

3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ

Моль, молярная масса. Известно, что любое вещество состоит из атомов, химические процессы протекают благодаря взаимодействию атомов. Из практических соображений было введено понятие моля. Условились считать, что 1 моль вещества содержит $6,02 \cdot 10^{23}$ частиц, любых – атомов, молекул, ионов. Число $6,02 \cdot 10^{23}$ называется числом Авогадро. Математически понятие моля можно записать в виде формулы

$$n = N / N_A,$$

где n – количество вещества, моль; N – число частиц (молекул, атомов, ионов); N_A – число Авогадро.

Массу 1 моль вещества называют молярной массой M . Молярная масса в неорганической химии является характеристикой вещества, непосредственно связанной с его количественным составом и численно равна молекулярной массе (массе одной молекулы) вещества, выраженной в углеродных единицах. Молярная масса любого вещества

$$M = \sum v_i M_i,$$

где v_i – стехиометрический индекс в формуле вещества; M_i – молярная масса элемента, входящего в соединение, г/моль (см. таблицу элементов Д.И. Менделеева).

Масса и количество вещества связаны зависимостью

$$n = m / M.$$

Молярная масса вещества может быть определена экспериментально. Для газов ее находят, например, по относительной плотности газа D , которая представляет собой соотношение молярных масс двух газов, одна из которых обычно известна:

$$D = M_1 / M_2.$$

Наиболее часто используют плотность газа по воздуху $D_{\text{возд}}$, тогда $M_2 = M_{\text{возд}} D_{\text{возд}}$ ($M_{\text{возд}} = 29$ г/моль), или по водороду D_{H_2} , тогда $M_2 = M_{\text{H}_2} D_{\text{H}_2}$.

Основные газовые законы. Состояние газа характеризуется его температурой, давлением и объемом. Если температура газа 0°C (273,15 К), а давление 1 атм ($1,013 \cdot 10^5$ Па = 760 мм рт. ст.), то условия, при которых находится газ, называют нормальными.

Взаимосвязь между объемом и количеством вещества газа описывается **законом Авогадро**: в равных объемах любых газов, взятых при одной и той же температуре и одинаковом давлении, содержится одинаковое число молекул. Следовательно, при одинаковых условиях 1 моль любого газа занимает один и тот же объем. Этот объем называется молярным объемом газа V_M . При нормальных условиях $V_M = 22,4$ л и количество вещества газа в молях может быть вычислено по уравнению

$$n = V / V_M.$$

Взаимосвязь между количеством вещества, температурой, давлением и объемом газа устанавливает уравнение Менделеева – Клапейрона:

$$PV = nRT = \frac{m}{M} RT,$$

где P – давление, Па; V – объем, м^3 ; n – количество вещества, моль; m – масса, г; M – молярная масса газа, г/моль; R – универсальная газовая постоянная, в системе СИ $R = 8,314$ Дж/(моль·К).

На практике чаще всего приходится иметь дело со смесью газов. Каждый газ вносит свой вклад в общее давление системы – парциальное давление. Парциальным называется давление, которое производил бы этот газ, занимая при тех же физических условиях объем всей газовой смеси. Парциальное давление может быть вычислено через объемное содержание газа в газовой смеси или через мольную долю газа. Соответственно

$$\varphi_i = V_i / \Sigma V_i; \quad p_i = x_i P = \varphi_i P,$$

где V_i – объем данного газа; ΣV_i – общий объем газовой смеси; n_i – количество вещества данного газа; Σn_i – сумма числа молей всех компонентов газовой смеси; x_i – мольная доля газа, $x_i = n_i / \Sigma n_i$; P – общее давление смеси газов.

Общее давление смеси газов, не вступающих друг с другом в химическое взаимодействие, равно сумме парциальных давлений газов, составляющих данную смесь:

$$P = \Sigma p_i.$$

Если газ собран над жидкостью, то при расчетах его парциального давления следует иметь в виду, что оно равно разности общего давления и парциального давления пара жидкости. Например, для газа, собранного над водой,

$$p_{\text{г}} = P - p_{\text{H}_2\text{O}}.$$

Закон эквивалентов. Эквивалентом вещества называется такое его количество, которое соединяется с 1 моль атомов водорода или замещает то же количество атомов водорода в химических реакциях. Эквивалентной массой \mathcal{E} называется масса одного эквивалента вещества. Эквивалентным объемом газа называется объем, занимаемый при данных условиях одним эквивалентом вещества. Эквивалент (эквивалентную массу) можно вычислить по составу соединения данного элемента с любым другим, эквивалент (эквивалентная масса) которого известен, по закону эквивалентов: массы взаимодействующих веществ $A + B \rightarrow C + D$ пропорциональны их эквивалентным массам:

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{\mathcal{E}_A}{\mathcal{E}_B}.$$

На основе закона эквивалентов можно вычислить эквивалентную массу вещества:

$$\mathcal{E} = M / Z,$$

где M – молярная масса элемента, оксида, кислоты, основания или соли, г/моль; Z – степень окисления элемента в продукте реакции, произведение числа атомов элемента и степени окисления элемента в оксидах, основность кислоты, кислотность основания, произведение числа атомов металла и степени окисления металла в соли.

Пример 1. Определить массовую долю алюминия в его оксиде и вычислить, сколько алюминия теоретически можно выделить из 15 т боксита с содержанием Al_2O_3 87 %.

Решение. Найдем молярную массу Al_2O_3 :

$$M_{(\text{Al}_2\text{O}_3)} = 2M_{(\text{Al})} + 3M_{(\text{O})} = 2 \cdot 27 + 3 \cdot 16 = 102 \text{ г/моль}.$$

Примем количество вещества Al_2O_3 равным 1 моль, тогда количество вещества алюминия будет равно 2 моль. Масса оксида алюминия составит 102 г, а масса алюминия $2 \cdot 27 = 54$ г. Вычислим массовую долю алюминия в его оксиде:

$$\omega_{(\text{Al})} = \frac{m_{(\text{Al})}}{m_{(\text{Al}_2\text{O}_3)}} \cdot 100 = \frac{54}{102} \cdot 100 = 52,9\%.$$

Вычислим массу чистого Al_2O_3 в боксите и массу алюминия, которую можно получить из 15 т боксита:

$$m_{(\text{Al}_2\text{O}_3)} = \frac{\omega_{(\text{Al}_2\text{O}_3)}}{100} m_{\text{боксита}} = \frac{87}{100} \cdot 15 = 13,05 \text{ т};$$

$$m_{(\text{Al})} = \frac{\omega_{(\text{Al})}}{100} m_{(\text{Al}_2\text{O}_3)} = \frac{52,9}{100} \cdot 13,05 = 6,9 \text{ т}.$$

Пример 2. При прокаливании 10 г некоторого вещества было получено 6,436 г CuO и 3,564 г CO_2 . Записать формулу соединения.

Решение. 1. Найдем количество вещества оксида меди (II):

$$n_{(\text{Cu})} = \frac{m_{(\text{CuO})}}{M_{(\text{CuO})}} = \frac{6,436}{79,5} = 0,081 \text{ моль.}$$

В 1 моль CuO содержится по 1 моль Cu и O, следовательно $n_{(\text{Cu})} = n_{(\text{O, CuO})} = 0,081$ моль.

2. Найдем количество вещества оксида углерода (IV):

$$n_{(\text{CO}_2)} = \frac{m_{(\text{CO}_2)}}{M_{(\text{CO}_2)}} = \frac{3,564}{44} = 0,081 \text{ моль.}$$

В 1 моль CO₂ содержится 1 моль C и 2 моль O, следовательно $n_{(\text{C})} = 0,081$ моль, $n_{(\text{O, CO}_2)} = 2 \cdot 0,081 = 0,162$ моль.

3. Общее количество вещества кислорода $n_{(\text{O})} = 0,081 + 0,162 = 0,243$ моль.

4. Запишем соотношение количества вещества элементов:

$$n_{(\text{Cu})}:n_{(\text{C})}:n_{(\text{O})} = 0,081:0,081:0,243 = 1:1:(0,243/0,081) = 1:1:3.$$

Полученные целые числа представляют собой стехиометрические индексы формулы вещества. Следовательно, химическая формула искомого вещества CuCO₃.

Пример 3. Соединение серы с фтором содержит 62,8 % серы и 37,2 % фтора. Данное соединение при объеме 118 мл в газообразном состоянии (температура 7 °C, давление 96,34 кПа) имеет массу 0,51 г. Какова истинная формула соединения?

Решение. 1. Рассчитаем истинную молярную массу соединения по уравнению Менделеева – Клапейрона:

$$M = \frac{mRT}{PV} = \frac{0,51 \cdot 8,31 \cdot 280}{96340 \cdot 118 \cdot 10^{-6}} = 102 \text{ г/моль.}$$

2. Пусть x и y – количество атомов соответственно серы и фтора в молекуле S_{*x*}F_{*y*}. Зная процентное содержание каждого элемента в соединении и его молярную массу, вычислим

$$x : y = \frac{62,8}{32} : \frac{37,2}{19} = 1,96 : 1,91 = 1 : 1$$

3. Таким образом, простейшая формула соединения SF, а его молярная масса $M = 32 + 19 = 51$ г/моль. Так как соотношение истинной и простейшей молярных масс $M_{\text{ист}} / M_{(\text{SF})} = 102/51 = 2$, то в искомой формуле содержится в 2 раза больше атомов каждого вида. Значит, формула соединения S₂F₂.

Пример 4. При окислении 2,81 г кадмия получено 3,21 г оксида кадмия. Вычислить эквивалентную массу кадмия и определить его валентность.

Решение. 1. По массе кадмия и массе его оксида найдем массу кислорода: $m_{(\text{O})} = m_{(\text{CdO})} - m_{(\text{Cd})} = 3,21 - 2,81 = 0,4$ г.

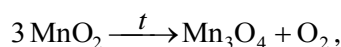
2. Образование оксида кадмия можно записать в виде схемы реакции $\text{Cd} + \text{O} \rightarrow \text{CdO}$, для которой составим пропорцию согласно закону эквивалентов:

$$\frac{m_{(\text{Cd})}}{m_{(\text{O})}} = \frac{\mathcal{E}_{(\text{Cd})}}{\mathcal{E}_{(\text{O})}}; \quad \mathcal{E}_{(\text{Cd})} = \mathcal{E}_{(\text{O})} \frac{m_{(\text{Cd})}}{m_{(\text{O})}} = 8 \cdot \frac{2,81}{0,4} = 56,2 \text{ г/моль.}$$

3. Сравнивая численные значения эквивалентной массы и молярной массы кадмия, найдем $M_{(\text{Cd})} / \mathcal{E}_{(\text{Cd})} = 112,4 / 56,2 = 2$. Следовательно, валентность кадмия 2.

Пример 5. Оксид марганца (IV) при прокаливании теряет кислород, образуя Mn₃O₄. Какой объем кислорода при температуре 27 °C и давлении 1,1 атм выделится из 0,58 кг MnO₂?

Решение. 1. Запишем уравнение реакции разложения



из которого следует, что 3 моль MnO₂ дают 1 моль кислорода.

Найдем количество вещества MnO₂:

$$n_{(\text{MnO}_2)} = \frac{m_{(\text{MnO}_2)}}{M_{(\text{MnO}_2)}} = \frac{580}{87} = 6,67 \text{ моль,}$$

следовательно, образуется

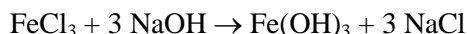
$$n_{(\text{O}_2)} = \frac{n_{(\text{MnO}_2)}}{3} = \frac{6,67}{3} = 2,223 \text{ моль.}$$

2. Учитывая, что 1 атм = 101325 Па, по уравнению Менделеева – Клапейрона получим

$$V_{(\text{O}_2)} = \frac{nRT}{P} = \frac{2,223 \cdot 8,31 \cdot 300}{1,1 \cdot 101325} = 0,05 \text{ м}^3.$$

Пример 6. К раствору, содержащему 0,2 моль хлорного железа (FeCl_3), прибавили 0,24 моль гидроксида натрия. Какое количество гидроксида железа при этом получилось?

Решение. Из уравнения реакции



следует, что 1 моль FeCl_3 взаимодействует с 3 моль NaOH . Следовательно, для реакции с 0,2 моль хлорного железа требуется $0,2 \cdot 3 = 0,6$ моль гидроксида натрия.

По условию задачи, количество вещества NaOH составляет 0,24 моль, т.е. он в недостатке. Дальнейший расчет ведем по гидроксиду натрия. Составим пропорцию:

$$\begin{array}{l} 3 \text{ моль NaOH} - 1 \text{ моль FeCl}_3 \\ 0,24 \text{ моль NaOH} - x \text{ моль FeCl}_3, \end{array}$$

из которой количество вещества гидроксида железа (III)

$$n_{(\text{Fe(OH)}_3)} = \frac{0,24 \cdot 1}{3} = 0,08 \text{ моль.}$$

Задание. Решить задачи.

1. Состав минерала гематита выражается соотношением $m_{(\text{Fe})}:m_{(\text{O})} = 7:3$. Сколько граммов железа можно получить из 50 г этого минерала?

2. В промышленном масштабе оксид кадмия получают сжиганием кадмия в избытке сухого воздуха. Определить количественный состав оксида кадмия и вывести его формулу, если при сжигании 2,1 г кадмия получается 2,4 г оксида.

3. Криолит имеет состав $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$. Вычислить массовую долю фтористого алюминия в криолите.

4. Дать название соединения и рассчитать процентное содержание в нем хрома и оксида хрома (VI): $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

5. Для анализа хлорида меди и определения его количественного состава в раствор, содержащий 0,4 г хлорида меди, влили раствор нитрата серебра. Образовался осадок хлорида серебра массой 0,849 г. Определить количественный состав и вывести формулу хлорида меди.

6. После предварительной очистки боксита был получен безводный продукт, состоящий в основном из оксида алюминия и содержащий 0,3 % оксида кремния (IV) и 0,048 % оксида железа (III). Каково процентное содержание кремния и железа в данном продукте?

7. Сколько марганца можно выделить методом алюмотермии из 20 кг пиролюзита, содержащего 87 % оксида марганца (IV)?

8. Дать химическое название минерала и рассчитать массовую долю хлора в карналлите $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

9. Дать название соединения и рассчитать массовую долю никеля в $(\text{NiOH})_2\text{SO}_4$.

10. Сколько концентрата с содержанием меди 60 % можно получить из 1 т руды, содержащей 3 % халькозина (Cu_2S) и 2 % ковеллина (CuS)?

11. Дать химическое название минерала и рассчитать процентное содержание меди в хризоколле $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

12. Какую массу железа можно получить из 2 т железной руды, содержащей 94 % Fe_3O_4 .

13. Какую массу алюминия можно получить из 1 т нефелина NaAlSiO_4 ?

14. Составить формулу дигидросульфата железа (III) и рассчитать процентное содержание в нем оксида серы (VI).

15. Соединение KHSO_4 можно представить себе как составленное из K_2O и SO_3 . Найти процентное содержание оксида серы (VI) в этом соединении и назвать его.
16. Написать формулу сульфата железа (III) и рассчитать содержание железа в этом соединении.
17. Определить, сколько серебра и оксида серебра можно получить из 10 кг хлорида серебра.
18. Вычислить содержание оксида меди (II) и дать название соединению $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$.
19. Дать химическое название соединению $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и рассчитать процентное содержание хлора.
20. Дать название соединению $(\text{NiOH})_3(\text{PO}_4)$ и рассчитать процентное содержание в нем никеля.
21. Вещество состоит из серы и углерода. Для определения его количественного состава взято 0,3045 г этого вещества. Вся сера, содержащаяся во взятой пробе, переведена в сульфат бария, масса которого 1,867 г. Найти количественный состав вещества и указать его формулу.
22. Вещество состоит из алюминия и хлора. Из некоторого количества вещества получено 1,7196 г AgCl и 0,2038 г Al_2O_3 . Найти количественный состав и установить формулу вещества.
23. При восстановлении 2,4 г оксида меди водородом получено 0,54 г H_2O . Найти количественный состав и написать формулу оксида.
24. Бертолетова соль при нагревании разлагается на кислород и хлорид калия. Вычислить количественный состав бертолетовой соли и вывести ее формулу, если при разложении 1,02 г соли получено 0,62 г KCl .
25. Вещество состоит из калия, серы и кислорода. Сера и кислород, содержащиеся в 0,871 г этого вещества, были выделены в виде BaSO_4 массой 1,167 г. Найти количественный состав и установить формулу вещества.
26. При разложении некоторого количества вещества, состоящего из меди, углерода, кислорода и водорода, получено 1,432 г CuO , 0,396 г CO_2 и 0,159 г воды. Найти количественный состав и формулу вещества.
27. Вещество состоит из меди и серы. Из 0,667 г этого вещества получено 0,556 г CuO . Вычислить процентный состав и записать формулу вещества.
28. Когда к раствору 0,408 г хлорида меди добавили раствор нитрата серебра, образовался осадок хлорида серебра массой 0,86 г. Вычислить количественный состав хлорида и установить его формулу.
29. При анализе образца железной руды массой 125 г в нем обнаружили 58 г магнетита Fe_3O_4 . Вычислить массовую долю железа в образце руды.
30. Составить истинную формулу соединения, содержащего 1,59 % водорода, 22,21 % азота и кислород. Молярная масса соединения 63 г/моль.
31. Установить истинную формулу соединения, содержащего 3,03 % водорода, 31,62 % фосфора и кислород. Молярная масса соединения 80 г/моль.
32. Какова истинная формула соединения, содержащего 6,75 % водорода, 39,97 % углерода и кислород. Относительная плотность паров этого вещества по углекислому газу равна 4,091.
33. При сгорании 10,5 л органического вещества получили 16,8 л оксида углерода (IV), приведенного к нормальным условиям, и 13,5 г воды. Плотность этого вещества $1,875 \text{ г/см}^3$. Вывести формулу данного вещества.
34. Определить химическую формулу вещества, в состав которого входят пять массовых частей кальция и три массовых части углерода.
35. Вещество состоит из 32,8 % Na, 12,9 % Al, 54,3 % F. Записать формулу вещества.
36. Найти простейшую формулу вещества, состоящего из углерода, водорода, серы, ртути и хлора, на основании следующих данных: а) при окислении 3,61 г вещества получено 1,72 г оксида углерода (IV) и 0,90 г воды; б) из 0,722 г вещества получено 0,467 г сульфата бария; в) из 1,0851 г вещества получено 0,859 г хлорида серебра.
37. При обжиге пирита выделяется газ, содержащий 40 % серы и 60 % кислорода и имеющий плотность по воздуху при н.у. 2,76. Установить формулу газа.
38. Качественный анализ показал, что малахит состоит из меди, углерода, кислорода и водорода. При разложении некоторого количества малахита было получено 0,48 г оксида меди (II), 0,132 г оксида углерода (IV) и 0,053 г воды. Вывести формулу малахита.
39. Аллюмокалиевые квасцы содержат 8,23 % калия, 5,7 % алюминия, 13,5 % серы, 27,0 % кислорода и 45,5 % воды. Какова формула квасцов?

40. При получении стали особенно нежелательны примеси серы и фосфора. Фосфор в стали содержится в виде кислородного соединения, содержащего 43,66 % фосфора и 56,34 % кислорода. Плотность данного соединения по воздуху в нормальных условиях 4,9. Вывести формулу данного кислородного соединения фосфора.

41. На завод доставлена руда, содержащая 696 т магнитного железняка. Из этой руды выплавляли 504 т железа. Записать формулу магнитного железняка, если известно, что он состоит только из железа и кислорода.

42. Найти формулу кристаллогидрата хлорида бария, зная, что 36,6 г соли при прокаливании теряют в массе 5,4 г.

43. Найти простейшую формулу вещества, содержащего (по массе) 43,4 % натрия, 11,3 % углерода и 45,3 % кислорода.

44. Вещество содержит (по массе) 40,21 % калия, 26,80 % хрома и 32,99 % кислорода. Найти его простейшую формулу.

45. Соединение содержит 46,15 % углерода. Остальное – азот. Плотность по воздуху равна 1,79. Найти истинную формулу соединения.

46. При полном сжигании 2,66 г некоторого вещества получилось 1,54 г CO_2 и 4,48 г SO_2 . Найти простейшую формулу вещества.

47. Найти молекулярную формулу соединения бора с водородом, если масса 1 л этого газа равна массе 1 л азота, а содержание бора в веществе 78,2 %.

48. Соединение серы с фтором содержит 62,8 % S и 37,2 % F. Объем данного соединения в форме газа 118 мл, при 7 °C и 98,64 кПа его масса равна 0,51 г. Какова истинная формула соединения?

49. Найти формулу вещества, содержащего 85,71 % C и 14,29 % H, если плотность этого газа по воздуху равна 4,83.

50. При полном сгорании органического вещества массой 13,8 г получили 26,4 г оксида углерода (IV) и 16,2 г воды. Найти молекулярную формулу вещества, если плотность его пара по водороду 23.

51. Химическое соединение состоит (по массе) из 25,48 % меди, 12,82 % серы, 25,64 % кислорода и 36,06 % воды. Найти формулу соединения и назвать его.

52. Установить формулу газообразного вещества, содержащего (по массе) 20 % водорода и 80 % углерода, если его плотность по водороду 15.

53. При полном сгорании 0,23 г вещества, состоящего из углерода, водорода и кислорода, получилось 0,27 г воды и 224 мл углекислого газа (объем газа измерен при нормальных условиях). Установить молекулярную формулу вещества, если плотность его пара по воздуху 1,59.

54. В состав соединения входят углерод, водород и азот. Углерод составляет в нем 79,12 %. Масса азота, полученного из 0,546 г соединения, равна 0,084 г. Молярная масса вещества 182. Вывести его формулу.

55. Установить формулу кристаллогидрата, содержащего 8,11 % Al, 28,83 % O, 14,41 % S и 48,65 % H_2O .

56. Какова формула вещества, содержащего 42,9 % SiO_2 и 57,1 % MgO ?

57. Определить формулу кристаллогидрата, содержащего 16,08 % Na, 4,2 % C, 16,78 % O и 62,94 % H_2O .

58. Установить формулу кристаллогидрата, содержащего 16,08 % Na, 11,94 % S, 23,89 % O и 47 % H_2O .

59. Вычислить молярную массу бензола, если 1,1 л его паров при 91 °C и 81313 Па имеет массу 2,31 г.

60. Масса 584 мл газа при 21 °C и нормальном давлении равна 1,44 г. Вычислить молярную массу газа.

61. Масса 0,36 л паров вещества при 98 °C и 98,642 кПа равна 1,8 г. Вычислить молярную массу вещества.

62. Масса 454 мл газа при 44 °C и 97309 Па равна 1,19 г. Вычислить молярную массу газа.

63. Вычислить массу 1 м³ воздуха при 37 °C и 83200 Па.

64. Вычислить объем, который занимает при 27 °C и 760 мм рт. ст. 1 кг воздуха.

65. Баллон емкостью 20 л содержит 3 кг кислорода. Вычислить давление в баллоне при 20 °C.

66. Вычислить, при каком давлении 5 кг азота займут объем 50 л, если температура равна 500 °C?

67. Баллон емкостью 10 л при 27 °С содержит $3 \cdot 10^{23}$ молекул кислорода. Вычислить давление кислорода в баллоне.
68. Колба емкостью 0,75 л, наполненная кислородом при 20 °С, имеет массу 132 г. Масса пустой колбы 130,79 г. Вычислить давление кислорода в колбе.
69. Стальной баллон для хранения сжатых газов содержит 64 кг кислорода. Определить массу углекислого газа, которым наполнен такой же баллон при тех же условиях.
70. Некоторый газ собрали в закрытый цилиндр объемом 41 л при температуре 627 °С и давлении 1,2 атм. Масса газа, находящегося в цилиндре, 42,7 г. Найти молярную массу газа и определить, что это за газ, если в его состав входит сера.
71. Для анализа при 25 °С и 779 мм рт. ст. пробу газа отобрали в колбу емкостью 100 мл. Масса колбы с газом 16,392 г, масса пустой колбы 16,124 г. Определить молярную массу газа.
72. Колбу емкостью 232 мл заполнили некоторым газом при температуре 17 °С и давлении 752 мм рт. ст. Масса колбы увеличилась на 0,27 г. Вычислить молярную массу газа.
73. Для анализа состава газа был наполнен газометр емкостью 20 л при давлении 1,025 атм и температуре 17 °С. Масса газометра увеличилась на 10 г. Вычислить молярную массу газа.
74. Цилиндр емкостью 1 л наполнили газом при температуре 21 °С и давлении 1,05 атм. Масса газа, находящегося в цилиндре, 1,48 г. Вычислить молярную массу газа.
75. Определить, сколько молекул содержится в 3 л некоторого газа при давлении 1520 мм рт. ст. и температуре 127 °С.
76. Установить, при какой температуре находится 0,2 г некоторого газа, занимающего объем 0,32 л, если давление газа 1,5 атм, а его плотность по воздуху 1,52.
77. Какова температура газа, если его давление составляет 30 атм, масса 1,5 кг, объем 170 л, плотность по воздуху 1,08?
78. При давлении 98,7 кПа и температуре 91 °С газ занимает объем 680 мл. Найти объем газа при нормальных условиях.
79. В баллоне находится газ при температуре 27 °С. Определить, какая часть газа останется в баллоне, если при открытом баллоне повысить температуру газа на 100 °С.
80. Давление газа в закрытом сосуде при 12 °С равно 100 кПа. Каким станет давление газа, если нагреть сосуд до 303 К?
81. Объем 0,111 г некоторого вещества 26 мл при 17 °С и 104 кПа. Вычислить молярную массу газа.
82. При -23 °С объем газа 8 л. При какой температуре объем газа станет равным 10 л, если давление оставить неизменным?
83. В закрытом баллоне емкостью 40 л находится 77 г CO_2 . Манометр, подключенный к баллону, показывает давление 106,6 кПа. Вычислить температуру газа в баллоне.
84. При 27 °С объем газа равен 600 мл. Какой объем газ займет при увеличении температуры на 30 К, если давление оставить неизменным.
85. Найти массу 1 м³ воздуха при 17 °С и давлении 624 мм рт. ст.
86. Газ при 10 °С и давлении 960 гПа занимает объем 50 мл. При каком давлении газ будет занимать объем 10 мл, если его температура повысилась на 10 К?
87. Определить молярную массу органического вещества, зная, что 0,39 г его паров при температуре 87 °С и давлении 936 мм рт. ст. занимают объем 120 мл.
88. Вычислить массу 3 м³ кислорода при температуре 27 °С и давлении 780 мм рт. ст.
89. Вычислить массу кислорода, заполнившего газометр емкостью 14,5 л при температуре 17 °С и давлении 16 атм.
90. Определить молярную массу газа, 0,96 г которого занимают объем 0,41 л при температуре 27 °С и давлении 1,2 атм.
91. Сосуд емкостью 5 л содержит 7 г азота при 273 К. Определить давление газа. При какой температуре оно станет равным 1 атм?
92. В сосуде емкостью 15 л находится 21 г азота при 400 К. Определить давление газа.
93. Сколько весит 1 л газа при нормальных условиях, если плотность его по воздуху 1,52?
94. В сосуде емкостью 15 л находится 21 г азота при 273 К. Определить давление газа.
95. Литр некоторого газа весит при нормальных условиях 2,86 г. Определить молярную массу газа и его плотность по воздуху.
96. 2,8 л газа весят при нормальных условиях 2 г. Определить молярную массу газа и его плотность по воздуху.

97. Определить массу 190 мл паров бензола при температуре 97 °С и давлении 740 мм рт. ст.
98. Какой объем занимают 4,2 г азота при температуре 16 °С и давлении 771 мм рт. ст.?
99. Вычислить молярную массу неизвестного газа и его плотность по воздуху, зная, что масса 0,5 л этого газа при нормальных условиях 0,5804 г.
100. Определить молярную массу эфира, зная, что 312 мл его паров при температуре 47 °С и давлении 800 мм рт. ст. весят 0,925 г.
101. Найти массу 1 л воздуха при температуре 40 °С и давлении 939 мм рт. ст.
102. Определить молярную массу вещества, если масса 312 мл его паров при температуре 40 °С и давлении 939 мм рт. ст. равна 1,79 г.
103. 52,5 г азота занимают при температуре 7 °С объем 41 л. Определить давление газа.
104. Определить молярную массу газа, 0,96 г которого занимают объем 0,41 л при температуре 27 °С и давлении 1,2 атм.
105. Вычислить массу кислорода, заполнившего газометр емкостью 14,5 л при температуре 17 °С и давлении 16 атм.
106. В закрытом сосуде емкостью 3 л смешаны 0,5 л азота и 2,5 л водорода. Их начальное давление равно 103,5 и 93,7 кПа соответственно. Определить парциальные давления газов и общее давление смеси.
107. Смешали 2 л углекислого газа ($p_{\text{CO}_2} = 1$ атм) и 5,6 л азота ($p_{\text{N}_2} = 96,9$ кПа). Каковы парциальные давления газов в смеси и общее ее давление?
108. Вычислить объемные доли (в процентах) неона и аргона в смеси, если их парциальное давление соответственно 203,4 и 24,6 кПа.
109. Вычислить объемные доли (в процентах) оксидов углерода (II) и (IV), парциальное давление которых соответственно 0,24 и 0,17 кПа.
110. Общее давление смеси аргона и водорода составляет 108,6 кПа. Какова объемная доля аргона, если парциальное давление водорода 105,2 кПа?
111. В сосуде емкостью 6 л находится азот под давлением $3 \cdot 10^6$ Па. После добавления кислорода давление смеси увеличилось до $3,4 \cdot 10^6$ Па. Какова объемная доля кислорода в смеси?
112. В газгольдере над водой при температуре 25 °С находится 5,2 л кислорода под давлением 102,4 кПа. Каков объем сухого кислорода, если давление насыщенного водяного пара при той же температуре 3,164 кПа?
113. В результате реакции 4,45 г металла с водородом образовалось 5,1 г гидрида. Определить эквивалентную массу металла.
114. При взаимодействии 0,385 г металла с хлором образовалось 1,12 г хлорида этого металла. Вычислить эквивалентную массу данного металла.
115. Для реакции 0,44 г металла с бромом потребовалось 3,91 г брома. Определить эквивалентную массу металла.
116. Определить эквивалентную массу двухвалентного металла и назвать его, если для полного сгорания 3,2 г металла потребовалось 0,26 л кислорода, измеренных при нормальных условиях.
117. При пропускании сероводорода через раствор, содержащий 7,32 г хлорида двухвалентного металла, было получено 6,133 г его сульфида. Определить эквивалентную массу металла.
118. При разложении 4,932 г оксида металла получено 0,25 л кислорода, приведенного к нормальным условиям. Определить эквивалентную массу металла.
119. При взаимодействии пластинки металла массой 10,2 г с раствором сульфата меди (II) масса пластинки увеличилась на 1,41 г. Вычислить эквивалентную массу металла.
120. В оксиде свинца содержится 7,14 % (по массе) кислорода. Определить эквивалентную массу свинца.
121. Соединение металла с галогеном содержит 64,5 % (по массе) галогена, оксид того же металла содержит 15,4 % (по массе) кислорода. Определить эквивалентную массу галогена и назвать его.
122. На восстановление 6,33 г оксида металла израсходовано 0,636 л водорода, приведенного к нормальным условиям. Определить эквивалентную массу металла.

123. Вычислить эквивалентную массу металла, 2 г которого соединяются с 1,39 г серы или с 6,95 г брома.

124. Установлено, что 0,321 г алюминия и 1,168 г цинка вытесняют из кислоты одинаковое количество водорода. Найти эквивалентную массу цинка, если эквивалентная масса алюминия 8,99 г/экв.

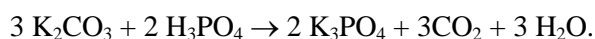
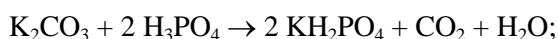
125. Сколько литров водорода, приведенного к нормальным условиям, потребуется для восстановления 112 г оксида металла, содержащего 71,43 % металла? Какова эквивалентная масса металла?

126. Вычислить молярную и эквивалентную массу двухвалентного металла, если 2,2 г его вытесняют из кислоты 0,81 л водорода при 22 °С и 102,9 кПа. Назвать металл.

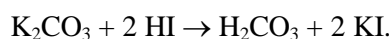
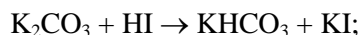
127. Вычислить эквивалентную массу кислоты, если на нейтрализацию 0,234 г ее потребовалось 28,9 мл раствора гидроксида натрия концентрацией 0,1 моль/л.

128. На нейтрализацию 2 г основания потребовалось 3,04 г соляной кислоты. Вычислить эквивалентную массу основания.

129. Вычислить эквивалент ортофосфорной кислоты в реакциях:



130. Вычислить эквивалент карбоната калия в реакциях



131. В технике оксид меди получают прокаливанием меди при недостатке воздуха. Определить эквивалентную массу меди, если при прокаливании 8 г меди получается 9 г оксида меди.

132. Минерал халькозин (медный блеск) содержит 20 % серы. Определить эквивалентную массу металла и формулу халькозина.

133. Одним из способов получения металлов является восстановление их оксидов водородом. Рассчитать эквивалентную массу металла, если известно, что на восстановление 3,4 г оксида металла потребовалось столько водорода, сколько его выделяется при реакции 6,54 г цинка с кислотой.

134. Вычислить эквивалентную массу металла, если из 4,93 г хлорида металла по реакции с нитратом серебра получилось 8,61 г хлорида серебра.

135. В азотной кислоте растворили 0,58 г меди. Полученную соль прокалили, получив 0,726 г оксида меди. Вычислить эквивалентную массу меди.

136. В кислоте растворили 1,02 г металла. При этом выделилось 0,94 л водорода, измеренного при нормальных условиях. Вычислить эквивалентную массу металла.

137. Одной из операций при получении стали бессемеровским методом является соединение основных оксидов металлов с оксидом кремния (IV) по уравнению $\text{MnO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{MnSiO}_3$. При использовании 100 г шлака, содержащего 25 % оксида кремния (IV), эквивалентная масса которого 15 г/моль, образовалось 109,2 г силиката марганца. Рассчитать эквивалентную массу силиката марганца.

138. Для восстановления 15,9 г хлорида железа было израсходовано 2,8 л водорода, приведенного к нормальным условиям. Рассчитать эквивалентную массу хлорида железа.

139. При сгорании 5,0 г металла образуется 9,44 г оксида металла. Определить эквивалентную массу металла.

140. Установлено, что 1,0 г некоторого металла соединяется с 8,89 г брома или с 1,78 г серы. Найти эквивалентные массы брома и металла, зная, что эквивалентная масса серы равна 16,0 г/экв.

141. Из 0,493 г хлорида металла после обработки нитратом серебра образовалось 0,861 г хлорида серебра. Вычислить эквивалентную массу металла.

142. Металл образует два хлорида с содержанием хлора 37,45 и 54,51 %. Вычислить эквиваленты металла в каждом соединении, приняв эквивалентную массу хлора равной 35,5 г/экв.

143. При взаимодействии 0,8 г гидразина и 2,45 г серной кислоты образовалось 3,25 г соли. Вычислить эквивалентные массы гидразина и образовавшейся соли.
144. На нейтрализацию 2,45 г кислоты идет 2,0 г гидроксида натрия. Определить эквивалентную массу кислоты.
145. Металл образует два хлорида, содержащие соответственно 73,86 и 84,96 % металла. Вычислить эквивалентные массы металла в каждом соединении.
146. Эквивалентная масса металла 8,99 г/экв. Какой объем водорода при 3 °С и 106,6 кПа выделится при взаимодействии 0,449 г металла с соляной кислотой?
147. На нейтрализацию 1 г кислоты пошло 1,247 г КОН. Найти эквивалентную массу кислоты.
148. Из 2,5 г некоторого металла получили фосфат этого металла. Какова масса фосфата металла, если эквивалентная масса металла равна 4,5 г/моль?
149. Найти эквивалентную массу металла, если из 1,35 г его оксида получено 3,15 г нитрата.
150. При взаимодействии 6 г некоторого вещества с 2,768 г хлороводородной кислоты получили 4,43 г соли. Вычислить эквивалентные массы вещества и соли.
151. При 700 °С восстанавливают хлорид железа (степень окисления железа неизвестна) до металлического железа. Какова эквивалентная масса хлорида железа и какова его формула, если на восстановление 15,9 г этого хлорида израсходовали 2,8 л водорода, приведенного к нормальным условиям?
152. Металл образует два хлорида с содержанием хлора 37,45 и 54,51 %. Вычислить эквиваленты металла в каждом соединении, считая эквивалентную массу хлора равной 35,5.
153. На восстановление 8 г оксида металла до металла потребовалось 2,24 л водорода, приведенного к нормальным условиям. Найти эквивалентную массу металла.
154. Некоторое количество металла соединяется с 0,0312 г кислорода или с 0,3125 г одного из галогенов. Вычислить эквивалентную массу галогена и определить, что это за галоген.
155. Сколько металла вступило в реакцию с кислотой, если при этом выделилось 250 мл водорода, приведенного к нормальным условиям? Эквивалентная масса металла равна 9 г/экв.
156. Вычислить эквивалентную массу металла и его оксида, если 0,18 г металла соединяется с 84 мл кислорода, приведенного к нормальным условиям.
157. На нейтрализацию 2 г щелочи потребовалось 0,25 г кислоты, эквивалентная масса которой 100,5 г/моль. Определить эквивалентную массу щелочи.
158. Определить эквивалентные массы некоторого металла и никеля, если 0,075 г металла вытесняют из раствора никелевой соли 0,1835 г никеля, а из раствора кислоты – 70 мл водорода, приведенного к нормальным условиям.
159. Кусок металла, эквивалентная масса которого 29,335 г/моль, вытесняет из кислоты 105 мл водорода, приведенного к нормальным условиям. Определить эквивалентную массу металла.
160. Определить эквивалентную массу щелочи, зная, что 0,2 г ее взаимодействуют с 0,271 г хлорного железа, эквивалентная масса которого 54,08 г/экв.
161. При восстановлении 1,252 г оксида металла получено 1 г металла. Определить эквивалентные массы металла и его оксида.
162. При синтезе аммиака израсходовано 22,4 мл азота, приведенного к нормальным условиям. Сколько аммиака может быть при этом теоретически получено?
163. При сжигании 3 кг каменного угля получили 5,3 м³ CO₂, приведенного к нормальным условиям. Какова массовая доля углерода в данном образце каменного угля?
164. Какой объем воздуха, приведенного к нормальным условиям, потребуется для обжига пирита по реакции $4 \text{FeS}_2 + 11 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{SO}_2$, чтобы получить 1000 м³ оксида серы (IV). Объемное содержание кислорода в воздухе 21 %.
165. Вычислить, какой объем воздуха, приведенного к нормальным условиям, потребуется для обжига 2 т пирита, содержащего 92 % FeS₂. Объемное содержание кислорода в воздухе 21 %.
166. Какая масса раствора серной кислоты концентрацией 70 % потребуется для получения ортофосфорной кислоты из 200 кг фосфорита, содержащего 70 % Ca₃(PO₄)₂, по реакции $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaSO}_4$?

167. Для получения оксида магния из металлического магния потребовалось 5 л воздуха, измеренных при температуре 27 °С и давлении 1,3 атм. В воздухе содержится 21 % кислорода. Сколько оксида магния можно при этом получить?

168. Основной минерал, содержащий олово, – касситерит (SnO_2). Металлическое олово из него получают восстановлением коксом. При этом выделяется оксид углерода (IV). Какой объем оксида углерода выделится при восстановлении 3,02 кг касситерита, если процесс вести при температуре 127 °С и давлении 1,5 атм?

169. Какой объем печных газов (25 °С, 760 мм рт. ст.), содержащих 10 % сернистого газа*, получается при обжиге 1 т серного колчедана, содержащего 45 % серы, если при этом 1,6 % серы не сгорает?

170. При прокаливании доломита $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ образуется углекислый газ. Рассчитать объем углекислого газа, если процесс протекает при температуре 227 °С и давлении 1,4 атм.

171. При действии воды на карбид кальция образовалось 50 л ацетилена, измеренных при температуре 17 °С и давлении 1,5 атм. Какова масса полученного ацетилена?

172. При обжиге известняка образуются негашеная известь (CaO) и углекислый газ. Сколько известняка, содержащего 92 % карбоната кальция, потребуется для получения 112 л углекислого газа, измеренного при температуре 127 °С и давлении 11 атм.?

173. Для производства серной кислоты взяли 224 л сернистого газа, измеренного при температуре 37 °С и давлении 1,8 атм. Сколько серной кислоты при этом получится, если выход готового продукта составляет 80 % от теоретического?

174. При коррозии железа выделилось 0,422 л водорода, измеренного при 7 °С и давлении 741 мм рт. ст. Определить, какое количество железа прородировало, если первоначально образуется соединение железа (II).

175. Какой объем углекислого газа необходимо отвести из печи при обжиге 1 т кальцита CaCO_3 при 800 °С и давлении 800 мм рт. ст.?

176. Какой объем сернистого газа может быть получен при обжиге 1 т хвостов флотации сульфидных руд, содержащих 70 % пирита, если газ собирают в емкости под давлением 2 атм при температуре 30 °С? Обжиг пирита производится по реакции $4 \text{FeS}_2 + 11 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{SO}_2$.

177. Сульфид натрия получают в промышленности по реакции $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{C} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 2 \text{CO}_2$. Какой объем углекислого газа следует отвести из печи при получении 1 т сульфида натрия с содержанием чистого вещества 68 % при 1200 °С и давлении 820 мм рт. ст.?

178. Горячий КОН реагирует с хлором по реакции $6 \text{KOH} + 3 \text{Cl}_2 \rightarrow 5 \text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$. Сколько КОН потребуется для взаимодействия с 0,8 л хлора при 7 °С и 98,64 кПа?

179. При прокаливании пирита (FeS_2) массой 20 т был получен оксид серы (IV) объемом 7000 м³, приведенного к нормальным условиям. Определить чистоту пирита и объем воздуха, необходимый для обжига пирита?

180. Сколько граммов кальция вступило в реакцию с водой, если объем выделившегося водорода при 25 °С и 99,3 кПа равен 480 мл?

181. Порошок латуни (сплав меди с цинком) массой 10 г обработали избытком соляной кислоты и получили 1,3 л водорода, измеренного при 18 °С и 90000 Па. Каков процентный состав сплава?

182. В электрической печи из 20 кг технического оксида кальция было получено 16 кг карбида кальция по реакции: $\text{CaO} + 3 \text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$. Определить массовую долю примесей в оксиде кальция и теоретический объем СО при температуре 546 °С и давлении 101,3 кПа, а также массу необходимого для реакции углерода.

183. Для очистки типографского шрифта от вредных примесей цинка в его расплав добавляют хлорид аммония, который реагирует с находящимся в сплаве цинком по реакции $2 \text{NH}_4\text{Cl} + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + 2 \text{NH}_3 + \text{H}_2 \uparrow$. Образующийся хлорид цинка всплывает на поверхность расплава в виде шлака. Хлорид аммония добавляют в расплав из расчета 2,5 кг на 1 кг цинка. Соответствует ли это количество NH_4Cl теоретическому?

184. Соляной кислотой обработали 100 г почвы. При этом получили 500 мл углекислого газа, измеренного при 25 °С и 1 атм. Определить процентное содержание карбонатов в почве.

* Оксид серы (IV)

185. Хлороводород, образовавшийся при действии серной кислоты на 19 г безводного хлорида магния, пропустили через раствор, содержащий 10 г гидроксида калия. Раствор выпарили. Какое вещество и в каком количестве при этом получилось?

186. При действии на 5,1 г плотного известняка избытком соляной кислоты выделилось 1,12 л CO_2 , приведенного к нормальным условиям. Сколько процентов карбоната кальция содержится в данном известняке?

187. Для получения оксида магния из металлического магния потребовалось 5 л воздуха, измеренных при температуре 27°C и давлении 1,3 атм. В воздухе содержится 21 % кислорода. Сколько оксида магния можно при этом получить?

188. Навеску 9,13 г магнезита обработали избытком азотной кислоты. Выделившийся газ поглотили раствором гидроксида натрия. Масса раствора щелочи после поглощения ею газа увеличилась на 4,4 г. Определить процентное содержание карбоната магния в магнезите.

189. Составить уравнение реакции горения сероуглерода и вычислить измеренный при 100°C и 780 мм рт. ст. объем газообразных продуктов, которые получаются сжиганием 25 г CS_2 .

190. Вычислить объем кислорода, полученный при разложении 15 г бертолетовой соли KClO_3 при 25°C и 1 атм.

191. Чистый металлический порошок цинка массой 50 г внесли в раствор комплексной соли золота $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ при перемешивании раствора. Вес металлического осадка после опыта составил 69,7 г. Сколько граммов цинка перешло в раствор и каково содержание золота в осадке?

192. Какая масса известняка, содержащего 90 % карбоната кальция, потребуется для получения 7 т негашеной извести (CaO)?

193. Какое вещество и в каком количестве останется в избытке после смешения растворов, содержащих 15 г хлорида бария и 11 г сульфата натрия?

194. Смешали два раствора, содержащих 8,55 г нитрата свинца (II) и 3,75 г соляной кислоты. Какое вещество и в каком количестве останется в избытке?

195. Какое вещество и в каком количестве останется в избытке в результате реакции между 14 г оксида кальция и 32 г азотной кислоты?

196. Какое вещество и в каком количестве останется в избытке в результате реакции между 4 г оксида магния и 10 г серной кислоты?

197. Смешаны растворы, содержащие 17 г нитрата серебра и 15,9 г хлорида кальция. Какое вещество и в каком количестве останется в избытке?