**d - элементы периодической системы Д. И. Менделеева**

**П р и м е р** Определите количество смеси железа с его сульфидом, при обработке которого разбавленной кислотой получен газ объемом 3,984 дм3

(н.у.) с плотностью по гелию равной 2,6. Какая соль и какой массы образуется, если полученную газовую смесь пропустить через раствор гидроксида натрия массой 50 г с массовой долей 4 %?

**Решение**

1) Fe + 2HCl = FeCl2 + H2↑

2) FeS + 2HCl = FеCl2 + H2S↑

3) NaOH + H2S = NaHS + H2O

4) 2NaOH + H2S = Na2S + 2H2O

M(H2S) = 34 г/моль;

M(NaOH)= 40 г/моль;

M(NaHS) = 56 г/моль.

Молярная масса смеси газов равна 2,6•4 =10,4 г/моль. Из условия задачи следует, что масса газа составит 3,984•10,4/22,4 = 1,85 г.

Пусть объем H2S составитx дм3, тогда объем водорода составит (3,984 - x) дм3. Из равенства 34 x/22, 4 + (3, 984 - x)•2/22,4 = 1,85 находим x = 1,04 дм3

H2S или 1,04/22,4 = 0,0464 моль. Тогда объем водорода равен 3,984 - 1,040 = 2,944 дм3 или 2,944/22,4 = 0,13 моль.

Из уравнений реакций (1,2) следует, что количество железа равно количеству водорода, т.е. 0,13 моль, а количество FeS равно количеству H2S, т.е. 0,0464 моль. Масса гидроксида натрия в растворе составит 0,04•50 = 2,0 г или 2,0/40 = 0,05 моль. Следовательно, при пропускании H2S в раствор гидрооксида натрия протекает реакция (3) и образуется 0,464 моль NaHS или 0,0464• 56 = 2,8 г.

**П р и м е р** При нагревании смеси железа и цинка массами 11,2 г и 26,0 г соответственно с избытком серы и последующей обработкой продуктов реакции избытком раствора соляной кислоты выделился газ, который пропустили через раствор сульфата меди (II). Рассчитайте объем сульфата меди

с массовой долей 10 % (ρ= 1,10 г/см3) израсходованный на поглощение образовавшегося газа.

**Решение**

1) Fe+S = FeS

2) Zn+S = ZnS

3) FeS+2HCl = FeCl2+H2S↑

4) ZnS+2HCl = ZnCl2+H2S↑

5) H2S+CuSO4= ↓CuS+H2SO4

M(Fe) = 56 г/моль; M(Zn) = 65 г/моль; M(CuSO4) = 160 г/моль.

Находим количество железа и цинка 11,2/56 = 0,2 моль Fe, 26/65 = 0,4 моль Zn. Тогда из уравнений реакций (1,2) количество FeS равно 0,2 моль, а ZnS - 0,4 моль. Количество H2 S, образующегося по реакции (3,4) равно 0,2 + 0,4 = 0,6 моль. Следовательно, по реакции (5) образуется и израсходуется

такое же количество, т.е. 0,6 моль CuSO4 или 0,6•160 = 96 г. Объем раствора сульфата меди (II) с массовой долей 10 % составит: 96•100/10•1,1 = 872,7 см3.

**П р и м е р**\*

Газ, образовавшийся при действии 38,84 см3 раствора соляной кислоты с

массовой долей 7,3 % (ρ= 1,03 г/см3) на железо массой 1,12 г, пропущен через трубку, содержащую оксид меди (II) массой 1,60 г. Какие вещества, образовались в трубке и какой объем раствора азотной кислоты с массовой долей 32,0 % (ρ= 1,20 г/см3) потребуется для их растворения?

**Решение**

1) Fe + 2HCl = FeCl2 + H2 ↑

2) CuO + H2 = Cu + H2O

3) 3Cu + 8HNO3= 3Cu(NO3)2 + 2NO↑+ 4 H2O

M(Fe) = 56 г/моль; M(СuO) = 80 г/моль; M(HCl) = 36,5 г/моль;

M(HNO3) = 63 г/моль.

Масса HCl в растворе составит 38,8•41,03•0,073 = 2,92 г или 2,92/36,5 = = 0,08 моль. Из условия задачи количество железа равно 1,12/56 = 0,05 моль и CuO - 1,6/80 = 0,02 моль. Так как НСl 0,08 моль, т.е. избыток, то в реакции (1) участвует 0,02 моль железа и образуется 0,02 моль водорода. Из

уравнения реакции (2) количество меди равно количеству СuO, т.е. 0,02 моль или 0,02•64 = 1,28 г Cu.

Следовательно, в реакции (3) участвует 0,02 моль меди или 8/3 HNO3, т.е. 0,02•8/3 = 0,0533 моль HNO3, что составляет 0,0533•63 = 3,36 г. С учетом условия задачи потребуется раствора азотной кислоты (ω= 32 %) 3,36•100/32 = 10,5 г или10,5/1,2 = 8,75 см3.

**П р и м е р** Смесь железа, алюминия и меди массой 5,0 г обработали избытком раствора соляной кислоты, при этом выделился водород объемом 1,900 дм3 (н.у.). При действии на эту смесь массой 3,0 г концентрированным раствором NaOH получили водород объемом 0,672 дм3(н.у.). Определите состав исходной смеси(ω, %).

**Решение**

1) Fe + 2HCl = FeCl2 + H2↑

2) 2Al + 6HCl = 2AlCl3 + 3H2↑

3) 2Al + 2NaOH + 10H2O = 2Na[Al(OH)4(H2O)2] + 3H2↑

M(Al) = 27 г/моль; M(Fe) = 56 г/моль; M(Cu) = 64 г/моль.

Из уравнения реакции (3) и условия задачи следует, что количество водорода равно 0,672/22,4 = 0,03 моль. Следовательно, в реакцию (3) вступило алюминия 2/3 моль H2 = 2•0,03/3 = 0,02 моль или 0,02•27 = 0,54 г. Алюминий массой 0,54 г содержался в смеси массой 3,00 г. В исходной смеси массой 5 г содержится 5,0•0,54/3 = 0,9 г Al или 0,9/27 = 0,0333 моль.

Количество водорода, выделившегося по реакции (2) составит 3/2 моль Al или 0,0333•3/2 = 0,05 моль, а объем водорода равен 0,05•22,4 = 1,12 дм3. Тогда объем водорода, выделившийся по реакции (1) составит 1,90 - 1,12 = 0,78 дм3 или 0,78/22,4 = 0,035 моль. Следовательно, в реакции (1) участвует такое

же количество железа, т.е. 0,035 моль или 0,035•56 = 1,95 г.

ω(Fe) = 1,95•100/5,00 = = 39 %;

ω(Al) = 0,9•100/5,00 = 18 %;

ω(Сu) = 100 - 39 - 18 = 43 %.

**П р и м е р**\*

Для восстановления оксида железа (III) до металлического железа потребовался оксид углерода(II) объемом 0,896 дм3(н.у.). Образовавшийся в результате реакции газ поглотили раствором, содержащим гидроксид кальция массой 2,22 г. Определите исходное количество оксида железа (III) и количества веществ, образовавшихся в результате поглощения газа раствором гидроксида кальция.

**Решение**

1) Fe2O3+ 3CO = 2Fe + 3CO2↑

2) Ca(OH)2+ CO2= ↓CaCO3+ H2O

3) CaCO3+ CO2+ H2O = Ca(HCO3)2

M(Fe2O3) = 160 г/моль; M(Cu(OH)2) = 74 г/моль;

M(CaCO3) = 100 г/моль; M(Ca(HCO3)) = 162 г/моль.

Из условия задачи и уравнения (1) рассчитываем объем CO2, он равен 0,896 дм3 или 0,896/22,4 = 0,04 моль. Количество Ca(OH)2 составляет 2,22/74 = 0,03 моль. Из уравнения реакции (1) количество Fe2O3 составит 1/3 моль СО или (1/3)•0,04 моль, а масса Fe2O3 будет равна (0,04/3)•160 = 2,13 г. В реакцию (2) вступит 0,03 моль СО2 и образуется 0,03 моль СаСО3. Оставшийся СО2 в количестве 0,01 моль образует по реакции (3) 0,01 моль Са(НСО3)2 или 0,01•162 = 1,62 г. Для образования 0,01 моль Са(НСО3)2 потребуется такое же количество СаСО3. Следовательно всего образовалось СаСО3 0,03 - 0,01 = 0,02 моль или 0,02•100 = 2 г.

**П р и м е р** Вычислите массовую долю хрома в смеси хромата калия и дихромата калия, в которой массовая доля калия равна 35 %.

**Решение**

M(K2CrO4) = 194 г/моль; M(K2Cr2O7) = 294 г/моль.

Возьмем один моль смеси и пусть ν(К2CrO4) = x моль, тогда ν(К2Cr2O7) = (1 - x) моль и масса смеси равна:

194x + 294(1 - x) = 294 - 100x.

Количество калия в смеси равно ν(K) = 2x + 2(1- x) = 2 моль, а его масса составляет m(K) = 2•39 = 78 г. По условию задачи, массовая доля калия равна:

ω(К) = 78/(294 - 100х) = 0,35 откудаx = 0,71.

Количество хрома в смеси равно v(Cr) = x + 2(1 - x) = 2 - x = 1,29 моль, а его масса составляет: m(Cr) = 1,29•52 = 67 г

Массовая доля хрома равна: ω(Cr) = 67/(294 - 100•0,71) = 0,30.

**Задачи**

704 Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) Сu →Cu(NO3)2 →CuO →CuSO4 →(Cu(NH3)4)SO4 →CuSO4 → →CuCl2 →Cu(NO3)2 →Cu;

б) Fe →FeCl2 →Fe(OH)2 →Fe(OH)3 →Fe2O3 →Fe2(SO4)3 →Fe(OH)3;

в) Fe →Fe(NO3)3 →Fe(OH)3 →Fe2O3 →Fe →FeSO4 →Fe(OH)2 → →Fe(OH)3→Na[Fe(OH)4];

г) Cr →CrCl3 →Cr(OH)3 →K[Cr(OH)4] →K2CrO4 →K2Cr2O7 →K2CrО4;

д) Zn →Zn(NO3)2 →Zn(OH)2 →ZnO →ZnSO4 →[Zn(NH3)4]SO4;

е) Fe →FeSO4 →Fe(NO3)2 →Fe(NO3)3 →Fe(OH)3 →Fe2O3 →Fe;

ж) Ag →AgNO3 →Ag2CO3 →Ag2CrO4 →Ag2O →AgCl → →[Ag(NH3)]Cl →AgBr →AgI.

705 Закончите уравнения реакций и расставьте коэффициенты:

1 Zn + HNO3(очень разб.) →

2 CrCl3+ H2SO4(конц.)→

3 Cu+ H2SO4(конц.)→

4 H2O2+ AuCl3+ NaOH →Au + ...

5 FeCl2+ CrCl3+ H2O2+ NaOH →

6 Cu + NaClO3+ HCl →FeCl3+ ...

7 Mn(NO3)2+ Na2S2O8+ H2O →HMnO4+...

8 NaI + K2Cr2O7+ H2SO4 →

9 KClO3+ MnO2+ KOH →K2MnO4+ ...

10 As + K2Cr2O7+ H2SO4 →H3AsO4+

11 KBiO3+ Cr2(SO4)3+ H2SO4 →H2Cr2O7+

12 Cu2O + HNO3(разб.) →

13 Fe(CrO2)2+ Na2CO3+ O2 →Na2CrO4+ ...

706 Какие сложные вещества можно получить, имея: а) N2, O2, Ag и H2; б) Fe, Cl2, H2O, KOH?

Напишите уравнения реакций и назовите полученные вещества.

707 Предложите несколько способов получения оксида железа (III), используя железо, концентрированную азотную кислоту, карбонат кальция, воду или продукты их взаимодействия (не менее 3 способов).

708 Растворимость сульфида железа при некоторой температуре составляет 5,35•10-9 в 100 см3 раствора. Рассчитайте произведение растворимости сульфида железа.

709 Определите степень чистоты (ω, %) малахита, если для перевода меди из навески руды массой 17,62 г в раствор израсходовано 0,24 моль азотной кислоты. Примеси с азотной кислотой не реагируют.

710 Какие массы KMnO4 и H2O2 необходимы для получения кислорода объемом 11,2 дм3 (н.у.) при проведении реакции в кислой среде.

711 Какой объем раствора азотной кислоты с массовой долей 8 % (ρ= 1,044 г/см3) потребуется для растворения меди массой 24 г? Какой объем (н.у.) NO выделяется при этом?

712 Для рафинирования была взята черновая медь массой 1000 кг, в которой массовая доля примесей составляет 4 %. Какая масса рафинированной меди может быть получена из нее, если выход по току составляет 92 %?

713 Какую массу медного купороса можно получить из руды массой 1,0 т, в которой массовая доля медного колчедана(CuFeS2) составляет 20 %.

714 Медно- калийное удобрение содержит в массовых долях: K2O - 56,8 %; Cu - 1,0 %. Какой процент это составляет в пересчете на хлорид калия и технический медный купорос, в котором массовая доля меди составляет 24 %?

715 После длительного прокаливания порошка меди на воздухе масса его увеличилась на1,8 г. Определите(ω, %) образовавшейся смеси и ее массу.

716 Газом, выделившимся при обработке латуни массой 150 г избытком раствора соляной кислоты при нагревании, полностью восстановили оксид железа (III), при этом масса оксида железа (III) уменьшилась на14,4 г. Определите состав смеси(ω, %).

717 При пропускании сероводорода через раствор сульфата меди (II) массой 16,00 г образуется черный осадок массой 1,92 г. Рассчитайте концентрацию использованного раствора сульфата меди и объем (н.у.) израсходованного сероводорода.

718 Сплав меди с алюминием представляет собой химическое соединение, содержащее12,3 % алюминия. Определите формулу этого соединения.

719 Смесь меди и цинка массой А г обработали избытком раствора соляной кислоты. При этом выделился газ объемом Б дм3, измеренный при 280 К и давлении 2•105 Па. Вычислите массу цинка в смеси.

720 На растворение смеси меди и оксида меди (II) массой 18 г израсходован раствор серной кислоты массой 50 г с массовой долей 90 %. Вычислите массу меди в смеси.

721 При взаимодействии гидроксида меди (II) массой 3,92 г и 150 см3 водного раствора аммиака с массовой долей 25 % (ρ= 0,907 г/см3) образовался раствор гидроксида тетрааминмеди (II). Определите массовую долю (%) гидроксида тетрааминмеди (II) в полученном растворе.

722 Какая масса хромистого железняка, содержащего 30 % Fe(CrO2)2 потребуется для получения хрома массой 0,5 т?

723 Сплав содержит никель и хром с массовыми долями 80 и 20 % соответственно. Вычислите, сколько молей Ni приходится на1 моль Сr.

724 Какой объем 0,5 н раствора дихромата калия потребуется для полного окисления в кислой среде иодида калия массой 22 г?

725\*

В трех пробирках находятся растворы нитрата серебра, бертолетовой соли и дихромата калия. При действии одного и того же реактива на содержимое этих пробирок в первой из них выпадает белый осадок массой 57,4 г, а во второй и третьей образуется хлор объемом 13,44 дм3 (н.у.). Назовите формулу использованного реактива. Определите исходные массы солей в пробирках.

726 Какую массу CrO3 можно получить из дихромата калия массой 147 г? Какую массу этилового спирта можно окислить им до альдегида?

727 Какая масса хлорной извести потребуется для окисления сульфата хрома (III) массой18 г?

728 Найдите объемы 2 М раствора KOH (ρ= 1,09 г/см3) и раствора H2O2(ρ= 1,00 г/см3) с массовой долей 3 %, которые необходимы для реакции с сульфатом хрома (III) массой 200 г.

729 Какая масса марганца может быть получена из расплава хлорида марганца при пропускании тока силой 2 А в течение 40 мин, если выход по току составляет 68 %?

730 Определите массу и объем хлора при 288 К и давлении 102,5 кПа, выделяющегося при действии соляной кислоты на перманганат калия массой 31,6 г.

731 Какая масса перманганата калия потребуется для окисления сульфата железа (II) массой 7,6 г в кислом растворе?

732 В одном из специальных сортов стали доля углерода, кремния, марганца, фосфора и серы составляет соответственно 0,32; 0,47; 2,20; 0,11; 0,06 %. Рассчитайте число атомов всех указанных элементов, приходящиеся на 1000 атомов углерода.

733 При нагревании смеси KClO3 и KMnO4 массой 8,1 г выделился газ объемом 2,24 дм3(н.у.). Определите состав смеси (ω, %).

734 На смесь, состоящую из металлического железа и оксидов железа (II и III) массой 2,000 г, подействовали соляной кислотой. При этом выделился водород объемом 224 см3(н.у.). При восстановлении этой смеси массой 2,000 г водородом получена вода массой 0,423 г. Вычислите состав

исходной смеси в массовых долях (%).

735\* В запаянном сосуде, наполненном кислородом, прокалили карбонат железа (II) массой 11,6 г. Объем сосуда равен 3,36 дм3. Первоначальное давление в сосуде равно1 атм. Рассчитайте давление в сосуде после прокаливания и охлаждения до исходной температуры (0 °C). Объемом твердого вещества

пренебречь.

736 Определите массу чугуна, образующегося при переработке чистого магнитного железняка массой 928 т, если известно, что полученный чугун содержит углерод (ω= 4 %).

737\* Вещества, оставшиеся от прокаливания смеси алюминия с железной окалиной без доступа воздуха, растворили в щелочи. При этом выделился газ объемом 13,44 дм3(н.у.). При растворении такого же количества этих веществ в растворе соляной кислоты выделился газ объемом53,76 дм3(н.у.).

Определите массу веществ в исходной смеси. Как называется реакция между алюминием и Fe3O4 и какое значение она имеет?

738 При растворении сплава меди, железа и алюминия массой 6,00 г в растворе HCl образовался водород объемом 3,024 дм3(н.у.) и нерастворившийся остаток массой1,86 г. Определите состав сплава (ω, %).

739 Какой объем 2 М раствора KOH расходуется при взаимодействии Cl2 объемом 5,6 дм3(н.у.) с KCr(SO4)2?

740 Какие объемы 2 М раствора KOH и раствора H2O2 c массовой долей 3 % (ρ= 1,0 г/см3) потребуется для реакции с сульфатом хрома (III) массой 200 г?

741 Чему равна масса калийной селитры, которая расходуется на получение K2MnO4 из технического пиролюзита (MnO2) массой 4,35 кг, содержащего примеси, массовая доля которых составляет 12 %?

742 Вычислите массовую долю FeSO4 в образце соли, частично окислившейся кислородомвоздуха, если на титрование25,0 см3ее раствора затрачено20,0 см3 0,025 н раствора KMnO4. Раствор исходной соли был приготовлен из навески массой 0,38 г в мерной колбе емкостью100,0 см3.

743 Чему равна масса красного железняка (Fe2O3), содержащего примеси, массовая доля которых составляет 10 %, который расходуется при его сплавлении со смесью KNO3 и KOH для получения феррата калия (K2FeO4) массой 79,2 кг?

744 К 50 см3 раствора хлорида железа (III) (ω= 10 %, ρ= 1,09 г/см3) добавили гидрооксид калия массой 5,0 г. Выпавший осадок отфильтровали и прокалили. Определите массу твердого остатка.

745\*Определите концентрацию раствора (ω, %), полученного после взаимодействия 150 см3 раствора HCl (ω= 20 %, ρ= 1,10 г/см3) сначала с железной окалиной Fe3O4 массой 10,0 г, а потом с избытком железных опилок.

746\* Для полного восстановления оксида металла использовали смесь оксида углерода (II) и водорода. При этом образовалась вода, массой 18,0 г и газ объемом 11,2 дм3(н.у.). Продукт реакции растворили в концентрированной H2SO4 при нагревании. Образовавшееся соединение давало синее

окрашивание с K4[Fe(CN)6]. Определите состав оксида и состав газов (ϕ, %) в исходной смеси.

747\*При сжигании металла в кислороде образовался оксид массой 2,32 г, для восстановления которого до металла потребовался CO объемом 0,896 дм3

(н.у.). Восстановленный металл растворили в разбавленной серной кислоте. Полученный раствор давал синий осадок с красной кровяной солью.

Определите формулу оксида.