Оглавление

	Задания	Ответы
От авторов	5	
Некоторые формулы и обозначения	7	
1. Формальные вычисления. Типовые расчёты по химическим уравнениям	10	
1.1. Расчёты с использованием «количества вещества»	10	
Задачи для самостоятельного решения	13	107
1.2. Расчёты по химическим уравнениям	13	
Логика решения расчётных задач по химии	15	
Задачи для самостоятельного решения	17	108
1.3. Решение задач «на чистое вещество» и «на избыток — недостаток»	19	
Задачи для самостоятельного решения	26	111
1.4. Решение задач «на выход продукта реакции»	30	
Задачи для самостоятельного решения	35	116
2. Строение атома. Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева	39	120
3. Химическая связь и строение вещества	46	141
4. Окислительно-восстановительные процессы в химии	49	150
5. Классификация неорганических веществ	55	168
6. Основные классы химических соединений	59	175
7. Теория электролитической диссоциации. Ионные уравнения. Гидролиз	69	202
8. Классификация химических реакций	76	221
9. Скорость химических реакций	79	226
10. Химическое равновесие	82	234

11. Расчёты 87 245
11.1. Вычисление массы растворённого вещества, содержащегося в определённой массе раствора с известной массовой долей; вычисление массовой доли вещества в растворе 87
Задачи для самостоятельного решения 93 245
11.2. Расчёты объёмных отношений газов при химических реакциях. Тепловой эффект химической реакции. Термохимические уравнения. Расчёты теплового эффекта реакции 100 247
11.3. Расчёты массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ 104 251

Использованная литература 255

1 Формальные вычисления. Типовые расчёты по химическим уравнениям

В этом разделе рассматриваются:

1) формальные расчёты с использованием понятия «количество вещества» — вычисление молярной массы вещества по его формуле, вычисление количества вещества по его массе или объёму газообразных веществ и наоборот;
2) логика проведения расчётов по уравнению реакции;
3) приёмы решения основных типов расчётных задач («чистое вещество», «примеси», «избыток — недостаток», «выход продукта»).

Упражнения, приводимые ниже, составлены для неорганических веществ. Аналогичные задачи с участием органических веществ вы найдёте в главах, посвящённых свойствам конкретных классов органических соединений; такое разделение материала поможет вам проверить, научились ли вы решать задачи.

1.1. Расчёты с использованием «количества вещества»

Пример 1. Вычислить молярную массу сульфата натрия.

Дано:	Молярная масса вещества численно равна относительной молекулярной массе M_r, которая складывается из атомных масс элементов, образующих это вещество:
Na_2SO_4	$M(Na_2SO_4) = [A_r(Na) \cdot 2 + A_r(S) \cdot 1 + A_r(O) \cdot 4] =$
$M(Na_2SO_4)$ — ?	$= (23 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4) = 142$ г/моль.

Пример 2. Какое количество вещества содержится в 9,8 г серной кислоты?

Дано:	Количество вещества ν(n) вычисляется по уравнению
$m(H_2SO_4) = 9{,}8$ г	$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва}$, где
$\nu(H_2SO_4)$ — ?	$m_{в\text{-}ва}$ — масса вещества (г)
	$M_{в\text{-}ва}$ — молярная масса вещества (г/моль)

$M(H_2SO_4) = (1 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4) = 98$ г/моль

$\nu(H_2SO_4) = 9{,}8/98 = 0{,}1$ моль.

Пример 3. Какую массу имеет карбонат калия количеством вещества 0,2 моль?

Дано:	$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва}$
$\nu(K_2CO_3) = 0{,}2$ моль	$m_{в\text{-}ва} = \nu \cdot M_{в\text{-}ва}$
$m(K_2CO_3)$ — ?	

Возможны два варианта оформления решения этого задания.

1) $M(K_2CO_3) = 39 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 = 138$ г/моль

$m(K_2CO_3) = 0{,}2$ моль $\cdot\ 138$ г/моль $= 27{,}6$ г

2) $m(K_2CO_3) = 0{,}2 \cdot (39 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3) = 0{,}2 \cdot 138 = 27{,}6$ г.

Пример 4. Какое количество вещества содержится в 224 л азота при нормальных условиях?

Дано:	$\nu_{газ} = V_г/V_М$, где
$V(N_2) = 224$ л	$V_г$ — объём газа (при н. у.)
$\nu(N_2)$ — ?	$V_М$ — молярный объём газа, $V_М = 22{,}4$ л/моль (при н. у.)

$\nu(N_2) = 224/22{,}4 = 10$ моль.

Пример 5. Какой объём занимают 0,2 моль кислорода при нормальных условиях?

Дано:	$\nu_{газ} = V_г/V_М$
$\nu(O_2) = 0{,}2$ моль	$V_г = \nu \cdot V_М$
$V(O_2)$ — ?	

$V(O_2) = 0{,}2 \cdot 22{,}4 = 4{,}48$ л.

Пример 6. Какова масса 2,24 л углекислого газа при нормальных условиях?

Дано:	Для проведения объёмно-весовых расчётов используют уравнение (1), связывающее массу вещества с количеством вещества, и уравнение (2), связывающее объём газа с его количеством:
$V(CO_2) = 2{,}24$ л (н. у.)	
$m(CO_2)$ — ?	

$$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва} \quad (1)$$

$$\nu_{газ} = V_г/V_M \quad (2)$$

1) По уравнению (2)

$\nu(CO_2) = 2{,}24/22{,}4 = 0{,}1$ моль

2) По уравнению (1)

$m(CO_2) = 0{,}1 \cdot (12 + 16 \cdot 2) = 0{,}1 \cdot 44 = 4{,}4$ г.

Пример 7. Сколько молекул содержится в 6,3 г азотной кислоты?

Дано:	Для решения задачи используем уравнения, связывающие массу вещества с его количеством (1) и количество вещества с числом частиц в веществе (2):
$m(HNO_3) = 6{,}3$ г	
$N(HNO_3)$ — ?	

$$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва} \quad (1)$$

$$\nu = N_{частиц}/N_A, \quad (2)$$

где $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$

1) По уравнению (1)

$\nu(HNO_3) = 6{,}3/(1 + 14 + 16 \cdot 3) = 6{,}3/63 = 0{,}1$ моль

2) По уравнению (2)

$N_{частиц} = \nu \cdot N_A$

$N_{молекул} = 0{,}1 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} = 0{,}602 \cdot 10^{23}$ молекул.

Пример 8. Рассчитайте относительную плотность оксида азота(III) по кислороду.

Дано:	Относительная плотность одного вещества по другому вычисляется по формуле $D_{1/2} = M_1/M_2$, где
N_2O_3	M_1 — молярная масса первого вещества
$D_{N_2O_3/O_2}$ — ?	$M(N_2O_3) = 14 \cdot 2 + 16 \cdot 3 = 76$ г/моль
	M_2 — молярная масса второго вещества
	$M(O_2) = 16 \cdot 2 = 32$ г/моль

$D_{N_2O_3/O_2} = 76/32 = 2{,}375$.

Задачи для самостоятельного решения

1.1.1 Вычислите молекулярную массу следующих веществ: 1) NaOH; 2) H_2SO_4; 3) HNO_3; 4) O_2; 5) H_2CO_3.

1.1.2 Какое количество вещества содержится в: 1) 80 г NaOH; 2) 9,8 г H_2SO_4; 3) 20 г $CaCO_3$; 4) 12,6 г HNO_3; 5) 64 г кислорода; 6) 128 г сернистого ангидрида SO_2?

1.1.3 Какую массу имеют: 1) 1,5 моль KOH; 2) 2,5 моль Fe_2O_3; 3) 0,5 моль N_2?

1.1.4 Какие объёмы при нормальных условиях будут занимать: 1) 80 г кислорода; 2) 3 г оксида азота(II); 3) 128 г сернистого ангидрида?

1.1.5 Определите количество вещества и его массу: 1) $6{,}02 \cdot 10^{21}$ молекул углекислого газа; 2) $24{,}08 \cdot 10^{23}$ атомов кислорода; 3) $1{,}8 \cdot 10^{23}$ молекул воды.

1.1.6 Рассчитайте плотность по воздуху и массу при нормальных условиях: 1) 1 л азота; 2) 3 л угарного газа; 3) 11,2 л сероводорода.

1.1.7 200 мл (н. у.) ацетилена имеют массу 0,232 г. Определите молярную массу ацетилена.

1.2. Расчёты по химическим уравнениям

Пример 9. Водород H_2 реагирует с кислородом O_2 по уравнению

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O.$$

Какое количество («сколько моль») кислорода прореагировало, если в реакцию вступило 4 моль водорода?

Запишем уравнение реакции и прочитаем его:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O.$$

Это уравнение реакции показывает, что 2 моль водорода реагируют с 1 моль кислорода и в результате образуется 2 моль воды (продукта реакции).

Совершенно очевидно, что 4 моль водорода будут реагировать с 2 моль кислорода, 6 моль — с 3 моль и т. д.

Соотношения подобного рода называются **пропорциональными** (пропорциями). В химии пропорциональность определяется коэффициентами

в уравнении реакции. Фактически мы составили и устно решили следующую пропорцию:

$$\begin{array}{ccccc} 4\text{ моль} & & x\text{ моль} & & \\ \underline{2H_2} & + & \underline{O_2} & = & 2H_2O \\ 2\text{ моль} & & 1\text{ моль} & & \end{array}$$

$$x = 2\text{ моль } O_2.$$

Пример 10. Какое количество («сколько моль») кислорода должно прореагировать с алюминием для получения 0,8 моль оксида алюминия Al_2O_3?

Для проведения химического расчёта необходимо, во-первых, составить уравнение реакции и, во-вторых, составить и решить пропорцию:

$$\begin{array}{ccccc} & & x\text{ моль} & & 0{,}8\text{ моль} \\ 4Al & + & \underline{3O_2} & = & \underline{2Al_2O_3} \\ & & 3\text{ моль} & & 2\text{ моль} \end{array}$$

$$x = 3 \cdot 0{,}8/2 = 1{,}2\text{ моль } O_2.$$

Пример 11. Какое количество кислорода должно прореагировать с алюминием для получения 81,6 г оксида алюминия Al_2O_3?

Вы уже поняли, что для проведения химического расчёта необходимо составить уравнение реакции, после чего составить и решить пропорцию:

$$\begin{array}{ccccc} & & x\text{ моль} & & \nu = \\ 4Al & + & \underline{3O_2} & = & \underline{2Al_2O_3} \\ & & 3\text{ моль} & & 2\text{ моль}. \end{array}$$

Условие этой задачи отличается от задачи, приведённой в примере 10, тем, что нам неизвестно количество вещества Al_2O_3. Если бы мы знали это количество, то по уравнению реакции смогли бы найти количество вещества кислорода. Количество вещества связано с его массой соотношением

$$\nu = m_{\text{в-ва}}/M_{\text{в-ва}};\ \nu(Al_2O_3) = 81{,}6/(27 \cdot 2 + 16 \cdot 3) = 81{,}6/102 = 0{,}8\text{ моль}.$$

Переносим полученное значение в составленную пропорцию и находим количество вещества кислорода:

$$\begin{array}{ccccc} & & x\text{ моль} & & 0{,}8\text{ моль} \\ 4Al & + & \underline{3O_2} & = & \underline{2Al_2O_3} \\ & & 3\text{ моль} & & 2\text{ моль} \end{array}$$

$$x = 3 \cdot 0{,}8/2 = 1{,}2\text{ моль } O_2.$$

Логика решения расчётных задач по химии

I. Составить **уравнение реакции.**

II. Установить **логические связи** (количество какого вещества необходимо найти, по известному количеству какого вещества производим расчёт) **(«что ищу, по чему считаю»).**

III. **Расчёт** по пропорции.

IV. **Осложнения** (ответ на дополнительные вопросы, проведение других расчётов).

Все расчёты по уравнению реакции производят только с **«чистыми веществами»**. Если данные о веществе приводятся для раствора или смеси, то необходимо вычислить массу вещества (массу «чистого вещества» или объём газа). Если в условии задачи приводятся сведения о выходе продукта реакции (коэффициенте полезного действия), то необходимо помнить — расчёты по уравнениям проводятся только со 100% -ным выходом.



Пример 12. Найдите массу и количество вещества сульфата натрия, который может быть получен при взаимодействии 20 г гидроксида натрия с серной кислотой.

Дано:	Решение
$m(NaOH) = 20$ г	$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва}$
$m(Na_2SO_4)$ — ?	

План решения задачи:

1) Составить уравнение реакции.
2) Установить логическую связь: количество какого вещества требуется найти, по количеству какого вещества будет производиться расчёт («что ищу, по чему считаю»).
3) Составить и решить пропорцию, найти количество искомого вещества и его массу.

Демонстрация последовательности действий:

1) Уравнение реакции:
$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$.

2а) Логическая связь:

$$\underset{2\text{ моль}}{\underline{2NaOH}} + H_2SO_4 = \overset{x}{\underset{1\text{ моль}}{\underline{Na_2SO_4}}} + 2H_2O.$$

Требуется найти **количество Na_2SO_4** («ищу — Na_2SO_4), **подчёркиваем**, над формулой записываем ***x***.

Расчёт производим **по NaOH** («считаю по»: в условии дана масса (граммы) **NaOH**), **подчёркиваем**;

2б) вычисляем количество вещества NaOH и записываем над формулой

$$\nu(NaOH) = 20/(23 + 16 + 1) = 0{,}5 \text{ моль}.$$

3) Расчёт по пропорции (пропорция решается «крест-накрест»):

$$\begin{array}{l} \overset{0{,}5}{\underset{2\text{ моль}}{\underline{2NaOH}}} + H_2SO_4 = \overset{x}{\underset{1\text{ моль}}{\underline{Na_2SO_4}}} + 2H_2O \\ x = 0{,}5 \cdot 1/2 = 0{,}25 \text{ (моль } Na_2SO_4) \end{array}$$

$$\frac{0{,}5}{2} = \frac{x}{1}; \quad x = 0{,}5 \cdot 1/2 = 0{,}25$$

$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва}$

$m(Na_2SO_4) = 0{,}25 \cdot (23 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4) = 0{,}25 \cdot 142 = 35{,}5$ г.

Пример 13. Найдите массу и количество вещества нитрата аммония, которая может быть получена при взаимодействии 224 л (н. у.) аммиака с азотной кислотой.

Дано:	Решение
$V(NH_3) = 224$ л (н. у.)	$\nu = V_г/V_M$
$m(NH_4NO_3)$ — ?	$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва}$

План решения задачи:

1) Уравнение реакции.
2) Логическая связь: количество какого вещества требуется найти, по количеству какого вещества будет производиться расчёт («что ищу, по чему считаю»).
3) Составить и решить пропорцию, найти количество искомого вещества и его массу.

Демонстрация последовательности действий:

1) Уравнение реакции:
$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$.

2а) Логическая связь: необходимо найти количество NH_4NO_3, расчёт проводим по NH_3;

2б) вычисляем количество NH_3:

$$\nu(NH_3) = 224/22{,}4 = 10 \text{ моль}.$$

3) Расчёт по уравнению реакции:

$$\underset{1\text{ моль}}{\underline{NH_3}} + HNO_3 = \underset{1\text{ моль}}{\underline{NH_4NO_3}}$$

$$x = 10 \cdot 1/1 = 10 \text{ (моль } NH_4NO_3)$$

$$\nu = m_{\text{в-ва}}/M_{\text{в-ва}}$$

$$m(NH_4NO_3) = 10 \cdot (14 + 1 \cdot 4 + 14 + 16 \cdot 3) = 10 \cdot 80 = 800 \text{ г.}$$

Задачи для самостоятельного решения

1.2.1 В реакцию с водородом H_2 вступило 7,1 г хлора Cl_2. Какое количество продукта реакции образовалось? Какой объём и какую массу он имеет?

1.2.2 13 г цинка прореагировало с кислородом O_2. Какое количество оксида цинка ZnO образовалось? Какую массу имеет продукт реакции?

1.2.3 В промышленности аммиак NH_3 получают при взаимодействии газообразных азота N_2 и водорода H_2. Какое количество аммиака может быть получено, если в реакцию вступило 56 г азота? Какую массу и какой объём имеет такое количество аммиака?

1.2.4 Для получения хлорида алюминия $AlCl_3$ во взаимодействие с хлором Cl_2 вступило 135 г алюминия. Какое количество и какая масса продукта реакции могут образоваться?

1.2.5 При взаимодействии металлического натрия с водой образуются гидроксид натрия NaOH и водород H_2. Сколько граммов натрия требуется для получения 160 г гидроксида натрия?

1.2.6 Какой объём кислорода (н. у.) будет израсходован на сжигание 270 г алюминия?

1.2.7 При сжигании метана CH_4 в кислороде образуются вода и углекислый газ CO_2. Какое количество и какая масса кислорода требуются для сжигания 160 г метана?

1.2.8 Цинк реагирует с хлороводородом по уравнению

$$Zn + 2HCl = H_2 + ZnCl_2.$$

Сколько граммов хлороводорода требуется для получения 13,6 г хлорида цинка $ZnCl_2$?

1.2.9 Серную кислоту H_2SO_4 получают при взаимодействии оксида серы(VI) с водой. Сколько граммов SO_3 необходимо взять для получения 196 г серной кислоты?

1.2.10 Сколько граммов хлорида натрия NaCl может быть получено при взаимодействии 80 г гидроксида натрия NaOH с соляной кислотой HCl?

1.2.11 Сколько литров и граммов аммиака NH_3 можно получить при взаимодействии 112 л азота (н. у.) с водородом?

1.2.12 Сколько литров кислорода требуется для сжигания 89,6 л водорода (н. у.)?

1.2.13 Какой объём и какое количество оксида серы(IV) (н. у.) образуется при сжигании 20 л сероводорода (н. у.)?

1.2.14 Какой объём кислорода (н. у.) требуется для сжигания 27 г алюминия?

1.2.15 Какое количество сернистого ангидрида образуется при обжиге 240 г пирита FeS_2? Какой объём (н. у.) занимает газообразный продукт реакции?

1.2.16 Какой объём кислорода требуется для сжигания 2,24 л (при н. у.) аммиака, если продуктами реакции являются вода и азот?

1.2.17 Какая масса воды может быть получена при взаимодействии с кислородом 224 л водорода (н. у.)?

1.2.18 Метеорологические зонды заполняют водородом, полученным при взаимодействии гидрида кальция CaH_2 с водой. Какая масса гидрида кальция требуется для запуска зонда объёмом 4,48 $м^3$ (н. у.)?

1.2.19 Какое количество гидроксида натрия требуется добавить к раствору сульфата меди(II) для того, чтобы получить 49 г гидроксида меди(II)?

1.2.20 Какая масса воды требуется для получения 980 г ортофосфорной кислоты из фосфорного ангидрида?

1.2.21 Какой объём оксида серы(IV) (н. у.) выделяется при взаимодействии с концентрированной серной кислотой 128 г меди?

1.2.22 Сколько граммов бертолетовой соли можно получить при пропускании через горячий раствор гидроксида калия 672 л (при н. у.) хлора?

1.2.23 Найдите объём хлора (н. у.), необходимый для получения 245 г хлората калия.

1.2.24 Какая масса нитрата аммония может быть получена при взаимодействии 560 л (н. у.) аммиака и необходимого количества азотной кислоты?

1.2.25 Сколько граммов азотной кислоты требуется ввести во взаимодействие с аммиаком для получения 320 г аммиачной селитры (нитрата аммония)?

1.2.26 Какой объём и какое количество кислорода необходимы для получения оксида серы(IV) из сероводорода объёмом 100 л (н. у.)?

1.3. Решение задач «на чистое вещество» и «на избыток — недостаток»

Вычисление массы продукта реакции по известной массе раствора с определённой массовой долей исходного вещества

Пример 14. Сколько граммов сульфата цинка может быть получено при действии на цинк 400 г 4,9%-ного раствора серной кислоты?

Дано:	Решение
$\begin{cases} m_{р\text{-}ра}(H_2SO_4) = 400\ г \\ \omega(H_2SO_4) = 4{,}9\,\%, \text{ или } 0{,}049 \\ m(ZnSO_4) - ? \end{cases}$	$\nu = m_{в\text{-}ва} / M_{в\text{-}ва}$ (1) $\omega = m_{в\text{-}ва} / m_{р\text{-}ра}$ (2)

План (логика) решения задачи:

1) Составить уравнение реакции.

2) Логическая связь: требуется найти количество $ZnSO_4$, расчёт проводим по H_2SO_4.

Для проведения расчёта необходимо найти количество «чистой» H_2SO_4, для этого требуется:

а) найти массу «чистой» серной кислоты в растворе по формуле (2);

б) найти количество вещества серной кислоты по формуле (1).

3) Расчёт по уравнению реакции: по количеству вещества H_2SO_4 найти количество образующегося $ZnSO_4$ и его массу по формуле (1).

Поэлементное осуществление плана решения задачи:

1) $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$

2а) $Zn + \underline{H_2SO_4} = \underline{ZnSO_4} + H_2\uparrow$

2б) $m(H_2SO_4)_{«чист.»} = \omega(H_2SO_4) \cdot m_{р\text{-}ра}(H_2SO_4) = 0{,}049 \cdot 400 = 19{,}6$ г

$\nu(H_2SO_4) = 19{,}6/98 = 0{,}2$ моль

$$\begin{array}{cccccc} & 0{,}2 \text{ моль} & & x \text{ моль} & & \\ Zn & + \underline{H_2SO_4} & = & \underline{ZnSO_4} & + & H_2\uparrow \\ & 1 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} & & \end{array}$$

$x = 0{,}2 \cdot 1/1 = 0{,}2$ моль $(ZnSO_4)$

$m_{в\text{-}ва} = \nu \cdot M_{в\text{-}ва}$

$M(ZnSO_4) = 161$ г/моль; $m(ZnSO_4) = 0{,}2 \cdot 161 = 32{,}2$ г.

Вычисление объёма газа по известной массе раствора с определённой массовой долей исходного вещества

Пример 15. Какой объём газа (при нормальных условиях) может быть получен при взаимодействии 400 г 19,6%-ного раствора серной кислоты с железом?

Дано:	Решение	
$m_{р\text{-}ра}(H_2SO_4) = 400$ г	$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва}$	(1)
$\omega(H_2SO_4) = 19{,}6\%$ или 0,196	$\omega = m_{в\text{-}ва}/m_{р\text{-}ра}$	(2)
$V(H_2)$ — ?	$\nu = V_г/V_M$	(3)

План (логика) решения задачи:

1) Составить уравнение реакции.

2) Логическая связь: требуется найти количество H_2, расчёт производим по H_2SO_4.

Для проведения расчёта необходимо найти количество «чистой» H_2SO_4, для этого требуется:

а) найти массу «чистой» серной кислоты в растворе по формуле (2);

б) найти количество вещества серной кислоты по формуле (1).

3) Расчёт по уравнению реакции: найти по пропорции количество вещества H_2 и объём H_2 по формуле (3).

Поэтапное осуществление составленного плана решения задачи:

1) $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2\uparrow$

2а) $Fe + \underline{H_2SO_4} = FeSO_4 + \underline{H_2}\uparrow$

2б) По формуле (2):

$m(H_2SO_4)_{«чист.»} = \omega(H_2SO_4) \cdot m_{р\text{-}ра}(H_2SO_4) = 0{,}196 \cdot 400 = 78{,}4$ г

по формуле (1):

$\nu(H_2SO_4) = 78{,}4/98 = 0{,}8$ моль

$$\underset{1\text{ моль}}{\underline{H_2SO_4}} + Fe = FeSO_4 + \underset{1\text{ моль}}{\underline{H_2}}\uparrow \quad \begin{matrix} 0{,}8\text{ моль} \\ \\ x\text{ моль} \end{matrix}$$

$x = 0{,}8 \cdot 1/1 = 0{,}8$ моль (H_2)

По формуле (3):

$V_{газа} = \nu \cdot V_M$

$V(H_2) = 0{,}8 \cdot 22{,}4 = 17{,}92$ л.

Нахождение массы продукта реакции по известной массе исходного вещества, содержащего примеси

Пример 16. Найдите массу гидроксида кальция, который может быть получен при взаимодействии с водой 254,4 г негашёной извести (технического оксида кальция), содержащего 12 % инертных примесей.

Дано:	Решение	
$m(CaO + \text{примесь})_{техн.} = 254{,}4$ г $\omega(\text{примесь}) = 12\,\%$, или 0,12 $m(Ca(OH)_2)$ — ?	$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва}$ $\omega = m_{в\text{-}ва}/m_{смеси}$	(1) (2)

План (логика) решения задачи:

1) Составить уравнение реакции.

2) Логическая связь: необходимо найти количество $Ca(OH)_2$, расчёт производим по CaO.

Для расчёта нужно рассчитать количество «чистого» CaO, содержащегося в технической смеси веществ, для этого:

а) найти массу «чистого» CaO (по формуле (2));

б) найти количество вещества CaO (по формуле (1)).

3) Произвести расчёт по уравнению реакции: по количеству вещества «чистого» CaO найти количество образующегося $Ca(OH)_2$ и вычислить его массу.

Поэлементное осуществление составленного плана решения задачи:

1) $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

2а) $\underline{CaO} + H_2O = \underline{Ca(OH)_2}$

2б) $\omega(CaO) = 100 - 12 = 88\,\%$, или 0,88

$m(CaO) = \omega(CaO) \cdot m(CaO + \text{примесь}) = 0{,}88 \cdot 254{,}4 = 223{,}872$ г

$\nu(CaO) = 223{,}872/(40 + 16) = 4$ моль

4 моль x моль

3) $\underline{CaO} + H_2O = \underline{Ca(OH)_2}$

1 моль 1 моль

$x = 4 \cdot 1/1 = 4$ моль$(Ca(OH)_2)$

$m_{в\text{-}ва} = \nu \cdot M_{в\text{-}ва}$

$m(Ca(OH)_2) = 4 \cdot (40 + (16 + 1) \cdot 2) = 4 \cdot 74 = 296$ г.

Вычисление массы раствора (смеси) с определённой массовой долей исходного вещества по массе продукта реакции

Пример 17. Какая масса 50%-ного раствора азотной кислоты должна быть введена в реакцию с нашатырным спиртом для получения 160 г нитрата аммония?

Дано:	Решение	
$m(NH_4NO_3) = 160$ г $\omega(HNO_3) = 50\%$, или 0,5 $m_{р\text{-}ра}(HNO_3)$ — ?	$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва}$ $\omega = m_{в\text{-}ва}/m_{р\text{-}ра}$	(1) (2)

План (логика) решения задачи:

1) Составить уравнение реакции.
2) Логическая связь: требуется найти количество HNO_3, расчёт производим по NH_4NO_3.

Для проведения расчёта необходимо найти количество вещества NH_4NO_3 по формуле (1).

3) Расчёт по уравнению реакции: по количеству вещества NH_4NO_3 найти по уравнению реакции количество **«чистой»** HNO_3 и её массу по формуле (1).
4) **Осложнение:** по массе HNO_3 (найденной расчётом по уравнению реакции) вычислить массу раствора кислоты по формуле (2).

Поэлементное осуществление составленного плана решения задачи:

1) $HNO_3 + NH_4OH^* = NH_4NO_3 + H_2O$

2а) $\underline{HNO_3} + NH_4OH = \underline{NH_4NO_3} + H_2O$

2б) $\nu(NH_4NO_3) = 160/(14 + 1 \cdot 4 + 14 + 16 \cdot 3) = 160/80 = 2$ моль NH_4NO_3

x моль 2 моль

3) $\underline{HNO_3} + NH_4OH = \underline{NH_4NO_3} + H_2O$

1 моль 1 моль

* Водный раствор аммиака называют нашатырным спиртом. В уравнениях реакций используют различные формы записи: как гидроксид аммония NH_4OH, как гидрат аммиака $NH_3 \cdot H_2O$, как $NH_3 + H_2O$.

$x = 1 \cdot 2/1 = 2$ моль (HNO_3)

$m_{в\text{-}ва} = \nu \cdot M_{в\text{-}ва}$

$M(HNO_3) = 1 + 14 + 16 \cdot 3 = 63$ г/моль,

$m(HNO_3) = 2$ моль $\cdot$ 63 г/моль $= 126$ г (HNO_3)

4) $\omega = 100\% \cdot m_{в\text{-}ва}/m_{р\text{-}ра}$

$m_{р\text{-}ра} = 100 \cdot 126/50 = 252$ г раствора HNO_3.

Вычисление объёма газовой смеси с определённой объёмной долей исходного газа, необходимой для взаимодействия с известным объёмом другого вещества

Пример 18. Какой объём воздуха требуется для сжигания 448 л сероводорода? (Считать, что в воздухе содержится 20,8 % по объёму кислорода.)

Дано:	Решение	
$V(H_2S) = 448$ л	$\nu = V_г/V_M$	(1)
$\varphi(O_2) = 20{,}8\%$, или 0,208	$\varphi = V_{газа}/V_{смеси}$	(2)
V(воздуха) — ?		

План (логика) решения задачи:

1) Составить уравнение реакции.

2) Устанавливаем логическую связь: необходимо найти количество кислорода, расчёт производим по сероводороду.

Для проведения вычислений требуется найти количество вещества сероводорода по формуле (1).

3) Расчёт по уравнению реакции: по количеству вещества H_2S находим **количество «чистого» O_2** и его **объём** по формуле (1).

4) **Осложнение**: по объёму кислорода найти объём воздуха по формуле (2).

Поэлементное осуществление составленного плана решения задачи:

1) $2H_2S + 3O_2 = 2SO_2 + 2H_2O$

2а) $\underline{2H_2S} + \underline{3O_2} = 2SO_2 + 2H_2O$

2б) $\nu = V_г/V_M$

$\nu = 448/22{,}4 = 20$ моль H_2S

20 моль x моль

3) $\underline{2H_2S} + \underline{3O_2} = 2SO_2 + 2H_2O$

2 моль 3 моль

$x = 20 \cdot 3/2 = 30$ моль (O_2)

$\nu = V_г / V_М$

$V(O_2) = 30 \cdot 22{,}4 = 672$ л O_2

4) $\varphi = V_{газа} / V_{смеси}$;

$V_{смеси} = 672/0{,}208 = 3230{,}9 \approx 3231$ л воздуха.

Вычисление массы раствора (или массы смеси) с определённой массовой долей продукта реакции по массе исходного вещества

Пример 19. Какая масса стандартной аммиачной селитры, содержащей 95 % нитрата аммония, может быть получена при взаимодействии 126 г азотной кислоты с необходимым количеством нашатырного спирта?

Дано:	Решение
$m(HNO_3) = 126$ г	$\nu = m_{в\text{-}ва} / M_{в\text{-}ва}$ (1)
$\omega(NH_4NO_3) = 95\%$, или 0,95	$\omega = m_{в\text{-}ва} / m_{смеси}$ (2)
$m_{техн.}(NH_4NO_3 + примеси)$ — ?	

План (логика) решения задачи:

1) Составить уравнение реакции.
2) Найти логическую связь: требуется найти количество NH_4NO_3, расчёт производим по HNO_3.

Для проведения расчёта требуется вычислить количество вещества HNO_3 по формуле (1).

3) Расчёт по уравнению реакции: по количеству вещества HNO_3 найти необходимое количество «чистого» NH_4NO_3 и его массу по формуле (1).
4) **Осложнение**: вычислить массу технического продукта (смеси NH_4NO_3 и примесей) по формуле (2).

Поэлементное осуществление составленного плана решения задачи:

1) $HNO_3 + NH_4OH = NH_4NO_3 + H_2O$

2а) $\underline{HNO_3} + NH_4OH = \underline{NH_4NO_3} + H_2O$

2б) $\nu(HNO_3) = 126/63 = 2$ моль HNO_3

2 моль $\quad\quad$ x моль

3) $\underline{HNO_3} + NH_4OH = \underline{NH_4NO_3} + H_2O$

1 моль $\quad\quad$ 1 моль

$x = 2 \cdot 1/1 = 2$ моль (NH_4NO_3)

$\nu = m_{в\text{-}ва} / M_{в\text{-}ва}$

$m_{чист.}(NH_4NO_3) = 2 \cdot (14 + 1 \cdot 4 + 14 + 16 \cdot 3) = 2 \cdot 80 = 160$ г (NH_4NO_3)

4) $\omega = m_{в\text{-}ва} / m_{смеси}$

$m_{техн.}(NH_4NO_3) = 160/0{,}95 \approx 168{,}42$ г.

Решение задач на «избыток — недостаток»

Пример 20. Рассчитайте объём газа (н. у.), выделяющегося при добавлении 25 г карбоната кальция в 200 г 1,825%-ного раствора соляной кислоты.

Дано:	Решение	
$m(CaCO_3) = 25$ г	$\nu = m_{в\text{-}ва}/M_{в\text{-}ва}$	(1)
$m_{р\text{-}ра}(HCl) = 200$ г	$\omega = m_{в\text{-}ва}/m_{р\text{-}ра}$	(2)
$\omega(HCl) = 1{,}825\%$ или 0,01825	$\nu = V_г/V_М$	(3)
$V(CO_2)$ — ?		

План (логика) решения задачи:

1) Составить уравнение реакции.
2) Логическая связь: требуется найти количество CO_2, расчёт производим или по $CaCO_3$, или по HCl (необходима проверка на «избыток — недостаток»).

Для проведения расчёта необходимо:

а) вычислить количество вещества $CaCO_3$ по формуле (1);

б) рассчитать количество вещества «чистой» HCl, для этого требуется вычислить массу «чистой» HCl в растворе по формуле (2); рассчитать количество вещества HCl по формуле (1).

3) Расчёт по уравнению реакции:

а) проверить «избыток — недостаток», для этого определить отношения количества реагирующих веществ к их коэффициентам и расчёт производить по «недостатку» — по веществу с меньшим отношением;

б) произвести расчёт по уравнению реакции: найти количество CO_2 и его объём по формуле (3).

Поэтапное осуществление составленного плана решения задачи:

1) $\underline{CaCO_3} + \underline{2HCl} = CaCl_2 + H_2O + \underline{CO_2}\uparrow$

2а) $M(CaCO_3) = 100$ г/моль

$\nu(CaCO_3) = 25/100 = 0{,}25$ моль

2б) $m(HCl)_{«чист.»} = 0{,}01825 \cdot 200 = 3{,}65$ г

$M(HCl) = 36{,}5$ г/моль

$\nu(HCl) = 3{,}65/36{,}5 = 0{,}1$ моль

3)
$$\underset{1\text{ моль}}{\underline{CaCO_3}} + \underset{2\text{ моль}}{\underline{2HCl}} = CaCl_2 + H_2O + \underset{1\text{ моль}}{\underline{CO_2}\uparrow}$$
$$0{,}25 \qquad\qquad 0{,}1\text{ моль} \qquad\qquad\qquad x\text{ моль}$$