##  [Задачи на атомистику](https://chemege.ru/zadachi-na-atomistiku/)

**Задачи на атомистику** — это задачи на соотношения частиц (атомов, молекул, ионов и т.д.)  в  гомогенных и гетерогенных системах (растворах, твердых и газообразных смесях). Это могут быть массовые соотношения (например, массовая доля элемента в смеси), мольные соотношения (например, соотношение числа атомов водорода и кислорода или мольная доля), объемные соотношения (объемная доля и др.).

 Во-первых, понятие **массовой доли**. Во-вторых, **умение выражать число атомов через число молекул или других структурных единиц**.

**Например**, в молекуле триоксида серы SO3 на 1 молекулу приходится один атом серы и три атома кислорода:

1 молекула SO3 — 1 атом серы, 3 атома кислорода

Несложно пропорцией определить, что на две молекулы триоксида серы будет приходиться два атома серы и шесть атомов кислорода:

2 молекулы SO3 — 2 атома S, 6 атома О

На 20 молекул диоксида:

20 молекул SO2 — 20 атомов S, 40 атомов О

А вот сколько атомов приходится на х молекуле диоксида? Это также легко определить через пропорцию:

х молекул SO2 — х атомов S, 2х атомов О

Иначе говоря, **количество атомов кислорода в молекуле SO**2**в два раза больше, чем количество молекул.** А количество атомов серы равно количеству молекул диоксида серы. То есть индексы в формуле вещества показывают не только, как соотносится количество атомов между собой, но и какое число атомов приходится на 1 молекулу или другую структурную единицу вещества.

Если так соотносится число атомов и молекул, то **также будет соотноситься и количество вещества атомов и молекул, выраженное в молях**. Потому что 1 моль — это не что иное, как порция, состоящая из одинакового числа данных частиц.

  Представьте себе, что атомы — это элементы изделия, а молекула состоит из некоторого числа таких деталей. Таким образом, число деталей разного типа всегда больше или равно числа изделий. Получается, **в молекуле число атомов всегда больше или равно, чем количество молекул.**

И наоборот, число молекуле диоксида серы в 3 раза меньше, чем число атомов кислорода в составе SO2. И число молекул равно количеству атомов серы.

**Например**, на х моль атомов серы приходится х моль молекул SO2.

 Еще одно понятие, которое пригодится при решении задач на атомистику — **молярное соотношение веществ**. **Молярное соотношение** — это отношение количества одного вещества к количеству другого вещества. **Например**, молярное соотношение хлорида натрия и воды в растворе составляет 1 к 20, или 0,05:

**n(NaCl)/ n(H**2**O) =** 1/20 = 0,05

Молярное соотношение можно задавать отдельным числом, а можно соотношением:

**n(NaCl) : n(H**2**O) =** 1:20

А вот выражать молярное соотношение через проценты нельзя. Это безразмерная величина.

**Пример 1**. К смеси пероксида и оксида бария, где отношение количества атомов бария к количеству атомов кислорода равно 5:9, добавили 490г холодного 20%-го раствора серной кислоты. В результате соединения бария прореагировали полностью, а полученный раствор оказался нейтральным. Найдите массовую долю воды в образовавшемся растворе.

 **Решение:**

1. Составляем уравнения химических реакций:

BaO + H2SO4 → BaSO4 + H2O

BaO2 + H2SO4 → BaSO4 + H2O2

1. Находим массу серной кислоты и ее количество вещества:

m(H2SO4) =$\frac{mp-pa\*w(H2SO4)}{100\%}$ = $\frac{490гр \*20\%}{100\%}$= 98 (*гр*)

n(H2SO4) = $\frac{m(H2SO4)}{M(H2SO4)}$ = $\frac{98 гр}{\begin{array}{c}\frac{98гр}{моль}\end{array}}$ =1 (*моль*)

1. Так как по условию задачи сказано, что соединения бария прореагировали полностью, а полученный раствор оказался нейтральным, значит количество серной кислоты соответствует количеству вещества исходной смеси:

n(H2SO4) = n(BaO) + n(BaO2) = 1(*моль*)

1. По условию задачи известно ***соотношение атомов*** в исходной смеси:

$\frac{N(Ba)}{N(O)}$ = $\frac{5}{9}$ =$\frac{n(Ba)}{n(O)}$

Обозначим через **х** количество вещества оксида бария:

n(BaO) = **x** (*моль)* ⇒ n(Ba) = x; n(O) = x

n (BaO2) = 1- x (*моль*) ⇒ n(Ba) = 1-x; n(O) = 2(1-x)

Перенесем эти данные в соотношение атомов:

$\frac{n(Ba)}{n(O)}$ = $\frac{x+(1-x)}{x+2(1-x)}$ = $\frac{1}{2-x}$ = $\frac{5}{9}$

x = 0,2 (*моль*)

1. Вычисляем массу воду в образовавшемся растворе. Ее масса складывается из воды, образующейся в ходе реакции и воды, присутствовавшей в исходном растворе серной кислоты:

m(H2O) в исх. р-ре= 490-98 = 392 (*гр*)

m(H2O) = n\*M

n(H2O) = n(BaO) = 0,2 (*моль*)

m(H2O) = 0,2\*18 +392 =**395,6 (**гр)

1. Вычисляем массу конечного раствора. Его масса складывается из масс исходных веществ, из которой вычитаем массу выпавшего осадка сульфата бария:

mp-pa = mp-pa(H2SO4) + m(BaO) + m(BaO2) – m(BaSO4) = 490 + 0,2 \*153 + 0,8\*169 – 1\*233 = **422,8** (гр)

1. Рассчитаем массовую долю воды в конечном растворе:

w(H2O) = $\frac{m(H2O)}{mp-pa} 100\%=\frac{395,6}{422,8}$ 100% = **93,57**%

Ответ: w(H2O) **= 93,57**%

**Пример 2:** Смесь оксида кальция и карбоната кальция с массовой долей атомов кальция 62,5% растворили в 300 г раствора соляной кислоты. При этом наблюдалось выделение газа, и масса полученного раствора составила 361,6 г. Выделившийся в результате реакции газ пропустили через 80 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. Вычислите массовую долю соли в конечном растворе.

**Решение:**

1. Обозначим через х и y количества вещества СаО и СаСО3 соответсвенно: **n(CaO) = х** моль, **n(CaCO3) = y** моль, тогда:

количество вещества атомов кальция в оксида: **n1(Ca) = х** моль,

в карбонате: **n2(Са) = у** моль,

общее количество вещества атомов кальция: **n(Са) = (x + y**) моль.

1. Для вычисления **х** и **у** запишем выражения для масс атомов и сложных веществ:

Масса атомов кальция: **m(Ca)** =  n(Са)·M(Ca) = 40(x + y)

 Масса оксида кальция**: m(CaО)** =  n(СаО)·M(CaО) = 56x

 Масса карбоната кальция: **m(CaCO3)** =  n(CaCO3)·M(CaCO3) = 100у

 Масса смеси: **mсм** = m(CaО) + m(CaCO3) = (56х + 100у)

***Получаем выражение:***

***40(x + y)/(56х + 100у) = 0,625***

Преобразуя приведённое выше равенство, получаем**: х = 4,5у**.

1. Запишем **уравнения реакций** растворения смеси в соляной кислоте:

**CaO + 2HCl = CaCl2 + H2O**

**CaCO3 + 2HCl = CaCl2 + CO2 + H2O**

Количество образовавшегося углекислого газа n(CO2) = y моль, масса m(CO2) = 44y .

1. Запишем уравнение **материального баланса** для конечного раствора:

mр-ра = m(CaO) + m(CaCO3) + mр-ра(HCl) — m(CO2)

361,6 = 56х + 100у + 300 — 44у

или

61,6 = 56х + 56у

Получаем систему:

х + у = 1,1

х = 4,5у

5,5у = 1,1

у = 0,2 моль, х = 0,9 моль.

Количество углекислого газа: **n(CO2) = 0,2 моль**, масса **m(CO2) = 44·0,2 = 8,8** г.

1. Дальнейшее взаимодействие углекислого газа с гидроксидом натрия может привести к образованию как средней так и кислой соли:

**2NaOH + CO2 = Na2CO3 + H2O   (1)**

**NaOH + CO2 = NaHCO3(2)**

Какие продукты образуются, определяется соотношением количества вещества реагентов.

Масса щелочи: m(NaOH) = mр-ра(NaOH) · w(NaOH) = 80 · 0,1 = 8 г

Количество вещества: n(NaOH) = m(NaOH) / M(NaOH) = 8/40 = 0,2 моль

Соотношение количества вещества реагентов n(NaOH) : n(CO2) = **0,2:0,2 = 1:1**

⇒ Следовательно, протекает только **вторая** реакция с образованием кислой соли  — гидрокарбоната натрия.

n(NaHCO3) = n(CO2) = 0,2 моль

m(NaHCO3) = n(NaHCO3)·M(NaHCO3) = 0,2·84 = 16,8  г

1. Вычисляем массу конечного раствора гидрокарбоната:

mр-ра = m(CO2) + mр-ра(NaOH) = 8,8 + 80 = 88,8 г

1. Рассчитываем массовую доля гидрокарбоната натрия в конечном растворе:

w(NaHCO3) = $\frac{m(NaHCO3)}{mp-pa}$ = $\frac{16,8}{88,8}= $0,1892 или 18,92%

 **Ответ: w(NaHCO3) = 18,92%**

**Пример 3.**  Смесь меди и оксида меди (II), в которой массовая доля атомов меди составляет 96%, растворили в 472 г концентрированной серной кислоты, взятой в избытке. При этом наблюдалось выделение газа. Минимальная масса 10%-го раствора NaOH, который может прореагировать с выделившимся газом, равна 200 г. Определите массовую долю соли в растворе, образовавшемся после добавления серной кислоты к исходной смеси веществ.

**Решение:**

1. Запишем уравнения реакций растворения смеси в концентрированной серной кислоте:

Cu + 2H2SO4 →CuSO4 + SO2↑+2H2O (1)

CuO + H2SO4 →CuSO4 + H2O (2)

1. Сернистый газ, выделившийся при взаимодействии меди с кислотой, вступает с минимальным количеством раствора гидроксида натрия. Это означает, что реакция протекает до образования кислой соли – гидросульфита натрия:

SO2 + NaOH → NaHSO3

 Рассчитаем количество вещества гидроксида натрия:

n(NaOH) = $\frac{mp-pa\*w}{M(NaOH)}$ = $\frac{200\*0,1}{40 г/моль}$ =$\frac{20}{40}$ = 0,5 моль

По уравнению реакции n(NaOH) = n(SO2) = 0,5моль ⇒n(Cu) = 0,5 моль

1. Рассчитаем количество вещества оксида меди(II). Для этого обозначим его через х моль:

n(CuO) = x моль

 Тогда количество вещества атомов меди в металлической меди n1(Сu)= 0,5 моль и в оксиде n2(Cu)=x моль,⇒ общее количество n(Cu) = 0,5+x

Количество вещества атомов кислорода n(О) = х моль.

По условию задачи массовая доля атомов меди в исходной смеси 96%, используем это соотношение для вычисления количества вещества меди:

 $\frac{n\left(Cu\right)\*М(Cu)}{n\left(Cu\right)\*M\left(Cu\right)+n\left(O\right)\*M(O)}$=0,96

Подставим выражения через х:

$\frac{\left(0,5+х\right)\*64}{\left(0,5+х\right)\*64+16\*x}$ = 0,96

Упрощая выражение, вычисляем х:

х = 0,1моль

1. Вычисляем массу соли – сульфата меди (II):

n(CuSO4) =n(Cu) +n(CuO)=0,5 +0,1=0,6 (моль)

m(CuSO4) = n\*M=0,6\*160=96 (гр)

1. Рассчитаем массу после растворения смеси в избытке серной кислоты:

mp-pa = m(Cu) +m(CuO) +mp-pa(H2SO4) –m(SO2) = 0,5\*64 + 0,1\*80 + 472 – 0,5\*64 =480 (гр)

1. Вычисляем массовую долю сульфата меди (II):

 w(CuSO4) = $\frac{96}{480}$\*100% = 20%

**Ответ: w(CuSO4)p-pe = 20%**

 **Пример 4**. Смесь из оксида лития и нитрида лития, в которой массовая доля атомов лития составляет 56%, смешали с 265 г раствора соляной кислоты с массовой долей 20%. При этом все вещества полностью прореагировали и раствор стал нейтральным. К образовавшемуся раствору добавили 410 г 20%- ного раствора фосфата натрия. Определите массовую долю хлорида натрия в конечном растворе.

**Решение:**

1**.**Запишем уравнения реакций:

Li2O + 2HCl → 2LiCl + H2O (1)

Li3N + 4HCl → 3LiCl +NH4Cl (2)

3LiCl +Na3PO4→Li3PO4↓ + 3NaCl (3)

2. Вычислим количества вещества реагентов:

n(HCl) = $\frac{m(HCl)}{M(HCl)}$= $\frac{265\*0,2}{36,5}$ = 1,452 (моль)

n(Na3PO4) =$\frac{m(Na3PO4)}{M(Na3PO4)}$ = $\frac{410\*0,2}{164}$ = 0,5 (моль)

3. Для расчета количества вещества соединений лития обозначим через х – количество оксида лития и количество вещества нитрида –y моль; тогда количества вещества соляной кислоты в первых двух реакциях:

n(HCl)(1) = 2x

n(HCl)(2) = 4y

***x моль  2x моль***

Li2O + 2HCl → 2LiCl + H2O (1)

***y моль 4y моль***

Li3N + 4HCl → 3LiCl +NH4Cl (2)

m(HCl) = n\*M = (2x+4y)36,5 =265\*0,2

x + 2y =0,726 (моль) – это уравнение будет первым в системе уравнений.

4. Из условия задачи известно, что массовая доля атомов лития в исходной смеси составляет 56 %, составим еще одно уравнение для системы уравнений.

m(Li)(1) = 2x\*7 - масса лития в оксиде лития,

m(Li)(2) = 3y\*7 – масса лития в нитриде лития,

Масса исходной смеси: x\*M(Li2O) +y\*M(Li3N)

Используя условие задачи, составим выражение:

$\frac{m(Li)}{m\left(Li2O\right)+m(Li3N)}$ = $\frac{2x\*7+3y\*7}{x\*M\left(Li2O\right)+y\*M(Li3N)}$ = 0,56

$\frac{14x+21y}{30x+35y}$ = 0,56 – это будет вторым уравнением в системе уравнений:

x+2y = 0,726

$\frac{14x+21y}{30x+35y}$ = 0,56

Упрощаем выражение:

х = 0,726-2у

$\frac{14x+21y}{30x+35y}$ = 0,56

Подставляем первое выражение вместо х во второе и находим у:

у = 0,29 моль, тогда х = 0,146 моль

5. Из соотношений в первых двух уравнениях реакций найдем количество вещества хлорида лития:

n(LiCl) = 2x +3y =2\*0,146 +3\*0,29 =1,162 моль,

 напомним, что количество фосфата натрия было дано: n(Na3PO4) =$\frac{m(Na3PO4)}{M(Na3PO4)}$ = $\frac{410\*0,2}{164}$ = 0,5 (моль). Фосфата натрия должно быть по реакции в три раза меньше, чем хлорида лития ⇒ n(Na3PO4) = n(LiCl):3 =1,162:3 =0***,387 моль < 0,5 моль.*** Следовательно, расчет ведем по хлориду лития, так как фосфат натрия в избытке.

**3LiCl +Na3PO4→Li3PO4↓ + 3NaCl** (3)

n(NaCl) = n(LiCl) = 1,162 моль

m(NaCl) =n\*M(NaCl) = 1,162\*58,5=68 (гр)

6. Рассчитаем массу конечного раствора:

m(общ) = m(Li2O) + m(Li3N) + m(HCl)p-pa + m(Na3PO4)p-pa – m(Li3PO4) = 0,146\*30 +0,29\*35 +262 + 410- 44,892 = 641,64 (гр)

7.Вычислим массовую долю хлорида натрия:

w(NaCl) = $\frac{68}{641,64}$ = 0,106 или 10,6%

**Ответ: w(NaCl) = 10,6%**

**Задачи на самостоятельное решение.**

1. В смеси оксида магния и фосфида магния массовая доля атомов магния равна 54,4%. Они полностью прореагировала с соляной кислотой массой 365 г 34-% раствора. К полученному раствору добавили раствор фторида калия массой 232 грамма 30-% раствора. Найти массовую долю хлорида калия в конечном растворе.

**2.** Смесь оксида и пероксида натрия, в которой соотношение атомов натрия к атомам кислорода равно 3:2, нагрели с избытком углекислого газа. Полученное вещество растворили в воде. В результате образовалось 600 г раствора. К полученному раствору добавили 229,6 г раствора хлорида железа(III).Найдите массовую долю оксида натрия в исходной смеси, если масса конечного раствора 795 г и массовая доля карбоната натрия в этом растворе 4%.

**3.** Смесь карбида алюминия и карбида кальция, в которой массовая доля углерода равна 30%, полностью растворили в 547.5 г соляной кислоте. При этом кислота прореагировала без остатка. К образовавшемуся раствору добавили 1260г 8% раствора гидрокарбоната натрия. Найдите массовую долю кислоты в растворе, в котором растворили исходную смесь.

**4.** В смесь железной окалины и оксида железа(III) добавили 500 г раствора конц. азотной кислоты, причём соотношение атомов железа к атомам кислорода в смеси равно 7:10. Чтобы полностью поглотить выделившийся газ использовали 20 г раствора NaOH с массовой долей 20%. Найдите массу соли, образовавшейся при добавлении кислоты в смесь.

5. Смесь из оксида и сульфида алюминия, где массовая доля алюминия 50%, залили 700 г, раствора соляной кислоты, взятой в избытке. Выделившийся газ полностью поглотили 240 г 20% раствора сульфата меди. Вычислите концентрацию соли после того, как налили соляную кислоту.