**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников**

**по химии в 2019/2020 учебном году**

**Теоретический тур (решения)**

**8 КЛАСС**

***150-летию Периодической системы химических элементов посвящается…***

***Задача 1. Исправленному - верить, или … триумф одного научного прогноза***

Для этого элемента – основы атомной энергетики − до 1870 г. правильной считалась атомная масса, определенная в 1841 г. французским химиком Э.М. Пелиго в результате проведения двух последовательных реакций:

1) взаимодействие оксида этого элемента с углем и хлором (при высокой температуре) с образованием хлорида этого элемента и оксида углерода;

2) взаимодействие хлорида этого элемента с калием (при высокой температуре) с образованием простого вещества и хлорида калия.

В 1870 г. Д.И. Менделеев, руководствуясь исключительно требованиями открытого им периодического закона, *удвоил* общепризнанную в то время атомную массу этого элемента. Впоследствии этот прогноз Д.И. Менделеева подтвердился исследованиями Г.Роско, К. Раммельсберга, К. Циммермана и др.

В 1881 г. К. Циммерман определил значение атомной массы этого элемента по плотности паров его бромида ЭBr***x*** и хлорида ЭCl***x***. Согласно К. Циммерману, D*возд*(ЭBr***x***) : D*возд*(ЭCl***x***) ≈ 1,47: 1. Известно, что бромид ЭBr***x*** был получен при нагревании простых веществ – по реакции (3), а хлорид ЭCl***x***– по реакции (1) опыта Э.М. Пелиго, в которой этот элемент не меняет своей степени окисления.

В настоящее время относительные молекулярные массы этих галогенидов ЭBr***x*** и ЭCl***x*** определены более точно и равны 577,65 и 379,84, соответственно.

**1.**Определите значения относительной атомной массы этого элемента: современное, определенное К. Циммерманом, принятое Д.И. Менделеевым и определенное Э.М. Пелиго. Приведите расчеты (результат расчетов с использованием современных данных округлите до 0,01; результаты расчетов по данным К. Циммермана округлите до десятков).

**2**.Определите химический элемент, укажите его порядковый (атомный) номер.

**3**.Приведите уравнения реакций (1) и (2), проведенных Э.М. Пелиго, и уравнение реакции (3), проведенной К. Циммерманом.

 (**20 баллов**)

***Решение***

**1**. По современным значениям относительной молекулярной массы галогенидов этого элементаЭBr***x*** и ЭCl***x*** можно найти его относительную атомную массу, решив систему уравнений с двумя неизвестными:

$\left\{\begin{array}{c}A\_{r}+79,904x=557,65\\A\_{r}+35,453x=379,84\end{array}\right.$ ,

где $A\_{r}$ – относительная атомная масса искомого элемента, а ***х*** – число атомов Br и Cl в формульной единице вещества, содержащего этот элемент.

Из первого уравнения можно выразить$A\_{r}$:

$A\_{r}=557,65- 79,904x$.

Это выражение можно подставить во второе уравнение:

$$557,65- 79,904x+35,453x=379,84$$

$x$ = 4,00

Отсюда, $A\_{r}=557,65- 79,904∙4$ = 238,03

или $A\_{r}=379,841-35,453 ∙4 $ = 238.03

**А*r*(Э) ≈ 238,03**, что соответствует относительной атомной массе ***урана***.

 (**5б**)

По данным К. Циммермана, D*возд*(ЭBr***x***) : D*возд*(ЭCl***x***) ≈ 1,47: 1. Для газов, находящихся в одинаковых условиях, отношение плотностей равно отношению их молярных масс или отношению их относительных молекулярных масс. Следовательно: $\frac{М\_{r}(ЭBr\_{x})}{М\_{r}(ЭCl\_{x})}$ = 1,47. Для расчетов можно взять приближенные значения современных относительных атомных масс элементов (тем более что они соответствуют принятым в 1881 г. значениям атомных масс элементов).

Тогда: (А*r +* 80*x*) / (А*r +* 35,5*x*) = 1,47

А*r +* 80*x* = 1,47А*r +* 52,19*x*

А*r*= 59,17*x*

 (**5б**)

Хлорид ЭCl***x*** получается в результате реакции (1) из оксида ЭО**½*х***, поскольку элемент Э не меняет своей степени окисления, и она равна ***х***, степень окисления хлора в хлоридах -1, и кислорода в оксидах -2. Поэтому в рассматриваемых галогенидах ЭCl***x*** и ЭBr***x*** значение*x* может быть только четным.

При ***x*** *=*2, А***r***(Э) = 118,34, или А***r***(Э) ≈ 120, однако в периодической системе элементов между оловом и сурьмой нет места для еще одного элемента. При ***x****=*4, А***r***(Э) = 236,68, или **А*r*(Э) ≈ 240,** что близко к современному значению относительной атомной массы ***урана*** и полностью подтверждаетпрогноз Д.И. Менделеева.

 **(4б)**

Поскольку в 1870 г. Д.И.Менделеев*удвоил* общепризнанную тогда атомную массу урана и получил значение **А*r*(U) = 240**,значит,в 1841 г.Э.М. Пелиго принял значение атомной массы урана **А*r*(U) = 12**0 .

  **(2б)**

**2**. Химический элемент – ***уран***, его порядковый (атомный) номер 92.

  **(1б)**

**3**. Реакция (1), проведенная Э.М. Пелиго, идет по уравнению:

UO2 + C + 2Cl2 = UCl4 + CO2

или по уравнению:

UO2 + 2C + 2Cl2 = UCl4 + 2CO

или одновременно по обоим уравнениям. (За правильный ответ следует считать любой приведенный вариант). **(1б)**

Реакция (2), проведенная Э.М. Пелиго, идет по уравнению:

UCl4 + 4K = U + 4KCl**(1б)**

Реакция (3), проведенная К. Циммерманом, идет по уравнению:

U + 2Br2 = UBr4 **(1б)**

***Задача 2. Предсказанное - открыть, или … насколько точным может быть научный прогноз***

В 1889 г. Д.И. Менделеев писал: «Описаны были три элемента: *экабор*,*экаалюминий*и*экасилиций*, и вот теперь, когда не прошло еще 20 лет с тех пор (1869), я имею величайшую радость видеть их открытыми». Свойства одного из трех названных элементов он предсказал подробнее, чем свойства других элементов. Спустя 15 лет, в 1886 г. в минерале *аргиродите* этот элемент был открыт К.А. Винклером, который в 1888 г. описал свойства нового элемента и его важнейших соединений. Некоторые из предсказанных и экспериментально определенных свойств этого элемента представлены в таблице. Характеризуя этот прогноз Д.И. Менделеева, физик М.П.Бронштейн остроумно заметил: «Пожалуй, … Менделеев предвидел в этом элементе всё, кроме его названия».

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Предсказано в 1871 г. Д.И. Менделеевым | Найдено в 1886-1887 гг. К.А. Винклером | Современные данные  |
| ***Химический элемент …***Атомная масса - …Валентность IV***…******Простое вещество*** Удельный вес 5,5 г/см3Атомный объем 13**…*****Окись … - …***Удельный вес 4,7 г/см3…***Хлористый … - …***Удельный вес 1,9 г/см3Молекулярный объем 113 | ***Химический элемент …***Атомная масса - …Валентность IV***…******Простое вещество*** Плотность 5,47 г/см3Атомный объем 13,22**…*****Окись … - …***Плотность 4,703 г/см3…***Хлорид … - …***Плотность 1,887 г/см3Молекулярный объем 113,35 | ***Химический элемент …***Относительная атомная масса -…Степени окисления -4, 0, 2, **4*****…******Простое вещество*** Плотность 5, 323 г/см3(20ºС) Молярный объем 13,64 см3/моль**…*****Высший оксид … - …***Плотность 4,703 г/см3(18ºС)…***…хлорид … - …***Плотность 1,87 г/см3(25ºС)Молярный объем 114,65 см3/моль |

**1**.Определите современное значение относительной атомной массы этого элемента. Приведите название этого элемента, порядковый (атомный) номер и положение его в Периодической системе химических элементов.

**2**.Как правило, названия химическим элементам давали их первооткрыватели. Как называли этот элемент Д.И. Менделеев и К.А. Винклер?

**3**.Приведите формулы описанных Д.И. Менделеевым и К.А. Винклером соединений этого элемента. Приведите рассуждения и, если необходимо, расчеты.

**4**.Исследования К.А. Винклера привели не только к открытию нового элемента, но и к уточнению химического состава минерала аргиродита, в котором этот элемент был открыт. Согласно К.А. Винклеру, в химическую формулу аргиродита входят три элемента, причем, массовые доли серебра и серы в минерале составляют 76,5% и 17,1%, соответственно. Выведите химическую формулу аргиродита.

(**20 баллов**)

***Решение.***

**1**. По значениям плотности и молярного объема вещества можно определить его молярную массу, а по молярной массе простого вещества – химический элемент. Т.к. ρ = m / V= M / Vm , то M = ρ ∙ Vm.

М (простого вещества) = 5,323 ∙13,64 = 72, 61 (г/моль).

Следовательно, Аr(элемента) = 72, 61.

Химический элемент – ***германий Ge***, его порядковый (атомный) номер 32, элемент 14 группы 4 периода в длиннопериодном варианте Периодической системы химических элементов (или элемент главной подгруппы 4 группы 4 периода в короткопериодном варианте Периодической системе элементов)

 (**5б**)

**2**. Д.И. Менделеев называл этот элемент ***экасилицием*** по его положению в периодической системе, т.е. первым, следующим за кремнием в своей группе Периодической системы. Немецкий ученый К.А. Винклер назвал этот элемент ***германием*** в честь своей родины.

 (**5б**)

**3**. В таблице приведены некоторые данные об оксиде и хлориде этого элемента – оксид германия (IV) **GeO2** и хлорид германия (IV) **GeCl4**.

Приведены данные оксида германия **GeO2,** посколькуД.И.Менделеев и К.А. Винклер определили для этого элемента только одну валентность − IV. Можно и иначе объяснить: плотность оксида по Д.И.Менделееву, плотность оксида по К.А. Винклеру и современное значение плотности оксида хорошо совпадают, следовательно, в таблице приведен один оксид, про который сказано, что он высший, а для германия высшая степень окисления равна 4, и химическая формула этого оксида **GeO2.**

Приведены данные хлорида германия **GeCl4** посколькуД.И.Менделеев и К.А. Винклер определили для этого элемента только одну валентность − IV. Можно и иначе объяснить: плотность хлорида по Д.И.Менделееву, плотность хлорида по К.А. Винклеру и современное значение плотности хлорида хорошо совпадают, следовательно, в таблице приведен один хлорид, для которого известны его плотность и молярный объем. По этим данным можно рассчитать молярную массу вещества, а по ней установить химическую формулу хлорида.

М (хлорида) = 1,87 ∙114,65 = 214, 40 (г/моль).

Отсюда: Мr (GeCl***x***) = Ar(Ge) + ***x***∙ Ar(Cl)

72,610+ 53,453***x*** = 214, 40

***x*** = 4,

и химическая формула этого хлорида **GeCl4.**

(За правильный ответ следует считать любой приведенный вариант)

 **(5б)**

**4.** Третьим элементом в химической формуле аргиродита является германий, массовая доля германия в минерале составляет:

ω(Ge) = 100 – 76,5 − 17,1 = 6,4%/

Обозначив химическую формулу аргиродита как Ag***x***Ge***y***S***z***можно установить соотношение: ***x***: ***y***: ***z*** = $\frac{76,5}{107,868}$ :$\frac{6,4}{72,610}$ : $\frac{17,1}{32,066}$ ; ***x***: ***y***: ***z*** = 0,709 : 0,088 : 0,533 ;

***x***: ***y***: ***z*** =8,06 :1 : 6,06, или ***x***: ***y***: ***z*** = 8:1:6

Следовательно, химическая формула аргиродитаAg**8**GeS**6.**

  **(5б)**

***Задача 3. Дважды предсказанному - быть, или … долгожданное событие в благородном семействе***

Существование этого элемента действительно предсказали два химика – французский химик П.Э. Лекок де Буабодран и английский химик и физик Уильям Рамзай. После открытия *аргон*а (в 1794 г.) и *гелия* (земного гелия, в 1895 г.) У. Рамзай пришел к выводу о возможности существования еще одного химически недеятельного газа. В 1897 г. в докладе «Неоткрытый газ» У. Рамзай указал атомную массу этого элемента, плотность образованного им газа и описал важнейшие физические свойства этого газа. Фактически же поиски этого нового элемента начались много раньше и завершились 7 июня 1898 г. В этот день удалось надежно зафиксировать линии спектра, нехарактерные ни для одного из известных газов в пробе, содержащей смесь газов плотностью 14,67 (по водороду), содержащей 53,3% (по объему) нового газа и 46,7% (по объему) аргона (плотность 20).

**1**.Определите значение плотности нового газа, открытого 7 июня 1898 г. Приведите расчеты.

**2**.Приведите название этого химического элемента, его порядковый (атомный) номер и местонахождение в Периодической системе элементов.

**3**.Закончите слова У. Рамзая, сказанные им в докладе «Неоткрытый элемент»: «Пользуясь методом нашего учителя Менделеева, можно уверенно говорить о существовании газа с атомным весом около …». Почему У. Рамзай смог предсказать достаточно точно свойства именно этого элемента?

**4**.Этот газ используется для заполнения (при низком давлении) стеклянных газосветных трубок в световой рекламе с целью получения свечения красного цвета. Сколько атомов этого газа могут находиться в трубке длиной 1,00м и диаметром 20мм, если ее заполнять газом при нормальных условиях.

(**20 баллов**)

***Решение.***

**1**. Определить значение плотности нового газа можно по формуле смешения: $D\_{Н\_{2}}($смеси) = $D\_{Н\_{2}}$(нового газа)∙φ (нового газа) + $D\_{Н\_{2}}(Ar)$ ∙ φ$(Ar)$,

где $D\_{Н\_{2}}$(газа) – плотность по водороду газа, φ (газа) – объемная доля газа.

Тогда $D\_{Н\_{2}}$(нового газа) = $\frac{D\_{Н\_{2}}\left(смеси\right)- D\_{Н\_{2}}(Ar)∙φ(Ar)}{φ(нового газа)}$

$D\_{Н\_{2}}$(нового газа) = $\frac{14,67-20∙0,466}{0,533}$ = 10,0 **(5б)**

**2.** Поскольку речь идет о благородном газе (инертном газе), то новый газ имеет одноатомные молекулы. Значит, относительная молекулярная масса газа будет равна относительной атомной массе элемента:

М***r*** (нового газа) = $D\_{Н\_{2}}$(нового газа) ∙ М***r***(Н2)

М***r*** (нового газа) = 10.0∙ 2,016 = 20,16.

А***r*** (нового газа) = 20,16

Химический элемент - **неон Ne**. Порядковый номер неона 10, находится он в 18 группе 3 периода длиннопериодного варианта Периодической системы химических элементов. Современное значение относительной атомной массы неона 20,18, что близко к значению, полученному У.Рамзаем.

 **(5б)**

**3**. У. Рамзай в докладе «Неоткрытый элемент» сказал: «Пользуясь методом нашего учителя Менделеева, можно уверенно говорить о существовании газа с атомным весом около **20**». У. Рамзай смог предсказать свойства именно этого элемента потому, что открытые тогда гелий и аргон имели атомные массы 4 и около 40, соответственно. Разность составляет 36, что было бы слишком много для элементов, находящихся в соседних периодах. С другой стороны, атомная масса гелия имеет промежуточное значение между атомными массами водорода и лития. Атомная масса аргона сопоставима с атомной массой хлора и калия. Значит, должен быть элемент с атомной массой сопоставимой с атомной массой фтора (19) и натрия (23). Этот элемент должен иметь промежуточное значение атомной массы между гелием и аргоном.

  **(5б)**

**4*.*** Неон действительно до сих пор используется для заполнения стеклянных газосветных трубок. Если цилиндрическую трубку заполнять неоном при нормальных условиях, то 1 моль неона займет объем около 22, 4 л. Из соотношений ν  = V**o** / V**m,o** и ν  = N / NA

можно найти число частиц газа: N = NA∙ (V**o** / V**m,o)**

Поскольку молекулы неона одноатомны, то число его атомов будет равно числу молекул в занимаемом объеме: Nат = NA∙ (V**o** / V**m,o)**

Остается найти объем трубки и подставить: V**трубки** = ***πr*2*l,***

где ***r –*** радиус трубки***, l –*** ее длина.

V**трубки** = π∙(0,01м)2***∙***1,00м =3,14∙10-4 м3, или 0,314 л ;

Nат(Ne) = 6,02∙1023∙ 0,314 : 22,4

Nат(Ne) = 8,44∙1021 **(5б)**

***Задача 4. Химическая логика, или … каждой клетке - своего льва***

В организме взрослого человека содержание этих четырёх химических элементов различно: 60 мг; 1,5 г; 2 кг и 15 кг (все цифры приведены для среднего человека и носят приблизительный характер). Только два химических элемента, расположенные в соседних группах Периодической системы, имеют порядковые номера, совпадающие с номерами их групп в длиннопериодном варианте Периодической таблицы (таблицы с 18-ю группами элементов).

Только два химических элемента расположены в одной группе Периодической системы и имеют порядковые номера, отличающиеся друг от друга на 8 единиц. Порядковые номера двух элементов, расположенных в разных группах и разных периодах, отличаются друг от друга не более чем на 7 единиц. Один из элементов образует простое вещество плотностью 2,7 г / см3, объём 1 моль этого вещества составляет 10,00 см3/ моль (н.у.).

**1.**Определите химические элементы.

**2.**Приведите расчеты и рассуждения.

**3.**Для каждого элемента приведите его содержание в организме среднего взрослого человека.

(**20 баллов**)

***Решение***

1. Химические элементы – углерод С (порядковый номер 6), азот N (порядковый номер 7), алюминий Al (порядковый номер 13), кремний Si (порядковый номер 14).

 (**5б**)

**2**. По значениям плотности и молярного объема вещества можно определить его молярную массу, а по молярной массе простого вещества – химический элемент. Т.к. ρ = m / V= M / Vm , то M = ρ ∙ Vm.

М(простого вещества) = 2,7 ∙10,00= 27 (г/моль).

 (**5б**)

Следовательно, первый химический элемент – это металлический элемент алюминий Al, поскольку его относительная атомная масса Аr(Al) = 27, и его порядковый номер (13) совпадает с номером его группы (13).

Тогда второй элемент – это кремний Si, поскольку его порядковый номер (14) совпадает с номером его группы (14), и поскольку кремний Si и алюминий находятся в соседних группах.

Значит, третьим элементом должен быть углерод C, поскольку именно он находится с кремнием Si в одной группе (группе номер 14), и его порядковый номер (6) отличается от порядкового номера кремния на 8 единиц.

Тогда четвертым элементов должен быть азот N, поскольку только в этом случае соблюдаются все предыдущие условия и последнее условие о том, что порядковые номера двух элементов, расположенных в разных группах и разных периодах, должны отличаться друг от друга не более чем на 7 единиц.

Получили следующие элементы −Al, Si, C, N.

 (**5б**)

1. В организме среднего взрослого человека содержится приблизительно 15 кг углерода C, 2 кг азота N, 1,5 г кремния Si и 60 мг алюминия Al.

 (**5б**)

***Задача 5. Элементы-рекордсмены, или … самые-самые-самые…***

В кроссворде приведены названия восемнадцати химических элементов, каждый из которых в чем-то единственный, первый или «самый …».

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1**  |  | **2** |
| **3** |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **4** |  |
|  | **5** |  |  |  |  |  |  |  | **6** |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **7** |  |  |  |  |  | **8** |  |  |  |
|  |  | **9** | **10** |  |  |  |  |  |
| **11** |  |  |  |  | **12** | **13** |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **14** |  |  |  |  |  |  |  |
| **15** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | **16** |  |  |  |  |
| **17** |  |  |  |  |  |  |

Название еще одного элемента состоит из букв, находящихся в выделенных клетках сетки кроссворда.

**По горизонтали**: **3.** Первыйэлемент, который сначала был синтезирован (в 1937 году), и только потом найден в природе (в 1961 г.) **5.** Первый элемент, в названии которого было отражено имя реального человека (в 1879 г. элемент получил название по минералу, названному в 1847 г. в честь горного инженера, начальника штаба Корпуса горных инженеров В.Е.  Самарского-Быховца).

**6.** Самый распространенный в литосфере элемент. **7.** Элемент, образующий самое тяжелое газообразное простое вещество (плотность 9,73 г/л при нормальных условиях). **9.** Самый распространенный в атмосфере элемент.

**11.** Единственный элемент, образующий жидкий при комнатных условиях неметалл. **12.** Элемент, образующий простое вещество с самым высоким пределом прочности на разрыв (5,7 ГПа). **14.** Элемент, кубическая алллотропная модификация которого имеет самую высокую твердость (твердость шкале Мооса составляет 10). **15.** Элемент, образующий самый тугоплавкий металл (температура плавления 3422ºС). **16.** Единственный элемент, образующий жидкий при комнатных условиях металл; элемент, образующий самый легкоплавкий металл (температура плавления -38,8ºС). **17.** Элемент,образующий самый мягкий металл (твердость по шкале Мооса составляет 0,2).

**По вертикали**: **1.** Единственный элемент, образующий простое вещество, затвердевающее только под высоким давлением (температура плавления − 272,2ºС под давлением 26 атм); элемент, образующий вещество с самой низкой температурой кипения (температура кипения −268,9ºС под давлением 1атм).

**2.** Элемент, образующий самый легкий металл (плотность 0,5 г/см3 при 0ºС).

**4.** Единственный элемент, все три изотопа которого имеют свои названия; самый распространенный элемент во Вселенной; элемент, образующий самый легкий газ. **5.** Единственный элемент, давший название стране (а не наоборот – как элементы германий, франций, рутений, полоний); элемент, простое вещество которого обладает самой высокой электропроводностью (его электропроводность относительно ртути равна 63,1 при 0ºС). **8.** Элемент, образующий самый химически активный неметалл, что отражено в его названии, предложенном в 1810 г. Андре Ампером (от древне-греческогоφθόρος – разрушение, порча, вред). **10.** Элемент, образующий самый ковкий металл. **13.** Элемент,образующий самый тяжелый на Земле металл (плотность 22,6 г/см3 при 0ºС, немного больше плотности иридия).

**1**. Впишите названия всех упомянутых химических элементов в сетку кроссворда.

**2**. Выпишите отдельно название зашифрованного в кроссворде химического элемента.

**3**. Что Вы знаете (или можете предположить) о том, в чем этот элемент может быть первым.

(**20 баллов**)

***Решение***

***1.***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1 г** |  | **2л** |
| **3т** | **е** | **х** | **н** | **е** | **ц** | **и** | **й** |
| **л** |  | **т** |  | **4в** |  |
|  | **5с** | **а** | **м** | **а** | **р** | **и** | **й** |  | **6к** | **и** | **с** | **л** | **о** | **р** | **о** | **д** |
| **е** |  | **й** |  | **й** |  | **д** |  |
| **7р** | **а** | **д** | **о** | **н** |  | **8ф** |  | **о** |  |
| **е** |  | **9а** | **10з** | **о** | **т** |  | **р** |  |
| **11б** | **р** | **о** | **м** |  | **12б** | **13о** | **р** |  | **о** |  | **о** |  | **о** |  |
| **р** |  | **с** |  | **14у** | **г** | **л** | **е** | **р** | **о** | **д** |  |
| **15в** | **о** | **л** | **ь** | **ф** | **р** | **а** | **м** |  | **о** |
|  | **и** |  | **16р** | **т** | **у** | **т** | **ь** |
| **17ц** | **е** | **з** | **и** | **й** |  | **о** |

Пункты 5 и 9 по горизонтали кроссворда − по 0,5 балла, остальные пункты кроссворда – по 1 баллу **(17б)**

**2.** Галлий  **(1б)**

**3.** Галлий был открыт первым из предсказанных Д.И. Менделеевым элементов. Исходя из периодического закона, Д.И.Менделеев предсказал в 1869 г. существование нескольких элементов, в том числе и галлия. В 1870 г. Д.И.Менделеев описал важнейшие физические и химические свойства неоткрытого еще элемента (назвал его экаалюминием) и предсказал, что открыт он будет методом спектрального анализа. В 1775 г. французский ученый П.Э. Лекок де Буабодран открыл, выделил и исследовал новый элемент (назвал его галлием), полностью подтвердив предсказание Д.И.Менделеева.

  **(2б)**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады**

**школьников по химии в 2019/2020 учебном году**

**Теоретический тур (решения)**

**9 КЛАСС**

***Задача 1*.**

Имеются образцы следующих металлов: Pb, Cu, Na, Hg, Au, W, Ag, и Co. Определите эти металлы по следующим характеристикам:

а) очень мягкий, режется ножом;

б) желтого цвета;

в) имеет матовую поверхность;

г) самый тугоплавкий;

д) жидкий при комнатной температуре;

е) красного цвета;

ж) обладает металлическим блеском и высокой электропроводностью;

з) его название в переводе с немецкого означает «домовой или дух-хранитель»

**(20 баллов)**

***Решение.***

а) Na(натрий) **(2,5 б)**

б) Au (золото) **(2,5 б)**

в) Pb (свинец) **(2,5 б)**

г) W (вольфрам) **(2,5 б)**

д) Hg (ртуть) **(2,5 б)**

е) Cu (медь) **(2,5 б)**

ж) Ag (серебро) **(2,5 б)**

з) Co (кобальт) **(2,5 б)**

***Задача 2.***

Какие новые вещества можно получить, используя Cl2, AgNO3, S и H2O.

**(20 баллов)**

***Решение.***

1) 4AgNO3+2H2O→4Ag+О2+4НNO3 (электролиз) **(4 б)**

2) 2AgNO32Ag+О2+2NO2 **(4 б)**

3) 2Ag+Cl2→2AgCl **(4 б)**

4) S + О2→ SО2 **(4 б)**

5) Cl2 + H2O→ НСl + НСlО **(4 б)**

***Задача 3.***

Прочтите этот текст и ответьте на вопросы. «Когда в густом крепком купоросном масле, с которым четыре доли воды смешано, влитым в узкогорлую склянку, положены будут железные опилки, тогда выходящий пар от свечного пламени загорается… Иногда случается, что загоревшийся пар склянку с великим треском разрывает» (М. В. Ломоносов, Полное собрание сочинений). Для справки: купоросным маслом раньше называли концентрированную серную кислоту.

Вопросы, на которые нужно ответить:

**1.**Определите массовую долю (%) растворённого вещества в разбавленном «купоросном масле», если исходная массовая доля в «крепком купоросном масле» составляла 98 %, а доли воды при разбавлении были взяты по массе.

**2.**Напишите уравнения реакций железа с раствором «купоросного масла» и горения «выходящего пара».

**3.**Напишите 3 уравнения реакций, которые могут протекать при взаимодействии железных опилок с раствором «купоросного масла» в зависимости от ее концентрации.

**4.**Определите соотношение объёмов разбавленного раствора «купоросного масла» (плотность 1,2 г/см3) и «выходящего пара» при нормальных условиях, если принять протекание химических процессов количественными.

**(20 баллов)**

***Решение***

1. Пусть было 100 г концентрированного раствора. (Содержание «купоросного масла» – серной кислоты – 98 г) Тогда масса добавленной воды составит 400 г. Общая масса раствора – 500 г. Массовая доля серной кислоты составит 98 : 5 = 19,6 (%).

**(5б)**

**2**.Уравнения взаимодействия железа с разбавленной серной кислотой:

Fe + H2SO4 → FeSO4 + H2**(2б)**

Уравнение горения «выходящего пара»

2H2 + O2 → 2H2O**(1б)**

**3**. Уравнения взаимодействия железа с раствором серной кислоты различной концентрации:

При более высокой концентрации кислоты наряду с водородом могут выделяться сероводород и сера:

4Fe + 5H2SO4 →4FeSO4 + H2S + 4H2O **(2б)**

3Fe + 4H2SO4 → 3FeSO4 + S + 4H2O **(2б)**

Концентрированная серная кислота образует оксид серы (IV) и cульфат железа (III):

2Fe + 6H2SO4Fe2(SO4)3 + 3SO2 + 6H2O**(2б)**

**4.** Масса 1 литра разбавленного раствора серной кислоты

m р-ра (H2SO4)=V∙ρ=1000∙1,2=1200 г

m (H2SO4)= mр -ра∙ω(H2SO4) =1200∙0,196=235,2 г или 235,2/98=2,4 моль

Тогда при полном взаимодействии кислоты с железом выделяется водород, объемом:

V(Н2) = 2,4·22,4 = 53,76(л).

Таким образом, объём выделяющегося водорода в 53,76раз больше объёма разбавленной серной кислоты.

**(6б)**

***Задача 4*.** Смесь медного купороса CuSO4·5H2O и кристаллов соды Na2CO3·10H2O содержит 38% связанной воды. Рассчитайте, чему равны массовые доли каждого из веществ в смеси.

**(20 баллов)**

***Решение***

Пусть m − масса смеси, г.

Пусть х− массовая доля CuSO4∙5H2O в смеси.

Тогда: m∙х − масса CuSO4∙5H2O в смеси, а (m − m∙х) − масса Na2CO3·10H2O в смеси. Масса воды в смеси равна: 0,38∙ m

**(2б)**

Масса воды в m∙х равна m∙х∙5∙18/250

**(4б)**

Масса воды в (m − m∙х) равна (m −m∙х) ∙10∙18/286

**(4б)**

Тогда:

0,38∙m = 5∙18∙m∙х/250 + 10∙18∙(m −m∙х)/28

0,38∙m = 0,36 m∙х+0,63∙m - 0,63∙m∙х

0,63∙m∙х - 0,36∙m∙х= 0,63∙m - 0,38∙m

0,27∙m∙х= 0,25∙m

х= 0,25∙m/ 0,27∙m= 0,925 или 92,5% массовая доля CuSO4∙5H2O

**(8б)**

Массовая доля Na2CO3·10H2O составляет 100-92,5=7,5% **(2б)**

***Задача 5.***Определите зашифрованные вещества и напишите уравнения реакций, если известно, что два газа А и Б (оба с резким запахом) в зависимости от условий реагируют между собой по-разному:

а) в случае избытка газа А:

8А+3Б→6В+Г

б) в случае избытка газа Б:

2А+3Б→ Г+6Д.

Белое вещество В разлагается при нагревании (напишите уравнение этой реакции), образуя вещества А и Д. Известно также, что плотность газа А составляет 0,76 г/л (н.у.), плотность газа Б - 3,17 г/л (н.у.), а плотность газа Г - 1,25 г/л (н.у.).

**(20 баллов)**

***Решение.***

Так как ρ(А)=0,76 г/л, то его М= 0,76∙22,4=17г, что соответствует NH3

**(1б)**

Так как ρ(Б) =3,17 г/л, то его М= 3,17∙22,4=71 г, что соответствуетCl2

**(1б)**

Поскольку ρ(Г)=1,25 г/л, то его молярная масса равна

М= 1,25∙22,4=28 г, что соответствует N2

**(1б)**

Тогда:

А −NH3

Б−Cl2

В −NH4Cl

Г −N2

Д –HCl**(9б)**

Уравнения реакций:

1) 8NH3+3Cl2→6NH4Cl+N2**(3б)**

2) 2NH3+3Cl2→N2+6HCl **(3б)**

3) NH4Cl NH3+HCl (**2б)**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады**

**школьников по химии в 2019/2020 учебном году**

**Теоретический тур (решения)**

**10 КЛАСС**

***Задача 1.***

Смесь этена и пропена объемом 11,2 л имеет плотность по водороду 16,8. К смеси прибавили такой же объем водорода и пропустили ее над платиновым катализатором. Объем смеси на выходе из реактора составил 17,92 л. Определите состав начальной и конечной смеси газов (в % по объему) и степень превращения (в %), считая, что она одинакова для обоих алкенов. Все объемы измерены при н.у.

**20 баллов**

***Решение .***

Определим состав исходной смеси.

Пусть а – доля этена.

Тогда 14 a + 21(1 − a) = 16,8,

a = 0,6.  **(4б)**

Всего смесь содержит 0,5 моль газов. Т.е. ее состав: 0,3 моль этена и 0,2 моль пропена.

  **(4б)**

Водорода также 0,5 моль. Общий объем 22,4 л.

C2H4 + H2 = C2H6  **(1б)**

C3H6 + H2 = C3H8  **(1б)**

По уравнениям реакций видно, что объем смеси уменьшается на объем израсходовавшегося водорода.

  **(4б)**

Конечный объем соответствует 0,8 моль (17,92:22,4). Значит, в реакцию вступило 0,2 моль водорода. Это соответствует 40% его общего количества.  **(2б)**

Углеводородов также прореагировало в сумме 0,2 моль, что составило 40% их общего количества.  **(2б)**

Так как степени превращения алкенов по условию одинаковы, то степень превращения каждого из них составляет 40%.

  **(2б)**

***Задача 2.***

Самый распространенный сульфидный минерал **X** из-за золотого блеска нередко путают с золотом. Минерал состоит из двух элементов, массовая доля серы составляет 53,3%. При обжиге **X** масса твердого вещества уменьшается на треть, а масса газообразного продукта на 60% больше массы твердого остатка.

Вопросы:

**1.** Определите химическую формулу минерала. Как он называется? Какие другие названия минерала или его разновидностей вы знаете?

**2.** Какой объем воздуха (н.у.), содержащего 20% кислорода по объему, требуется для обжига одного моля **X**? Рассчитайте объем (н.у.) и состав образующейся газовой смеси (в объемных процентах).

**20 баллов**

***Решение.***

**1.** Пусть формула минерала MxSy, а молярная масса элемента равна M.

Тогда массовая доля серы равна:

ω(S) = 32у/(32у+Мх) = 0,533, откуда М = 28y/x

  **(2б)**

Перебором при x = 1 и y = 2 получаем химически разумное решение

M = 56, то есть формула минерала FeS2.

  **(4б)**

Обычное название минерала – пирит.

 **(2б)**

Другие названия: железный или серный колчедан, марказит, бравоит.

 **(2б)**

**2.** При обжиге пирита образуются твердый и газообразный продукты.

Твердый продукт – один из оксидов железа: FeO, Fe2O3 или Fe3O4.

 **(1б)**

По условию задачи при обжиге масса твердого вещества уменьшается на треть.

В случае образования каждого из трех перечисленных оксидов отношение масс твердых веществ равно:

М(FeO)/M(FeS2) = 72/120 = 0,600

M(Fe2O3)/2M(FeS2) = 160/240 = 2/3

M(Fe3O4)/3M(FeS2) = 232/360 = 0,644

Следовательно, твердый продукт обжига – Fe2O3.

 **(4б)**

Газообразный продукт – один из оксидов серы: SO2 или SO3.

  **(1б)**

По условию задачи масса газообразного продукта на 60% (т.е. в 1,6 раза) больше массы твердого остатка (Fe2O3). Тогда с учетом стехиометрии (на 2 атома железа приходится 4 атома серы) молярная масса газообразного продукта равна:

М(Fe2O3)·1,6/4 = 160·1,6/4 = 64 г/моль.

Следовательно, газообразный продукт обжига – SO2.

 **(4б)**

***Задача 3.***

При нагревании 5,52 г неорганического вещества **А** выделяется 0,672 л газа (н.у.) и остается твердое вещество **Б** массой 4,32 г. При пропускании газа через раствор гидроксида калия его объем уменьшается в три раза, а масса раствора KOH увеличивается на 0,88 г. Полученное вещество **Б** не растворяется в обычных кислотах, но растворяется в концентрированной азотной кислоте, при этом образуется соединение **В** и выделяется газ, который полностью поглощается раствором KOH, при этом масса раствора KOH увеличивается на 1,84 г. Вещество **В** в твердом виде разлагается при нагревании, давая снова вещество **Б**.

Вопросы:

**1.** Определите вещества **А–В**

**2.** Напишите уравнения всех упомянутых реакций

**3.** Ответ подтвердите расчетами

**20 баллов**

***Решение.***

Предположим, что газ, поглощающийся КОН – это СО2.

Его количество 0,672·2/3 = 0,02 моль

0,88/44 = 0,02 моль, значит это действительно СО2.

 **(4б)**

Масса второго газа 5,52 – 4,32 – 0,88 = 0,32 (г).

Его количество: 0,672·1/3 = 0,01 моль

Таким образом, молярная масса этого газа 32, и это кислород.

 **(4б)**

Если исходная соль – карбонат одновалентного металла M2CO3, то его молярная масса равна 5,52/0,02 = 276.

M2CO3 = 2M + CO2 + 1/2O2

Молярная масса металла равна 276–44–16/2 = 108.

Металл – серебро. **(4б)**

4,32 г соответствуют 0,04 моль серебра, а 1,84 г соответствуют 0,04 моль диоксида азота, что подтверждает решение.

 **(2б)**

Таким образом:

вещество А – карбонат серебра

вещество Б – серебро

вещество В – нитрат серебра **(1б)**

Уравнения реакций:

2Ag2CO3 → 4Ag + 2CO2↑ + O2↑ **(1б)**

CO2 + 2KOH → K2CO3 + H2O **(1б)**

Ag + 2HNO3 → AgNO3 + NO2↑ + H2O **(1б)**

2NO2 + 2KOH → KNO2 + KNO3 + H2O **(1б)**

2AgNO3 → 2Ag + 2NO2↑+ O2↑ **(1б)**

***Задача 4.***

Реактив **А**, представляющий из себя крупные комки белого или серого цвета, имеет на редкость отвратительный запах и состоит из элементов **Х** и **У** в массовом соотношении 1:1,78 соответственно. Взаимодействие этого вещества с раствором соляной кислоты приводит к выделению бинарного (двухэлементного) газа **В**, обладающего кислыми свойствами и содержащего 94,1 мас. % **У**.

Вопросы:

**1.** Установите элементы **Х** и **У**, соединения **А** и **В**, напишите уравнение реакции **А** с соляной кислотой.

**2.** Объясните, почему вещество **А** так плохо пахнет. Как в химической литературе обычно называют этот запах?

**3.** Как Вы думаете, почему производители выпускают вещество **А** в виде комков, а не размалывают в порошок, как большинство других реактивов?

**4.** Как соединение **А** будет реагировать с избытками следующих веществ:

а) раствором натриевой щелочи;

б) горячей концентрированной азотной кислотой;

в) хлорной водой;

г) йодной водой?

Напишите уравнения реакций.

**20 баллов**

***Решение.***

Бинарный газ **В** обладает кислыми свойствами, получается при реакции с кислотой и содержит очень легкий элемент (94,1 мас.% **У**) – следовательно, один элемент в его составе – водород.

**1.** Запишем формулу В как НnУ, тогда

n:1= (5,9:1):(94,1:МУ), откуда МУ/n = 16.

 **(1б)**

При n=2 получаем, что **У** – сера, а **В** – H2S.

 **(2б)**

Значит **А** –сульфид с брутто-формулой М2Sn.

 **(1б)**

Из условия 32n/2M = 1,78, откуда

M/n = 9 – подходит алюминий (Be, Sc, Cu, Ge – не проходят по валентностям).

Итак, **Х** – Al, **А** – Al2S3. **(2б)**

Al2S3+ 6HCl → 2AlCl3 + 3H2S↑.

 **(2б)**

**2.** Сульфид алюминия – соль очень слабых кислоты и основания, на воздухе гидролизуется содержащимися в нем парами воды с выделением газа, имеющего запах тухлых яиц:

Al2S3 + 6H2O → 2Al(OH)3↓ + 3H2S↑. **(2б)**

**3.** Чем больше комки, т.е. меньше поверхность реактива, тем меньше скорость процесса, описанного в п.2; в порошке сульфид алюминия будет портиться значительно быстрее.

 **(2б)**

**4.** а) Al2S3+ 8NaOH → 2Na[Al(OH)4] + 3Na2S;

 **(2б)**

б) Al2S3 + 24HNO3 → Al2(SO4)3 + 24NO2↑ + 12H2O;

 **(2б)**

в) Al2S3+ 12Cl2+ 12H2O → Al2(SO4)3+ 24HCl;

 **(2б)**

г) Al2S3 + 3I2 →2AlI3+ 3S↓.

 **(2б)**

***Задача 5.***

Приведите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:

Cu → X → Cu(NO3)2 → Y → CuSO4 → Z → Cu2O.

Определите неизвестные вещества, укажите условия протекания реакций.

**20 баллов**

***Решение.***

 hv

Cu + Cl2 → CuCl2

 **(3б)**

CuCl2 + 2AgNO3 → Cu(NO3)2 + 2AgCl

  **(3б)**

 t

2Cu(NO3)2 → 2CuO + 4NO2↑ + O2↑

  **(4б)**

CuO + H2SO4 → CuSO4 + H2O

  **(3б)**

CuSO4 + 2NaOH → Cu(OH)2↓ + Na2SO4

 **(3б)**

 t

H3C-COH + 2Cu(OH)2 → H3C-COOH + Cu2O↓ + 2H2O

  **(4б)**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады**

**школьников по химии в 2018/2019учебном году**

**Теоретический тур (решения)**

**11 КЛАСС**

***Задача 1.***

Сплав двух благородных металлов молочно-желтого цвета, один из которых является ***самым электропроводным металлом***, встречается в самородном виде. Оба металла находятся в одной группе и одной подгруппе Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Сплав был известен ещё до нашей эры. Несколько столетий назад из него изготавливали монеты, украшения, предметы декора и столовые приборы. В настоящее время сплав используется в ювелирной промышленности.

Для определения состава этого сплава лаборант обработал его образец концентрированной азотной кислотой при нагревании. Образец растворился лишь частично. Выделившийся газ пропустили через склянку с 200 мл раствора гидроксида натрия. Концентрация нитрат-ионов в этом растворе после завершения реакции составила 0,05 моль/л. Оставшуюся часть сплава растворили в смеси концентрированных азотной и соляной кислот в соотношении 1:3 (по объему). Образовавшийся газ был окислен имеющимся в системе кислородом воздуха. Продукт его окисления пропустили через ту же склянку с раствором щелочи. После чего концентрация нитрат-ионов в этом растворе стала равной 0,15 моль/л. Изменением объема раствора при растворении газа пренебрегите.

Назовите металлы. Напишите уравнения упомянутых реакций. Вычислите состав сплава в массовых долях.

**20 баллов**

***Решение.***

Самым электропроводным металлом является серебро.

 (**2б**)

Именно серебро растворяется в азотной кислоте:

1. Ag + 2HNO3 = AgNO3 + NO2 + H2O.

 (**1б**)

Диоксид азота диспропорционирует в растворе щелочи:

1. 2NO2 + 2NaOH = NaNO3 + NaNO2 + H2O.

 (**2б**)

Общее количество нитрат ионов растворе составляет

ν(NO3−)1 = ν(NaNO3)1 = С(NO3−)1∙V(р-ра) = 0,05∙0,2 = 0,01 моль.

Количество диоксида азота, образовавшегося при растворении серебра в азотной кислоте, согласно уравнению реакции составляет

ν(NO2)1 = 2 ν(NaNO3)1 = 2∙0,01 = 0,02моль.

Количество серебра в сплаве равно

ν(Ag) = ν(NO2) = 0,02моль.

Масса серебра в сплаве равна m(Ag) = M(Ag)∙(Ag) = 108∙0,02 = 2,16г.

 (**4б**)

Поскольку цвет сплава молочно-желтый, цвет второго металла – жёлтый.

Очевидно, что это золото.

 (**1б**)

Растворение его в «царской водке» (смеси концентрированных азотной и соляной кислот в соотношении 1:3 по объему) протекает по уравнению:

1. Au + HNO3 + 4HCl = H[AuCl4] + NO + 2H2O.

 (**3б**)

Оксид азота окисляется до диоксида азота

2NO + O2 = 2NO2.

 (**1б**)

NO2 взаимодействует с раствором гидроксида натрия (см. уравнение (2))

Количество диоксида азота, образовавшегося из NO, найдем следующим образом:

ν(NO3−)общ = ν(NaNO3)общ = С(NO3−)общ∙V(р-ра) = 0,15∙0,2 = 0,03 моль.

ν(NO3−)2 = ν(NO3−)общ − ν(NO3−)1 = 0,03 − 0,01 = 0,02 моль

ν(NO2)2 = 2 ν(NaNO3)2 = 2∙0,02 = 0,04моль.

Количество золота в сплаве равно

ν(Au) = ν(NO) = ν(NO2) = 0,04моль.

Масса золота в сплаве m(Au) = M(Ag)∙(Ag) = 197∙0,04 = 7,88г.

 (**5б**)

Масса сплава равна

m(сплава) = m(Ag) + m(Au) = 2,16 + 7,88 = 10,04г.

Массовые доли металлов в сплаве составляют:

ω(Ag) = m(Ag)/m(сплава) = 2,16/10,04 = 0,215 (21,5%).

ω(Au) = 1,000 – 0,215 = 0,785 (78,5%).

 (**1б**)

***Задача 2.***

Насыщенный при 20°С раствор нитрата серебра массой 150г охладили до 0°С (растворимость нитрата серебра при 20°С 222,5г/100г воды, а при 0°С – 122,2г/100 г воды ), выпавшую в осадок безводную соль отделили, а через оставшийся раствор пропустили смесь сероводорода и азота. Вычислите, какой объем смеси (при н.у.), содержащей 40 % сероводорода по массе, необходимо пропустить через раствор, чтобы полностью осадить содержащиеся в нем ионы серебра.

**(20 баллов)**

***Решение.***

1. Рассчитаем массу нитрата серебра и воды в исходном растворе при 20ºС.

Массовая доля нитрата серебра в растворе при 20ºС равна

ω 20°С (AgNO3) = S 20°С / (S 20°С + 100) = 222,5/(222,5 + 100) = 0,69

Масса нитрата серебра в этом растворе равна

m20°С (AgNO3) = ω 20°С∙m(раствора) = 0,69∙150 = 103,5 г

Тогда масса воды в растворе составляет

m20°С (H2O) = m(раствора) − m20°С (AgNO3) = 150 − 103,5 = 46,5 г

  **(4б)**

1. Рассчитаем массу нитрата серебра, оставшегося в растворе при 0ºС

Массовая доля нитрата серебра в растворе при 0ºС равна

ω 0°С (AgNO3) = S 0°С / (S 0°С + 100) = 122,2/(122,2 + 100) = 0,55

  **(1б)**

Масса воды в растворе осталась без изменения

m0°С (H2O) = m20°С (H2O) = 46,5 г

 (2б)

Массовая доля нитрата серебра в растворе при 0ºС равна

ω 0°С (AgNO3) = m0°С (AgNO3)/[m0°С(AgNO3)+ m(H2O)]

Обозначим массу соли через «х»:

0,55 = x/(x + 46,5)

х = 0,55∙(x + 46,5)

х = 56,833

m0°С (AgNO3) = х = 56,833г

ν0°С (AgNO3) = m0°С (AgNO3)/M(AgNO3) = 56,833/170 =0,334моль

  **(6б)**

1. Оставшийся в растворе нитрат серебра взаимодействует с сероводородом по уравнению

2 AgNO3  + H2S = Ag2S + 2HNO3

2Ag+  + H2S = Ag2S↓ + 2H+

  **(2б)**

1. Согласно уравнению реакции:

ν(H2S) = ν(AgNO3)/2 = 0,334/2 = 0,167 моль

m(H2S) = М(H2S)∙ν(H2S) = 34∙0,167 = 5,678 г

 (1б)

Массы газовой смеси и азота равны

m(H2S + N2)смеси = m(H2S)/ ω(H2S) = 5,678/0,4 = 14,195 г

m(N2) = m(H2S + N2)смеси − m(H2S)= 14,195 − 5,678 =8,517 г

 (1б)

Суммарное количество газов и объем смеси равны

ν(N2) = m(N2)/М(N2) = 8,517/28 = 0,304 моль

ν(H2S +N2)смеси = ν(H2S) + ν(N2) = 0,167 + 0,304 = 0,471 моль

V(H2S +N2)смеси = ν(H2S +N2)смеси∙Vm = 0,471·22,4 = 10,55 л

  **(3б)**

***Задача 3.***

При сильном нагревании метана без доступа воздуха он разлагается на углерод и водород. Метан объемом 112 л (н.у.) нагрели кратковременно до 1500ºС, в результате чего некоторая его часть разложилась. При полном сжигании половины образовавшейся смеси в кислороде выделилось 1663 кДж теплоты.

**1.**Составьте термохимические уравнения реакций сгорания метана и водорода, если при сжигании каждого из них объёмом 1л (н.у.) выделяется 35,8 и 12,8кДж теплоты соответственно.

**2.** Рассчитайте объемную долю водорода в газовой смеси, образовав-шейся при сгорании метана.

(Оригинальная задача: Сборник олимпиадных задач по химии /Соболев А.Е. и др.− Тверь: Изд-во «СФК-офис», 2013.− 79с.)

**20 баллов**

***Решение.***

1) Уравнения реакций горения метана и водорода

CH4 + 2O2 = CO2 + 2H2O;

½ H2 + O2 = H2O.

 **(1бх2=2б)**

Количество метана по условию задачи

ν(CH4) = V/VM = 1/22,4 = 0,0446 моль.

Количество теплоты, выделяющееся при сгорании 1 моль метан, равно Qсгор(CH4) = q/ν = 35,8/0,0446 = 802,7 кДж/моль.

 **(3б)**

Количество водорода по условию задачи

ν(H2) = V/VM = 1/22,4 = 0,0446 моль.

Количество теплоты, выделяющееся при сгорании 1 моль водорода, равно Qсгор(H2) = q/ν = 12,8/0,0446 = 287,0 кДж/моль.

 **(3б)**

Таким образом, термохимические уравнения реакций горения метана и водорода

CH4 + 2O2 = CO2 + 2H2O + 802,7 кДж;

½ H2 + O2 = H2O + 287 кДж.

 **(0,5бх2=1б)**

При сильном нагревании без доступа воздуха метан разлагается на углерод и водород

CH4 = C(тв) + 2H2.

  **(1б)**

Поскольку сажа находится в твердом агрегатном состоянии, газовая смесь будет состоять и метана и водорода.

  **(2б)**

Исходное количество метана равно ν(CH4) = V/VM = 112,0/22,4 = 5,0 моль.

Количество разложившегося метана неизвестно, обозначим его «х».

Тогда в смеси газов осталось (5 – х) моль метана и образовалось 2х моль водорода.

Общий объём образовавшейся смеси составит 5 − х + 2х = (5 + х) л.

В половине смеси содержится (2,5− 0,5 х) метана и х моль водорода.

Общее количество теплоты, выделяющейся при сгорании смеси равно

Qсгор(CH4)∙ ν(CH4) + Qсгор(H2)∙ ν(H2) = 1663,0

802,7∙( 2,5 − 0,5 х) + 287∙х = 1663,0

Откуда х = 3,0 моль.

В смеси сдержится 2,0 моль метана и 6,0 моль водорода.

  **(6б)**

2) Объём метана в смеси равен V(CH4) = ν(CH4) ∙VM = 2VM, объём водорода − V(H2) = ν(H2) ∙VM = 6VM.

Объёмная доля метана равна φ(CH4) = V(CH4)/Vсмеси = 2VM/(2VM + 6VM) =

2 VM/5 VM = 0,25 (25% об.)

Объёмная доля водорода равна φ(H2) = 0,75 (75% об.)

  **(2б)**

***Задача 4.***

Хлор широко используется в лабораторной практике для синтеза многих неорганических и органических соединений.

**1.** Предложите 3 способа получения газообразного хлора в лаборатории. Приведите уравнения соответствующих реакций. Составьте электронные балансы.

**2.** Как получают хлор в промышленных масштабах? Приведите уравнение реакции. Какой объём хлора образуется из 1м3 раствора, содержащего 20% соли по массе, если будет израсходована половина соли Плотность раствора соли равна 1,15г/мл. Выход хлора составляет 90%.

**3.**Напишите уравнения реакций хлора со следующими органическими веществами:

5.1) 2-метилбутана с 2 моль хлора;

5.2) бутена-1 с хлором при разных условиях (две реакции);

5.3) масляной кислоты с хлором.

**4.**Сколько электронов содержится в образце хлора, способном прореагировать с 2,3 г предельной одноосновной карбоновой кислоты, проявляющей свойства и кислоты, и альдегида? Приведите уравнение протекающей реакции.

***Решение.***

1. В небольших количествах хлор в лабораторных условиях можно получить путем окисления концентрированной хлороводородной кислоты сильными окислителями, например

MnO2 + 4HCl = MnCl2 + Cl2↑ + 2H2O;



2KMnO4 + 16HCl = 2MnCl2 + 2KCl + 5Cl2↑ + 8H2O;



K2Cr2O7 + 14HCl = 2CrCl3 + 2KCl + 3Cl2↑ + 7H2O.



 (**2бx3**=**6б)**

Возможны другие реакции.

1. В промышленности хлор получают электролизом водного раствора хлорида натрия с инертными электродами

2NaCl + 2H2O  Cl2 + H2 + 2NaOH.

 (**2б)**

Масса раствора и количество хлорида натрия равны

m(р-ра) = ρ(р-ра)∙V(р-ра) = 1,150∙106 г = 1150 кг.

m(NaCl) = m(р-ра)∙ω(NaCl) = 1150∙0,20 = 230 кг.

ν(NaCl) = m(NaCl)/M(NaCl) = 230/58,5 = 3,93 кмоль.

 (**2б)**

По условию в результате протекания электролиза израсходована половина соли.

ν(NaCl)израсх = ½ ∙3,93 = 1,97 кмоль.

В соответствии с уравнением реакции

ν(Cl2) = ½ ν(NaCl)израсх = ½ ∙1,97 кмоль = 0,98 кмоль.

V(Cl2)теор = VM∙ ν(Cl2) = 22,4∙0,98 = 22,0 м3.

С учётом выхода реакции

V(Cl2)практ = V(Cl2)теор∙η = 22,0∙0,9 = 19,81м3. (**2б)**

1. Взаимодействие хлора с органическими веществами

3.1) Взаимодействие 2-метилбутана с хлором (обе реакции протекают под действием УФ-излучения)

******



 (**2б)**

3.2) Взаимодействие бутена-1 с хлором при разных условиях

а) при обычных условиях

СН2*=* CH *–* СН2 *–* CH3 + Cl2   СН2(Cl)*–* CH(Cl) *–* СН2 *–* CH3

б) при температуре > 500°С

СН2*=* CH *–* СН2 *–* CH3 + Cl2  СН2*=* CH *–* СН(Cl)*–* CH3 + HCl

 (**2б)**

3.3) Взаимодействие масляной (бутановой ) кислоты с хлором в присутствии красного фосфора



 (**1б)**

1. Предельная одноосновная карбоновая кислота, проявляющая свойства и кислоты и альдегида, − это муравьиная (метановая) кислота HCOOH.

Уравнение её реакции с хлором

HCOOH + Cl2 = CO2 + 2HCl (**1б)**

По условию

ν(HCOOH) = m(HCOOH)/M(HCOOH) = 2,3/46 = 0,05 моль;

ν(Cl2) = ν(HCOOH) = 0,05 моль;

ν(Cl) = 2(Cl2) = 2∙0,05 = 0,1 моль. (**1б)**

Порядковый номер атома хлора в Периодической системе элементов Д.И. Менделеева − 17. Заряд ядра атома хлора равен 17, и число электронов в атоме 17.

Поэтому количество электронов в образце кислоты равно

ν(ē) = 17ν(Cl) = 17∙0,1 = 1,7 моль.

Число электронов в образце кислоты равно

N(ē) = NA∙ ν(ē) = 6,02∙1023∙1,7 ≈ 1,02∙1024. (**1б)**

***Задача 5.***

Ацетилсалици́ловая кислота́ (аспири́н) − салициловый [эфир](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D1%84%D0%B8%D1%80) [уксусной кислоты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BA%D1%81%D1%83%D1%81%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0)) − [лекарственное средство](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0), оказывающее обезболивающее, [жаропонижающее](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%B8%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8), [противовоспалительное](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%8B) действие. Ацетилсалици́ловую кислоту получают из салициловой кислоты и уксусного агидрида. Получите ***салициловую кислоту и уксусный ангидрид***, исходя из метана, не используя других ***органических*** соединений. Напишите уравнение реакции взаимодействия салициловой кислоты с уксусным ангидридом. Дайте название промежуточным органическим веществам, укажите условия проведения реакций. Для реакции с участием перманганата калия составьте электронный баланс.

**20 баллов**

***Решение.***

1. 2СH4  3H2 + C2H2 этин (ацетилен)

 (**1б)**

1. 3C2H2  C6H6 бензол

 (**1б)**

1. CH4 + Cl2  HCl + CH3Cl (хлорметан)

 (**1б)**

1. С6H6 + CH3Cl  HCl + C6H5−CH3 метилбензол (толуол)

 (**1б)**



о-хлортолуол

 (**2б)**

6.



о-2-хлорбензойная кислота



 (**4б)**

7.



2-гидроксибензоат натрия

 (**2б)**

8.



2-гидроксибензойная

салициловая) кислота

 (**2б)**

9. HC≡CH + H2O  CH3−COH этаналь (ацетальдегид)

 (**1б)**

10. CH3−COH + 2Cu(OH)2  CH3−COOH + Cu2O = H2O

этановая (уксусная) кислота

 (**1б)**

11.

****

этановый (уксусный) ангидрид

 (**2б)**

12.



2-ацетилоксибензойная

 (ацетилсалициловая) кислота

 (**2б)**