, это объём сернистого газа, выделяющегося при взаимодействии железа с концентрированной серной кислотой:

$$V_2(\text{SO}_2) = 13,44 \text{ л} - 6,72 \text{ л} = 6,72 \text{ л}$$

Количество вещества сернистого газа, выделяющегося при реакции с железом:

$$n_2(\text{SO}_2) = 6,72 : 22,4 \text{ л/моль} = 0,3 \text{ моль}$$

Количество вещества железа можно рассчитать по количеству вещества сернистого газа, выделившегося во второй реакции:

$$n(\text{Fe}) = 2 / 3 \cdot n_2(\text{SO}_2) = 0,2 \text{ моль}$$

Масса железа равна:

$$m(\text{Fe}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 11,2 \text{ г}$$

- 3) Масса вещества, которое не растворилось даже в горячей серной кислоте, – это масса золота.

- 4) Теперь можно рассчитать массу исходной смеси металлов:

$$m(\text{исх. смесь}) = m(\text{Cu}) + m(\text{Fe}) + m(\text{Au}) = 19,2 \text{ г} + 11,2 \text{ г} + 19,7 = 50,1 \text{ г}$$

Массовая доля железа рассчитывается так:

$$\omega(\text{Fe}) = 11,2 \text{ г} : 50,1 \text{ г} \cdot 100\% \approx 22,4\%$$

Ответ: 22,4

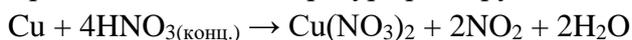
№ 9-2.

Смесь порошков железа, золота и меди залили избытком концентрированной азотной кислоты при комнатной температуре. При этом часть смеси растворилась, и выделилось 8,96 л (н.у.) газа. Если повторить опыт с горячей азотной кислотой, то выделится 29,12 л (н.у.) газа, а масса непрореагировавшего вещества составит 39,4 г. Определите массовую долю железа в исходной смеси металлов. Ответ дайте в процентах, с точностью до *десятых*. Молярные массы элементов следует округлять с точностью до целых. Символ «%» вносить в поле ответа **не нужно**.

Ответ: 24,3 или 24,4 (10 баллов)

Решение:

- 1) При комнатной температуре реагирует с концентрированной азотной кислотой только медь:



Выделяется диоксид азота, его количество вещества $n_1(\text{NO}_2)$ равно:

$$n_1(\text{NO}_2) = 8,96 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,4 \text{ моль}$$

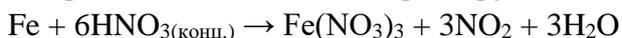
Количество вещества меди связано с количеством вещества диоксида азота, выделившегося в первой реакции:

$$n(\text{Cu}) = 0,5 \cdot n_1(\text{NO}_2) = 0,2 \text{ моль}$$

Масса меди равна:

$$m(\text{Cu}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 12,8 \text{ г}$$

- 2) С горячей азотной кислотой реагируют и медь, и железо. С железом протекает реакция:



Разница объёмов газов, выделяющихся в случаях реакций при комнатной температуре и при нагревании, это объём диоксида азота, выделяющегося при взаимодействии железа с концентрированной азотной кислотой:

$$V_2(\text{NO}_2) = 29,12 \text{ л} - 8,96 \text{ л} = 20,16 \text{ л}$$

Количество вещества диоксида азота, выделяющегося при реакции с железом:

$$n_2(\text{NO}_2) = 20,16 : 22,4 \text{ л/моль} = 0,9 \text{ моль}$$

Количество вещества железа можно рассчитать по количеству вещества диоксида азота, выделившегося во второй реакции:

$$n(\text{Fe}) = 1 / 3 \cdot n_2(\text{NO}_2) = 0,3 \text{ моль}$$

Масса железа равна:

$$m(\text{Fe}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 16,8 \text{ г}$$

- 3) Масса вещества, которое не растворилось даже в горячей азотной кислоте, – это масса золота.

- 4) Теперь можно рассчитать массу исходной смеси металлов:

$$m(\text{исх. смесь}) = m(\text{Cu}) + m(\text{Fe}) + m(\text{Au}) = 12,8 \text{ г} + 16,8 \text{ г} + 39,4 = 69,0 \text{ г}$$

Массовая доля железа рассчитывается так:

$$\omega(\text{Fe}) = 16,8 \text{ г} : 69,0 \text{ г} \cdot 100\% \approx 24,3\%$$

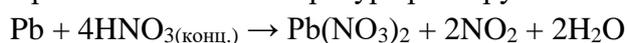
№ 9-3.

Смесь порошков железа, платины и свинца залили избытком концентрированной азотной кислоты при комнатной температуре. При этом часть смеси растворилась, и выделилось 4,48 л (н.у.) газа. Если повторить опыт с горячей азотной кислотой, то выделится 31,36 л (н.у.) газа, а масса непрореагировавшего вещества составит 19,5 г. Определите массовую долю железа в исходной смеси металлов. Ответ дайте в процентах, с точностью до *десятых*. Молярные массы элементов следует округлять с точностью до целых. Символ «%» вносить в поле ответа **не нужно**.

Ответ: 35,8 (10 баллов)

Решение:

- 1) При комнатной температуре реагирует с концентрированной азотной кислотой только свинец:



Выделяется диоксид азота, его количество вещества $n_1(\text{NO}_2)$ равно:

$$n_1(\text{NO}_2) = 4,48 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,2 \text{ моль}$$

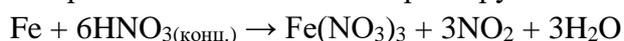
Количество вещества свинца связано с количеством вещества диоксида азота, выделившегося в первой реакции:

$$n(\text{Pb}) = 0,5 \cdot n_1(\text{NO}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

Масса свинца равна:

$$m(\text{Pb}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 207 \text{ г/моль} = 20,7 \text{ г}$$

- 2) С горячей азотной кислотой реагируют и свинец, и железо. С железом протекает реакция:



Разница объёмов газов, выделяющихся в случаях реакций при комнатной температуре и при нагревании, это объём диоксида азота, выделяющегося при взаимодействии железа с концентрированной азотной кислотой:

$$V_2(\text{NO}_2) = 31,36 \text{ л} - 4,48 \text{ л} = 26,88 \text{ л}$$

Количество вещества диоксида азота, выделяющегося при реакции с железом:

$$n_2(\text{NO}_2) = 26,88 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 1,2 \text{ моль}$$

Количество вещества железа можно рассчитать по количеству вещества диоксида азота, выделившегося во второй реакции:

$$n(\text{Fe}) = 1 / 3 \cdot n_2(\text{NO}_2) = 0,4 \text{ моль}$$

Масса железа равна:

$$m(\text{Fe}) = 0,4 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 22,4 \text{ г}$$

- 3) Масса вещества, которое не растворилось даже в горячей азотной кислоте, – это масса платины.

- 4) Теперь можно рассчитать массу исходной смеси металлов:

$$m(\text{исх. смесь}) = m(\text{Pb}) + m(\text{Fe}) + m(\text{Pt}) = 20,7 \text{ г} + 22,4 \text{ г} + 19,5 \text{ г} = 62,6 \text{ г}$$

Массовая доля железа рассчитывается так:

$$\omega(\text{Fe}) = 22,4 \text{ г} : 62,6 \text{ г} \cdot 100\% \approx 35,8\%$$

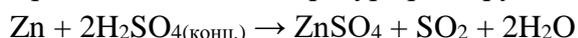
№ 9-4.

Смесь порошков железа, золота и цинка залили избытком концентрированной серной кислоты при комнатной температуре. При этом часть смеси растворилась, и выделилось 4,48 л (н.у.) газа. Если повторить опыт с горячей серной кислотой, то выделится 11,2 л (н.у.) такого же газа, представляющего собой индивидуальное вещество, а масса непрореагировавшего вещества составит 29,55 г. Определите массовую долю железа в исходной смеси металлов. Ответ дайте в процентах, с точностью до *десятых*. Молярные массы элементов следует округлять с точностью до целых. Символ «%» вносить в поле ответа **не нужно**.

Ответ: 20,8 (10 баллов)

Решение:

- 1) При комнатной температуре реагирует с концентрированной серной кислотой только цинк:



Выделяется сернистый газ (такой же как газ, как и при реакции серной кислоты и железа), его количество вещества $n_1(\text{SO}_2)$ равно:

$$n_1(\text{SO}_2) = 4,48 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,2 \text{ моль}$$

Количество вещества цинка равно количеству вещества сернистого газа, выделившегося в первой реакции:

$$n(\text{Zn}) = n_1(\text{SO}_2) = 0,2 \text{ моль}$$

Масса цинка равна:

$$m(\text{Zn}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 65 \text{ г/моль} = 13,0 \text{ г}$$

- 2) С горячей серной кислотой реагируют и цинк, и железо. С железом протекает реакция:



Разница объёмов газов, выделяющихся в случаях реакций при комнатной температуре и при нагревании, это объём сернистого газа, выделяющегося при взаимодействии железа с концентрированной серной кислотой:

$$V_2(\text{SO}_2) = 11,2 \text{ л} - 4,48 \text{ л} = 6,72 \text{ л}$$

Количество вещества сернистого газа, выделяющегося при реакции с железом:

$$n_2(\text{SO}_2) = 6,72 : 22,4 \text{ л/моль} = 0,3 \text{ моль}$$

Количество вещества железа можно рассчитать по количеству вещества сернистого газа, выделившегося во второй реакции:

$$n(\text{Fe}) = 2 / 3 \cdot n_2(\text{SO}_2) = 0,2 \text{ моль}$$

Масса железа равна:

$$m(\text{Fe}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 11,2 \text{ г}$$

- 3) Масса вещества, которое не растворилось даже в горячей серной кислоте, – это масса золота.

- 4) Теперь можно рассчитать массу исходной смеси металлов:

$$m(\text{исх.смесь}) = m(\text{Zn}) + m(\text{Fe}) + m(\text{Au}) = 13,0 \text{ г} + 11,2 \text{ г} + 29,55 = 53,75 \text{ г}$$

Массовая доля железа рассчитывается так:

$$\omega(\text{Fe}) = 11,2 \text{ г} : 53,75 \text{ г} \cdot 100\% \approx 20,8\%$$

№ 10-1.

Для идеальных растворов выполняется закон Рауля, согласно которому парциальное давление насыщенного пара летучего компонента раствора прямо пропорционально его мольной доле в растворе:

$$p = p^* \times \chi$$

где p^* – давление пара чистого растворителя при данной температуре.

Если же раствор состоит из двух летучих компонентов, то общее давление над раствором будет определяться суммой парциальных давлений каждого из компонентов раствора:

$$p_{\text{общ}} = p_1 + p_2$$

Давление над раствором, представляющим собой смесь 36,8 г этанола (C_2H_5OH) и 38,4 г некоторого вещества **X**, при 20°C равно 9,47 кПа. Рассчитайте мольную долю (%) и молярную массу вещества **X** (г/моль), если $p^*_{20^\circ C}(C_2H_5OH) = 5,93$ кПа, а $p^*_{20^\circ C}(X) = 11,83$ кПа. В ответ запишите число, округлив его до целых.

Ответ:

мольная доля – 60 (5 баллов)

молярная масса – 32 (5 баллов)

Решение:

$$p^*_{20^\circ C}(C_2H_5OH) \cdot \chi(C_2H_5OH) + p^*_{20^\circ C}(X) \cdot \chi(X) = 9,47$$

$$5,93 \cdot \chi(C_2H_5OH) + 11,83 \cdot (1 - \chi(C_2H_5OH)) = 9,47$$

$$\chi(C_2H_5OH) = 0,4$$

$$\chi(X) = 0,6 \text{ (60\%)}$$

$$v(C_2H_5OH) = 36,8/46 = 0,8 \text{ моль, тогда}$$

$$v(X) = 1,2 \text{ моль, следовательно,}$$

$$M(X) = 38,4/1,2 = \mathbf{32} \text{ г/моль (метанол – } CH_3OH)$$

№ 10-2.

Для идеальных растворов выполняется закон Рауля, согласно которому парциальное давление насыщенного пара летучего компонента раствора прямо пропорционально его мольной доле в растворе:

$$p = p^* \times \chi$$

где p^* – давление пара чистого растворителя при данной температуре.

Если же раствор состоит из двух летучих компонентов, то общее давление над раствором будет определяться суммой парциальных давлений каждого из компонентов раствора:

$$p_{\text{общ}} = p_1 + p_2$$

Давление над раствором, представляющим собой смесь 2,88 г метанола (CH_3OH) и 12,18 г некоторого вещества **X**, при 57°C равно 715,5 Торр. Рассчитайте мольную долю (%) и молярную массу вещества **X** (г/моль), если $p^*_{57^\circ\text{C}}(\text{CH}_3\text{OH}) = 551$ Торр, а $p^*_{57^\circ\text{C}}(\text{X}) = 786$ Торр. В ответ запишите число, округлив его до целых.

Ответ:

мольная доля – 70 (5 баллов)

молярная масса – 58 (5 баллов)

Решение:

$$p^*_{57^\circ\text{C}}(\text{CH}_3\text{OH}) \cdot \chi(\text{CH}_3\text{OH}) + p^*_{57^\circ\text{C}}(\text{X}) \cdot \chi(\text{X}) = 715,5$$

$$551 \cdot \chi(\text{CH}_3\text{OH}) + 786 \cdot (1 - \chi(\text{CH}_3\text{OH})) = 715,5$$

$$\chi(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,3$$

$$\chi(\text{X}) = 0,7 \text{ (70\%)}$$

$$v(\text{CH}_3\text{OH}) = 2,88/32 = 0,09 \text{ моль, тогда}$$

$$v(\text{X}) = 0,21 \text{ моль, следовательно,}$$

$$M(\text{X}) = 12,18/0,21 = \mathbf{58} \text{ г/моль (ацетон – } \text{C}_3\text{H}_6\text{O)}$$

№ 10-3.

Для идеальных растворов выполняется закон Рауля, согласно которому парциальное давление насыщенного пара летучего компонента раствора прямо пропорционально его мольной доле в растворе:

$$p = p^* \times \chi$$

где p^* – давление пара чистого растворителя при данной температуре.

Если же раствор состоит из двух летучих компонентов, то общее давление над раствором будет определяться суммой парциальных давлений каждого из компонентов раствора:

$$p_{\text{общ}} = p_1 + p_2$$

Давление над раствором, представляющим собой смесь 21,84 г бензола (C_6H_6) и 103,04 г некоторого вещества **X**, при $60^\circ C$ равно 25,06 кПа. Рассчитайте мольную долю (%) и молярную массу вещества **X** (г/моль), если $p^*_{60^\circ C}(C_6H_6) = 51,3$ кПа, а $p^*_{60^\circ C}(X) = 18,5$ кПа. В ответ запишите число, округлив его до целых.

Ответ:

мольная доля – 80 (5 баллов)

молярная масса – 92 (5 баллов)

Решение:

$$p^*_{60^\circ C}(C_6H_6) \cdot \chi(C_6H_6) + p^*_{60^\circ C}(X) \cdot \chi(X) = 25,06$$

$$51,3 \cdot \chi(C_6H_6) + 18,5 \cdot (1 - \chi(C_6H_6)) = 25,06$$

$$\chi(C_6H_6) = 0,2$$

$$\chi(X) = 0,8 \text{ (80\%)}$$

$$v(C_6H_6) = 21,84/78 = 0,28 \text{ моль, тогда}$$

$$v(X) = 1,12 \text{ моль, следовательно,}$$

$$M(X) = 103,04/1,12 = \mathbf{92} \text{ г/моль (толуол – } C_7H_8)$$

№ 10-4.

Для идеальных растворов выполняется закон Рауля, согласно которому парциальное давление насыщенного пара летучего компонента раствора прямо пропорционально его мольной доле в растворе:

$$p = p^* \times \chi$$

где p^* – давление пара чистого растворителя при данной температуре.

Если же раствор состоит из двух летучих компонентов, то общее давление над раствором будет определяться суммой парциальных давлений каждого из компонентов раствора:

$$p_{\text{общ}} = p_1 + p_2$$

Давление над раствором, представляющим собой смесь 32,265 г хлороформа (CHCl_3) и 4,62 г некоторого вещества **X**, при 25°C равно 25,413 кПа. Рассчитайте мольную долю (%) и молярную массу вещества **X** (г/моль), если $p^*_{25^\circ\text{C}}(\text{CHCl}_3) = 26,54$ кПа, а $p^*_{25^\circ\text{C}}(\text{X}) = 15,27$ кПа. В ответ запишите число, округлив его до целых.

Ответ:

мольная доля – 10 (5 баллов)

молярная масса – 154 (5 баллов)

Решение:

$$p^*_{25^\circ\text{C}}(\text{CHCl}_3) \cdot \chi(\text{CHCl}_3) + p^*_{25^\circ\text{C}}(\text{X}) \cdot \chi(\text{X}) = 25,413$$

$$26,54 \cdot \chi(\text{CHCl}_3) + 15,27 \cdot (1 - \chi(\text{CHCl}_3)) = 25,413$$

$$\chi(\text{CHCl}_3) = 0,9$$

$$\chi(\text{X}) = 0,1 \text{ (10\%)}$$

$$v(\text{CHCl}_3) = 32,265 / 119,5 = 0,27 \text{ моль, тогда}$$

$$v(\text{X}) = 0,03 \text{ моль, следовательно,}$$

$$M(\text{X}) = 4,62 / 0,03 = \mathbf{154} \text{ г/моль (тетрахлорметан – CCl}_4\text{)}$$