

**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»  
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР  
(03 декабря 2016 года)**

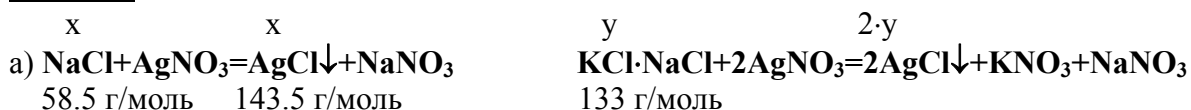
**11 класс**

**Задача 11-1**

12.2 г образца, содержащего каменную соль (NaCl) и сильвинит (KCl·NaCl) растворили в 100 мл воды. После того, как нерастворимые примеси удалили фильтрованием, объем раствора составил 104 мл. Аликвоту этого раствора объемом 10.0 мл добавили к избытку подкисленного водного раствора нитрата серебра. Полученный осадок отфильтровывали, высушили и взвесили. Его масса составила 2.53 г. Аликвоту раствора объемом 5.00 мл выпарили досуха и получили 0.543 г твердого остатка.

1. Напишите уравнения химических реакций.
2. Рассчитайте массовую долю примесей в образце.
3. Вычислите массовую долю NaCl и KCl·NaCl в образце.

**Решение**



б) Обозначим количество вещества NaCl в пробе через x моль, а KCl·NaCl – через y моль. На основании данных, приведенных в условии задачи, составим систему уравнений:

$$(x+2 \cdot y) \cdot 143.5 = 2.53 \cdot 104 / 10$$

$$58.5 \cdot x + 133 \cdot y = 0.543 \cdot 104 / 5$$

(за вычисления)

Отсюда  $x = 0.112$  моль,  $y = 0.035$  моль

$$m(\text{NaCl}) = 0.112 \cdot 58.5 = 6.552 \text{ г}; m(\text{KCl} \cdot \text{NaCl}) = 0.035 \cdot 133 = 4.655 \text{ г};$$

$$m(\text{NaCl}) + m(\text{KCl} \cdot \text{NaCl}) = 11.207 \text{ г};$$

$$m(\text{примеси}) = 12.2 - 11.207 = 0.993 \text{ г}; \omega(\text{примеси}) = 0.993 / 12.2 = 0.0814 \text{ или } \mathbf{8.14\%}.$$

в)  $\omega(\text{NaCl}) = 6.552 / 12.2 = 0.5370$  или  $53.70\%$

$$\omega(\text{KCl} \cdot \text{NaCl}) = 4.655 / 12.2 = 0.3815 \text{ или } 38.15\%$$

**Задача 11-2**

Каждая из шести колб содержит по 250 мл 5% раствора одного из следующих веществ: хлористый водород, гидроксид натрия, хлорид аммония, нитрат серебра, гидроксид цезия и хлорид меди.

1. Опишите, как можно идентифицировать эти вещества, не используя никаких других реагентов (включая индикаторы) или специализированное лабораторное оборудование. Кратко объясните ваши рассуждения.
2. Напишите ионные уравнения реакций, которые происходят в предлагаемых тестах.

**Решение**

1) Раствор  $\text{CuCl}_2$  может быть идентифицирован по его голубоватой окраске.

Остальные пять растворов делятся на три группы:

(I) гидроксиды NaOH и CsOH, которые образуют синий осадок с  $\text{CuCl}_2$ ;

(II)  $\text{AgNO}_3$ , который образует белый осадок с  $\text{CuCl}_2$ ;

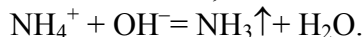
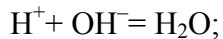
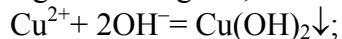
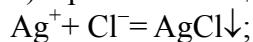
(III)  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и HCl, которые не реагируют с  $\text{CuCl}_2$ .

Раствор  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , может быть идентифицирован по резкому запаху аммиака, выделяющемуся в результате действия щелочи. Таким образом, другой раствор в группе (III) – HCl.

Растворы NaOH и CsOH можно идентифицировать, смешивая равные объемы каждого из них с HCl и вручную сравнивая количество выделяющегося тепла (при нейтрализации

NaOH выделяется почти в 4 раза больше тепла, чем при нейтрализации CsOH. Когда сливают и перемешивают равные объемы 5% NaOH и HCl, температура возрастает на 8.5 К). Альтернативный метод. Если x мл пробы 5% раствора NaOH и CsOH смешать с x/2 мл 5% HCl, раствор NaOH, будет оставаться щелочным, тогда как раствор CsOH станет кислым. Их можно различить по указанному выше испытанию с NH<sub>4</sub>OH.

2) Протекают следующие реакции:

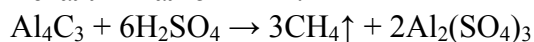


### Задача 11-3

Соединение некоторого металла третьей группы таблицы Менделеева с углеродом в sp<sup>3</sup> гибридном состоянии содержит 75% металла по массе. Навеску этого вещества 28.8 г растворили без остатка в разбавленной серной кислоте. К выделившемуся газу добавили равный объем хлороводорода, затем хлора до достижения относительной плотности газовой смеси по водороду 28.0415. После облучения газовой смеси ультрафиолетовым светом до полного протекания некоторой реакции при 100°C смесь включала 2 газообразных вещества. Вычислите среднюю молярную массу этой смеси. Запишите уравнения реакций.

### Решение

Формулу карбида металла обозначим M<sub>4</sub>C<sub>3</sub>. Тогда  $4M/(4M+36)=0.75$ . Отсюда M=27, металл — алюминий.



$$n(\text{Al}_4\text{C}_3)=28.8/144=0.2 \text{ моль.} \quad n(\text{CH}_4)=0.6 \text{ моль.}$$

По известной плотности газовой смеси по водороду 28.0415 можно вычислить среднюю молярную массу  $M_{\text{ср.}}=28.0415 \cdot 2=56.083$

Пусть  $n(\text{Cl}_2)=x$  моль. Тогда средняя молярная масса смеси трех газов будет равна

$$M_{\text{ср.}}=56.083=16 \cdot 0.6+36.5 \cdot 0.6+71x/(1.2+x) \quad \text{Отсюда } x=2.4$$

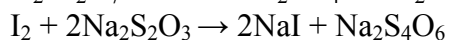
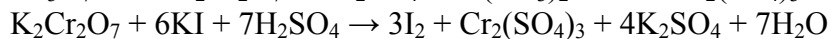
Хлорирование метана пройдет полностью:  $\text{CH}_4 + 4\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_4 + 4\text{HCl}$

Конечная газовая смесь при 1100°C будет включать 0.6 моль CCl<sub>4</sub> (16.67%) и 3 моль HCl (83.33%). Средняя молярная масса смеси двух газов будет равна  $M_{\text{ср.}}=154 \cdot 0.1667+36.5 \cdot 0.8333=56.09$  г/моль.

### Задача 11-4

В качестве стеклоочистительной жидкости «незамерзайка» может использоваться водный раствор изопропилового спирта. Для анализа на содержание спирта методом дихроматометрии 0.100 г жидкости растворили в разбавленной серной кислоте, добавили 5 мл 0.1-молярного раствора дихромата калия оранжевого цвета, нагрели до полного протекания окислительно-восстановительной реакции спирта. Непрореагировавший дихромат восстанавливали прибавлением избытка раствора йодида калия, при этом появилась коричневая окраска йода. Далее к раствору по каплям прибавляли из бюретки 0.1-молярный раствор тиосульфата натрия до полного обесцвечивания раствора, и эквивалентный объем раствора тиосульфата составил 12 мл. Определите массовую долю спирта в незамерзающей жидкости.

### Решение



$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)=12*0.1=1.2$  ммоль.      $n(\text{I}_2)=0.5n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)=0.6$  ммоль.  
 $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ прореагировавшего с KI})=0.333n(\text{I}_2)=0.2$  ммоль.  
 $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ общее})=5\text{мл}*0.1 \text{ ммоль/мл}=0.5$  ммоль.  
 $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ прореагировавшего со спиртом})=0.5-0.2=0.3$  ммоль.  
 $n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})=3n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ прореагировавшего со спиртом})=0.9$  ммоль.  
 $n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})=0.9 \text{ ммоль}*0.060 \text{ г/ммоль} =0.054 \text{ г}$ .  
 $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})=0.054/0.1=0.54$  (54%).

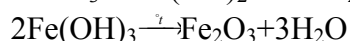
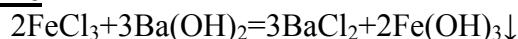
**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»  
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР  
(03 декабря 2016 года)**

**10 класс**

**Задача 10-1**

При смешивании 400 г раствора хлорида железа (III) и 400 г раствора гидроксида бария получили осадок, который отфильтровали, прокалили и взвесили. Его масса составила 25 г. К фильтрату долили избыток серной кислоты. Образовался осадок массой 120 г. Определите массовые доли веществ в исходных растворах. Напишите уравнения протекающих реакций.

**Решение**



Рассчитаем количества веществ участвующих в реакции:

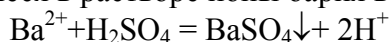
$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 25/160 = 0.15625 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 0.15625 \cdot 2 = 0.3125 \text{ моль}$$

$$n(\text{FeCl}_3) = 0.3125 \text{ моль}$$

$$m(\text{FeCl}_3) = 0.3125 \cdot 162.5 = 50.78 \text{ г}$$

Находящиеся в растворе ионы бария вступили в реакцию:



$$n(\text{BaSO}_4) = 120/233 = 0.515 \text{ моль}$$

$$n(\text{Ba}^{2+}) = 0.515 \text{ моль}$$

$$n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0.515 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0.515 \cdot 171 = 88 \text{ г}$$

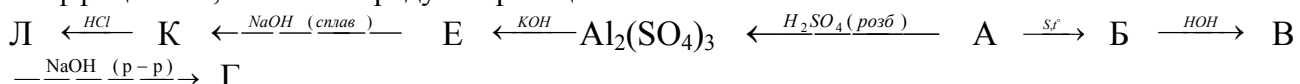
Рассчитаем массовые доли веществ в исходных растворах:

$$\omega(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 88 \text{ г} \cdot 100\% / 400 \text{ г} = 22\%$$

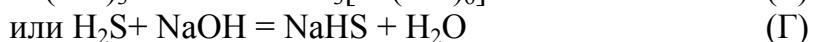
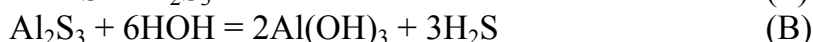
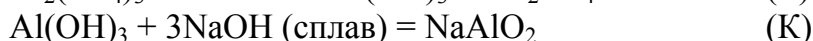
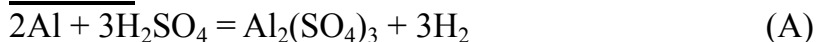
$$\omega(\text{FeCl}_3) = 50.78 \text{ г} \cdot 100\% / 400 \text{ г} = 12.7\%$$

**Задача 10-2**

Напишите уравнения, которые соответствуют следующим преобразованиям, расставьте коэффициенты, назовите продукты реакций:



**Решение**



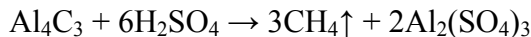
**Задача 10-3**

Соединение некоторого металла третьей группы таблицы Менделеева с углеродом в sp<sup>3</sup> гибридном состоянии содержит 75% металла по массе. Навеску этого вещества 28.8 г

растворили без остатка в разбавленной серной кислоте. К выделившемуся газу добавили равный объем хлороводорода, затем хлора до достижения относительной плотности газовой смеси по водороду 28.0415. После облучения газовой смеси ультрафиолетовым светом до полного протекания некоторой реакции при 100°C смесь включала 2 газообразных вещества. Вычислите среднюю молярную массу этой смеси. Запишите уравнения реакций.

### Решение

Формулу карбида металла обозначим  $M_4C_3$ . Тогда  $4M/(4M+36)=0.75$ . Отсюда  $M=27$ , металл — алюминий.



$$n(Al_4C_3)=28.8/144=0.2 \text{ моль.} \quad n(CH_4)=0.6 \text{ моль.}$$

По известной плотности газовой смеси по водороду 28.0415 можно вычислить среднюю молярную массу  $M_{ср.}=28.0415 \cdot 2=56.083$

Пусть  $n(Cl_2)=x$  моль. Тогда средняя молярная масса смеси трех газов будет равна

$$M_{ср.}=56.083=(16 \cdot 0.6+36.5 \cdot 0.6+71x)/(1.2+x) \quad \text{Отсюда } x=2.4$$



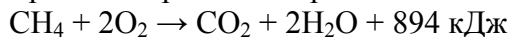
Конечная газовая смесь при 100°C будет включать 0.6 моль  $CCl_4$  (16.67%) и 3 моль  $HCl$  (83.33%). Средняя молярная масса смеси двух газов будет равна  $M_{ср.}=154 \cdot 0.1667+36.5 \cdot 0.8333=56.09 \text{ г/моль.}$

### Задача 10-4

К  $10 \text{ м}^3$  метана при н.у. добавили необходимое количество воздуха (содержащего 21% кислорода по объему, 79% азота, аргона и др. газов) и подожгли смесь. Теплота сгорания метана составляет 894 кДж/моль. Какой объем воздуха потребуется для полного сгорания? Какое количество теплоты выделится при этом? Каков станет объем газов после охлаждения продуктов до 0°C?

### Решение

Уравнение реакции горения метана:



$$n(CH_4) = 10000/22.4 = 446.4 \text{ моль}$$

Из уравнения следует, что для сгорания  $10 \text{ м}^3$  метана необходимо  $20 \text{ м}^3$  кислорода, или  $95.24 \text{ м}^3$  воздуха.

В газовой смеси после сгорания будет содержаться  $10 \text{ м}^3$   $CO_2$  и  $75.24 \text{ м}^3$  азота и аргона.

Количество выделившейся теплоты:  $Q = 446.4 \text{ моль} \cdot 894 \text{ кДж/моль} = 399082 \text{ кДж.}$

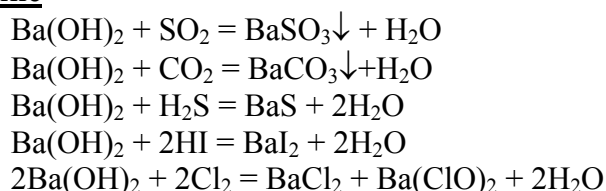
**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»  
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР  
(03 декабря 2016 года)**

**9 класс**

**Задача 9-1**

Какие продукты могут образовываться при пропускании (барботировании) через раствор гидроксида бария следующих газов: оксида серы (IV), оксида углерода (IV), сероводорода, йодоводорода, хлора. Напишите соответствующие уравнения реакций.

**Решение**



**Задача 9-2**

Растворимость нитрата серебра в 100 г воды составляет 635 г при 80°C и 228 г при 20°C. Сколько граммов нитрата серебра выпадет в осадок из 10 г насыщенного при температуре 80°C раствора, при его охлаждении до 20°C?

**Решение**

Найдем состав исходного раствора. Массовая доля вещества в насыщенном растворе ( $\omega$ ) связана с растворимостью (S) соотношением:

$$\omega = S/(S + 100).$$

$$\text{При } 80^\circ\text{C: } \omega(\text{AgNO}_3) = 635/735 = 0.864.$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 10 \cdot 0.864 = 8.64 \text{ г.}$$

При охлаждении выпало  $x$  г  $\text{AgNO}_3$ . Тогда масса конечного раствора равна  $(10 - x)$ , а массовая доля соли в охлажденном растворе равна:

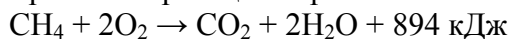
$$\omega(\text{AgNO}_3) = (8.64 - x)/(10 - x) = 228/328, \text{ откуда: } x = 5.54 \text{ г.}$$

**Задача 9-3**

К 10 м<sup>3</sup> метана при н.у. добавили необходимое количество воздуха (содержащего 21% кислорода по объему, 79% азота, аргона и др. газов) и подожгли смесь. Теплота сгорания метана составляет 894 кДж/моль. Какой объем воздуха потребуется для полного сгорания? Какое количество теплоты выделится при этом? Каков станет объем газов после охлаждения продуктов до 0°C?

**Решение**

Уравнение реакции горения метана:



$$n(\text{CH}_4) = 10000/22.4 = 446.4 \text{ моль}$$

Из уравнения следует, что для сгорания 10 м<sup>3</sup> метана необходимо 20 м<sup>3</sup> кислорода, или 95.24 м<sup>3</sup> воздуха.

В газовой смеси после сгорания будет содержаться 10 м<sup>3</sup>  $\text{CO}_2$  и 75.24 м<sup>3</sup> азота и аргона.

Количество выделившейся теплоты:  $Q = 446.4 \text{ моль} \cdot 894 \text{ кДж/моль} = 399082 \text{ кДж.}$

#### **Задача 9-4**

Определите число нейтронов, а также количество вещества нейтронов в 1 л 10% водного раствора аммиака с плотностью 1 кг/л.

#### **Решение**

Масса раствора равна 1000 г. Она включает аммиак 100 г и воду 900 г.

$$n(\text{NH}_3) = 100/17 = 5.882 \text{ моль.}$$

В каждом ядре атома азота находятся 7 нейтронов, значит  $n_1(\text{нейтронов}) = 7n(\text{NH}_3) = 41.147$  моль.

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 900/18 = 50 \text{ моль.}$$

В каждом ядре атома кислорода находятся 8 нейтронов, значит  $n_2(\text{нейтронов}) = 8n(\text{H}_2\text{O}) = 400$  моль.

Количество вещества нейтронов в целом равно 441.147 моль.

$$\text{Число нейтронов в целом равно } 441.147 * 6.023 * 10^{23} = 2675.1 * 10^{23}$$

**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»  
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР  
(03 декабря 2016 года)**

**8 класс**

**Задача 8-1**

Химическая формула некоторого бинарного соединения –  $A_xB_y$ . Могут ли быть значения  $x$  и  $y$  любыми? От чего зависит соотношения атомов  $A$  и  $B$  в молекуле? Почему эти соотношения неоднозначны (и всегда ли) для конкретной пары элементов? Ваш ответ обоснуйте примерами.

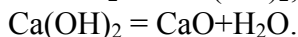
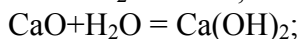
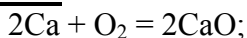
**Решение**

Нет. Значения  $x$  и  $y$  зависят от валентности элементов. Например, если валентности четные S(IV), O(II), индексы сокращают  $SO_2$ . Соотношения неоднозначные, поскольку элементы могут иметь несколько валентностей. Кроме того могут существовать несколько структурно различных соединений ( $H_2O$ ,  $H_2O_2$ ) при этом валентность элементов одинакова в обоих соединениях.

**Задача 8-2**

Кальций подожгли в воздухе. Определите состав сухого остатка после сгорания. Что произойдет с сухим остатком при выдерживании его во влажной атмосфере с последующим прокаливанием? Ответ обоснуйте. Опишите химические свойства продукта прокаливании и приведите его тривиальное название.

**Решение**



Продукт прокаливании – оксид кальция (II)  $CaO$  – негашеная известь.

Химические свойства:

Оксид кальция относится к основным оксидам. Энергично взаимодействует с водой с выделением тепла и образованием гидроксида кальция.

Как основной оксид реагирует с кислотными оксидами и кислотами, образуя соли:

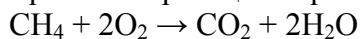
При нагревании с углеродом в пламени электрической дуги образует карбид кальция:

**Задача 8-3**

К 64 г метана при н.у. добавили необходимое кислорода и подожгли смесь. Определите массу кислорода, требуемого для полного сгорания, а также массы выделившихся продуктов горения. Напишите уравнение горения метана.

**Решение**

Уравнение реакции горения метана:



$$n(CH_4) = 64/16 = 4 \text{ моль}$$

Из уравнения следует, что для сгорания 4 моль метана необходимо 8 моль кислорода ( $8 \cdot 32 = 256$  г), выделится  $CO_2$  4 моль ( $4 \cdot 44 = 176$  г) и 8 моль  $H_2O$  ( $8 \cdot 18 = 144$  г).

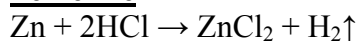
**Задача 8-4**

При растворении цинка в соляной кислоте за минуту выделялось 10 г водорода. В другой

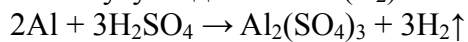


склянке алюминий растворялся в серной кислоте, и за полчаса выделилось 4032 литра водорода (при нормальных условиях). Составьте уравнения реакций. Определите, в каком случае выше скорость реакции образования газа?

**Решение**



За минуту выделилось  $n(\text{H}_2)=10/2=5$  моль.



Один моль газа при н.у. занимает объем 22.4 л.

За минуту выделилось  $n(\text{H}_2)=4032/22.4/30=6$  моль. Скорость выше для Al.

**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»  
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР  
(04 декабря 2016 года)**

**11 класс**

**Задача 11-1**

Прокаливание 4.42 г неизвестного минерала привело к уменьшению массы на 28.05%. При этом выделился газ, который при нормальных условиях занимает объем 0.448 л и имеет плотность по воздуху 1.52. Если такую же массу минерала растворить в серной кислоте, то выделится такое же количество газа. К образовавшемуся раствору голубого цвета, содержащему только один вид катионов и анионов, прибавили избыток раствора сульфида натрия, образовавшийся осадок отфильтровали и прокалили без доступа воздуха. Его масса составила 3.82 г.

1. Установите состав минерала.
2. Ответ подтвердите соответствующими расчетами.
3. Напишите уравнения протекающих реакций.

**Решение**

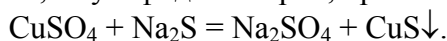
Голубой цвет раствора указывает на то, что в нем содержатся катионы меди. Газ, выделяющийся при прокаливании минерала, имеет молярную массу:

$$M(\text{газа}) = D_{\text{возд}} \cdot M(\text{возд.}) = 1.52 \cdot 29 = 44 \text{ г/моль}$$

Это соответствует молярной массе углекислого газа.

При растворении минерала в кислоте другие газы не выделяются и образуется раствор, содержащий только один вид анионов, поэтому минерал представляет собой карбонат меди.

При смешивании раствора, получившегося при взаимодействии минерала с серной кислотой, с сульфидом натрия, протекает реакция:



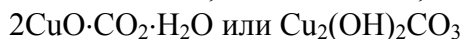
Рассчитаем количество вещества сульфида меди:

$$n(\text{CuS}) = m/M = 3.82 \text{ г} / 95.5 \text{ г/моль} = 0.04 \text{ моль.}$$

При прокаливании минерала образуется остаток массой  $4.42 \text{ г} - 0.7195 = 3.18 \text{ г}$ , в состав которого входит медь.

Предположим, что количество вещества остатка равно количеству вещества меди. Получаем  $M = 79.5 \text{ г/моль}$ , что соответствует молярной массе оксида меди. Еще  $0.02 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 0.88 \text{ г}$  приходится на долю выделившегося газа. В сумме это составляет  $4.06 \text{ г}$ , оставшееся вещество массой  $0.36 \text{ г}$  улетучивается при прокаливании минерала, но оно не представляет собой газ и может быть только водой ( $0.02 \text{ моль}$ ).

Таким образом, минерал состоит из  $0.04 \text{ моль CuO}$ ,  $0.02 \text{ моль CO}_2$ ,  $0.02 \text{ моль H}_2\text{O}$  т.е.



Это – малахит.



**Задача 11-2**

В пробирках без этикеток находятся следующие твердые вещества: нитрат серебра, сульфид натрия, хлорид кальция; порошки серебра и алюминия, а так же соляная и концентрированная азотная кислоты. В вашем распоряжении имеется вода, горелка и любое количество пробирок. Составьте уравнения реакций и укажите признаки, по которым можно определить каждое из указанных веществ.

### Решение

Сначала соли необходимо растворить в воде.

	HCl	HNO <sub>3</sub>	Уравнения реакций
AgNO <sub>3</sub>	Белый осадок	–	$\text{AgNO}_3 + \text{HCl} = \text{AgCl}\downarrow + \text{HNO}_3$
Na <sub>2</sub> S	Выделяется газ со специфическим запахом	–	$\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$
CaCl <sub>2</sub>	–	–	$\text{CaCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}\downarrow$ белый осадок
Ag	–	Выделяется бурый газ	$\text{Ag} + 2\text{HNO}_3 = \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
Al	Выделяется бесцветный газ	Выделяется бесцветный газ с приятным запахом	$8\text{Al} + 30\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{т}} 8\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{N}_2\text{O}\uparrow + 15\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$

### **Задача 11-3**

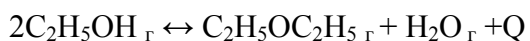
Великий русский химик Владимир Николаевич Ипатьев в своей книге «Жизнь одного химика» описал результаты своих экспериментов по реакциям превращения этанола при пропускании его паров через глиноземные трубки при высокой температуре и давлении. Оказалось, что на глиноземе идут параллельно две каталитические реакции образования из спирта этилена и диэтилового эфира. Соотношение их сильно зависит от давления и температуры. Запишите термохимические уравнения реакций. Установите для каждой реакции, в какую сторону сместится равновесие при повышении P, повышении T. Известны значения  $\Delta H^\circ_{\text{образования}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{\text{г}}) = -235.3$  кДж/моль,  $\Delta H^\circ_{\text{обр}}(\text{C}_2\text{H}_4_{\text{г}}) = +52.28$  кДж/моль,  $\Delta H^\circ_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{\text{г}}) = -241.84$  кДж/моль,  $\Delta H^\circ_{\text{обр}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5_{\text{г}}) = -252.2$  кДж/моль,

### Решение



Реакция эндотермическая.  $\Delta H^\circ = +52.28 - 241.84 + 235.3 = +46$  кДж

В соответствии с принципом Ле-Шателье повышение температуры приведет к смещению равновесия вправо  $\rightarrow$ , а повышение давления — влево  $\leftarrow$ .



Реакция экзотермическая.  $\Delta H^\circ = -252.2 - 241.84 + 2 \cdot 235.3 = -23$  кДж

Повышение температуры приведет к смещению равновесия влево  $\leftarrow$ , а повышение давления не повлияет на равновесие.

#### **Задача 11-4**

Измельченный карбид кальция (19.2 г) поместили в герметично закрытый сосуд объемом 24.64 л, заполненный сухим HCl под давлением 1 атмосферы при 0°C. Давление в сосуде начало снижаться и через некоторое время достигло 0.727 атм. Образовавшуюся смесь 2 газообразных веществ длительно нагревали, в результате чего в сосуде осталось 0.3 моль смеси паров 2 газообразных органических веществ. Запишите уравнения всех протекающих реакций, назовите органические продукты последней смеси по номенклатуре ИЮПАК, найдите их количество вещества. Определите среднюю молярную массу этой смеси.

#### **Решение**

$n(\text{CaC}_2) = 19.2/64 = 0.3$  моль.  $n(\text{HCl исходного}) = 24.64/22.4 = 1.1$  моль. При комнатной температуре весь карбид кальция прореагировал с выделением ацетилена (0.3 моль), который составил 2-компонентную смесь с оставшимся HCl (0.5 моль). Общее количество этих газов составило 0.8 моль, что соответствует понижению давления в сосуде  $0.727 * 1.1 = 0.8$  моль. В результате нагревания этой смеси весь ацетилен и весь HCl израсходуются с образованием 0.2 моль 1,1-дихлорэтана и 0.1 моль хлорэтена.



$$M(\text{смеси}) = M_1 * \varphi_1 + M_2 * \varphi_2 = 62.5 * 1/3 + 99 * 2/3 = 20.833 + 66 = 86.833.$$

**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»  
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР  
(04 декабря 2016 года)**

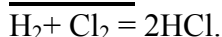
**10 класс**

**Задача 10-1**

Стеклянную емкость, заполненную смесью хлора и водорода, плотно закупорили и подвергли действию рассеянного света при постоянной температуре. Через некоторое время было установлено, что смесь содержит 10% водорода и 30% хлороводорода, а содержание хлора снизилось на 20% по сравнению с начальной смесью.

4. Вычислите начальный состав смеси (в об. %).
5. Приведите промышленные способы получения газов, о которых говорится в задаче.

**Решение**



Реакция протекает без изменения объема. В 100 объемах конечной смеси содержится:

10 объемов  $\text{H}_2$ ,

30 объемов  $\text{HCl}$  (на образование которой потрачено 15 объемов  $\text{H}_2$  и  $\text{Cl}_2$ ),

X объемов  $\text{Cl}_2$ .

15 объемов  $\text{Cl}_2$ , которые израсходовались в ходе реакции, составляют 20%.

Следовательно, в исходной смеси содержалось:  $V_0(\text{Cl}_2) = 15/20 \cdot 100 = 75$  объемов  $\text{Cl}_2$  и  $V_0(\text{H}_2) = 10 + 15 = 25$  объемов  $\text{H}_2$ . Соответственно:  $\varphi(\text{Cl}_2) = 75\%$ ;  $\varphi(\text{H}_2) = 25\%$ .

Способы получения в промышленности:

$\text{H}_2$  – электролизом воды, раствора хлорида натрия или калия, конверсией метана, водяного пара над коксом.

$\text{Cl}_2$  – электролизом раствора хлорида натрия.

$\text{HCl}$  – синтезом из простых веществ, сульфатным способом.

**Задача 10-2**

Серебристо-белое легкое простое вещество «А», обладающее хорошей тепло- и электропроводностью, бурно реагирует с темно-фиолетовым простым веществом «В». После растворения продукта в избытке щелочи и пропускания через образовавшийся раствор газа «С» выпадает белый осадок, растворимый как в кислотах, так и щелочах.

3. Установите вещества «А», «В» и «С».
4. Напишите уравнения перечисленных реакций.

**Решение**

Вещества: «А» – алюминий, «В» – йод, «С» – $\text{CO}_2$	4·3=12
$2\text{Al} + 3\text{I}_2 = 2\text{AlI}_3$ $\text{AlI}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaI}$ $\text{AlI}_3 + 4\text{NaOH}(\text{изб.}) = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{NaI}$ $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ или $2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$	2·6=12

**Задача 10-3**

Измельченный карбид кальция (19.2 г) поместили в герметично закрытый сосуд объемом 24.64 л, заполненный сухим  $\text{HCl}$  под давлением 1 атмосферы при  $0^\circ\text{C}$ . Давление в сосуде начало снижаться и через некоторое время достигло 0.727 атм. Образовавшуюся смесь 2 газообразных веществ длительно нагревали, в результате чего в сосуде осталось 0.3 моль смеси паров 2 газообразных органических веществ.

Запишите уравнения всех протекающих реакций, назовите органические продукты последней смеси по номенклатуре ИЮПАК, найдите их количество вещества. Определите среднюю молярную массу этой смеси.

### Решение

$n(\text{CaC}_2) = 19.2/64 = 0.3$  моль.  $n(\text{HCl исходного}) = 24.64/22.4 = 1.1$  моль. При комнатной температуре весь карбид кальция прореагировал с выделением ацетилена (0.3 моль), который составил 2-компонентную смесь с оставшимся HCl (0.5 моль). Общее количество этих газов составило 0.8 моль, что соответствует пониженному давлению в сосуде  $0.727 \cdot 1.1 = 0.8$  моль. В результате нагревания этой смеси весь ацетилен и весь HCl израсходуются с образованием 0.2 моль 1,1-дихлорэтана и 0.1 моль хлорэтена.



$$M(\text{смеси}) = M_1 \cdot \varphi_1 + M_2 \cdot \varphi_2 = 62.5 \cdot 1/3 + 99 \cdot 2/3 = 20.833 + 66 = 86.833.$$

### Задача 10-4

Название некоторого углеводорода по номенклатуре ИЮПАК начинается как 3-метилцикло... Углеводород содержит в своем составе водорода в 8.4 раза меньше, чем углерода (по массе). При нагревании на Pd катализаторе он легко дегидрируется в толуол, а при действии брома при комнатной температуре дает тетрабромид, в котором массовая доля брома в 32 раза больше массовой доли водорода. Определите строение углеводорода, приведите уравнения описанных реакций.

### Решение

Пусть формула углеводорода  $\text{C}_x\text{H}_y$ . Значит формула тетрабромида  $\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_4$ .

Составим 2 уравнения:

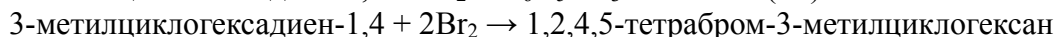
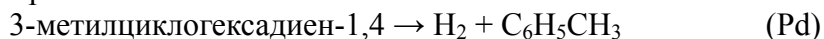
$$12x = 8.4y$$

$$320 = 32y \quad \text{Решение системы уравнений дает; } x=7, y=10. \text{ Формула } \text{C}_7\text{H}_{10}.$$

Из 7 возможных изомеров название подходит только для одного:

3-метилциклогексадиен-1,4.

Уравнения:



**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»  
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР  
(04 декабря 2016 года)**

**9 класс**

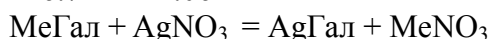
**Задача 9-1**

К раствору массой 50 г с массовой долей галогенида щелочного металла 40% добавили раствор нитрата серебра массой 20 г с массовой долей 55.3%. После образования осадка масса исходного галогенида уменьшилась в 1.5 раза.

1. Определите формулу галогенида.
2. Ответ подтвердите соответствующими расчетами.
3. Напишите уравнение протекающей реакции.

**Решение**

$$6.7 \text{ г} \quad 11.06 \text{ г}$$



$$x \text{ г} \quad 170 \text{ г}$$

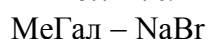
$$m_2 (\text{AgNO}_3) = 20 \cdot 0.553 = 11.06 \text{ г}$$

$$m_1 (\text{MeГал}) = 50 \cdot 0.4 = 20 \text{ г}$$

$$m_1 (\text{MeГал}) \text{ в растворе после реакции} = 20 \text{ г} / 1.5 = 13.3 \text{ г}$$

$$m(\text{MeГал}) \text{ прореагировавшего} = 20 \text{ г} - 13.3 \text{ г} = 6.7 \text{ г}$$

$$x \text{ г} = 6.7 \cdot 170 / 11.06 = 103 \text{ г}$$



**Задача 9-2**

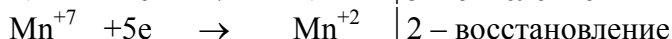
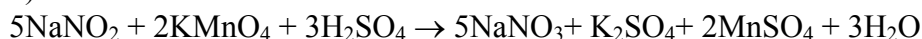
Взаимодействие между нитритом натрия и перманганатом калия протекает по схеме:



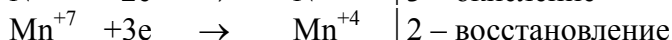
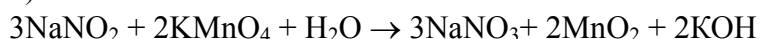
Рассмотрите реакцию с позиции теории окислительно-восстановительных процессов. Уравняйте реакцию. При каких условиях из того же самого окислителя и восстановителя можно получить другие продукты? Запишите уравнения этих реакций и приведите. О чем они свидетельствуют?

**Решение**

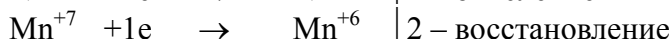
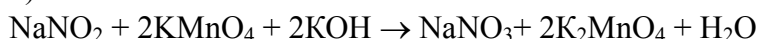
1)



2)



3)



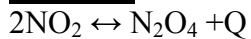
Выводы:

- а) на ход окислительно-восстановительных реакций влияет характер среды;
- б)  $\text{KMnO}_4$  является более сильным окислителем в кислой среде.

### Задача 9-3

Реакция димеризации газообразного  $\text{NO}_2$  в газообразный  $\text{N}_2\text{O}_4$  является обратимой и экзотермичной. Напишите уравнение скорости прямой и обратной реакции. Во сколько раз возрастут скорости этих процессов при повышении давления в реакторе в два раза путем сжатия смеси? В какую сторону сместится равновесие при повышении давления? При повышении температуры?

#### Решение



$$v_1 = k_1[\text{NO}_2]^2$$

$$v_2 = k_2[\text{N}_2\text{O}_4]$$

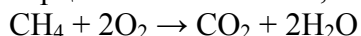
При повышении давления в 2 раза сжатием смеси концентрация обоих веществ возрастет в 2 раза. Скорость прямой реакции увеличится в 4 раза, а обратной реакции — в 2 раза. Равновесие сместится вправо. При повышении температуры экзотермической реакции равновесие сместится влево.

### Задача 9-4

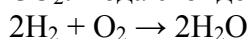
Смесь 16 мл метана, 8 мл водорода, 44 мл кислорода и 32 мл азота была приготовлена при нормальных условиях и подожжена. Определите общий объем смеси и объемные доли газов после окончания реакции и приведения продуктов к первоначальным условиям. Запишите уравнения реакций.

#### Решение

Поскольку количества веществ при постоянной температуре и давлении пропорциональны парциальным объемам, то удобнее вести расчеты в объемах газов.



Метан 16 мл сгорит без остатка, при этом израсходуется 32 мл кислорода и выделится 16 мл  $\text{CO}_2$ . Вода сконденсируется в жидкость.



Водород 8 мл также сгорит без остатка, израсходовав 4 мл кислорода, полученная вода сконденсируется.

После реакций смесь газов будет содержать:

азот (32 мл),  $\text{CO}_2$  (16 мл),  $\text{O}_2$  (44-32-4=8 мл). Общий объем смеси равен 56 мл.

Объемные доли газов составят:

$$\varphi(\text{N}_2) = 32/56 = 0.5714 \text{ (57.14\%)}$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = 16/56 = 0.2857 \text{ (28.57\%)}$$

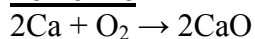
$$\varphi(\text{O}_2) = 8/56 = 0.1429 \text{ (14.29\%)}$$





металлического кальция. Кислую или щелочную среду образует продукт при растворении в воде? Какой цвет приобретет индикатор лакмус? Запишите уравнение реакции.

**Решение**



$$n(\text{Ca}) = 20/40 = 0.5 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}_2) = 0.5n(\text{Ca}) = 0.25 \text{ моль}$$

$$m(\text{O}_2) = 0.25 \cdot 32 = 8 \text{ г.}$$

$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$       Гидроксид кальция — основание, среда щелочная. Фиолетовый лакмус станет синим.

**Задача 8-4**

Запишите формулу фосфорсодержащей кислоты с учетом того, что массовые доли фосфора и водорода составляют соответственно 37.80% и 3.659%, остальное — кислород. Молекула включает только один атом фосфора.

**Решение**

Массовая доля кислорода равна  $100 - 37.80 - 3.66 = 58.54\%$

Найдем соотношение количества элементов:  $n(\text{H}):n(\text{P}):n(\text{O}) = 3.66 : 37.80/31 : 58.54/16 = 3.66:1.22:3.66 = 3:1:3$ .

Формула  $\text{H}_3\text{PO}_3$ .