

# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ 27, 28, 29



# Содержание заданий

- ▶ 27. Расчёты с использованием понятия «массовая доля вещества в растворе»
- ▶ 28. Расчеты объемных отношений газов при химической реакции.  
Тепловой эффект
- ▶ 29. Расчет массы или объёма вещества по параметрам одного из участвующих в реакции веществ

Обозначение уровня сложности задания: Б – базовый, П – повышенный, В – высокий.

Проверяемые элементы содержания и виды деятельности	Уровень сложности задания	Максимальный балл за выполнение задания	Примерное время выполнения задания (мин.)
<b>Задание 27.</b> Расчёты с использованием понятия «массовая доля вещества в растворе»	Б	1	2
<b>Задание 28.</b> Расчёты объёмных отношений газов при химических реакциях. Расчёты по термохимическим уравнениям	Б	1	2
<b>Задание 29.</b> Расчёты массы вещества или объема газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ	Б	1	2

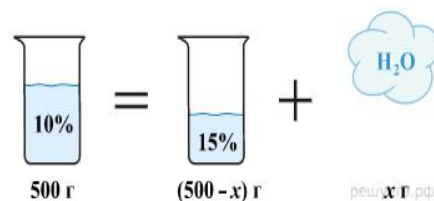
## Задание 27

- **Пример 1.** Вычислите массу воды, которую нужно испарить из 500 г 10 %-го раствора гидроксида натрия, чтобы увеличить его концентрацию в 1,5 раза. Ответ укажите в граммах с точностью до целых.

*Решение*

$$\omega_{\text{вещества}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}}$$

При упаривании раствора масса гидроксида натрия не изменяется.



$$m_{1(\text{р-ра})} \cdot \omega_1 = m_{2(\text{р-ра})} \cdot \omega_2 + 0$$

$$500 \cdot 0,10 = (500 - x) \cdot 0,15$$

$$50 = 75 - 0,15x$$

$$0,15x = 25$$

$$x = 166,7 \quad \text{Ответ: } 167 \text{ г.}$$

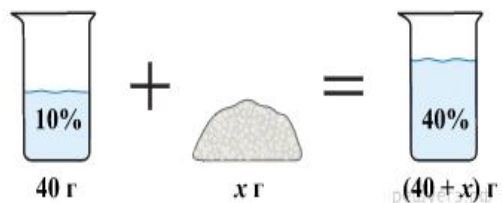
## ► Пример 2.

Вычислите массу гидроксида калия, который надо прибавить к 40 г 10 %-го раствора, чтобы получить 40 %-й раствор. Ответ дайте в граммах с точностью до целых.

масса раствора, масса растворенного вещества и массовая доля растворенного вещества связаны соотношением:

$$\omega_{\text{вещества}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}}$$

При растворении суммарная масса гидроксида калия не изменяется.



Получаем равенство:

$$m_{1(\text{р-ра})} \cdot \omega_1 + m_{2(\text{в-ва})} = m_{3(\text{р-ра})} \cdot \omega_3$$

$$40 \cdot 0,10 + x = (40 + x) \cdot 0,40,$$

$$4 + x = 16 + 0,40x,$$

$$0,60x = 12,$$

$$x = 20.$$

Ответ: 20 г.

### ► Пример 3.

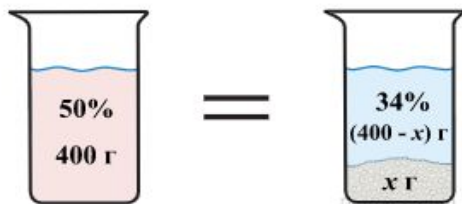
При охлаждении 400 г горячего 50 %-го раствора нитрата калия выпал осадок, не содержащий кристаллизационной воды. Чему равна масса осадка, если раствор над осадком содержал 34 % нитрата калия по массе? Ответ дайте в граммах и округлите до ближайшего целого числа.

### Решение

Масса раствора, масса растворённого вещества и массовая доля растворённого вещества связаны соотношением:

$$\omega_{\text{вещества}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}}.$$

При охлаждении раствора, сопровождающегося кристаллизацией, суммарная масса соли не изменяется.



Получаем равенство:

$$m_{1(\text{р-ра})} \cdot \omega_1 = m_{2(\text{р-ра})} \cdot \omega_2 + m_{2(\text{осадка})},$$

$$400 \cdot 0,50 = (400 - x) \cdot 0,34 + x,$$

$$200 = 136 - 0,34x + x,$$

$$0,66x = 64,$$

$$x = 97,0.$$

## Пример 4.

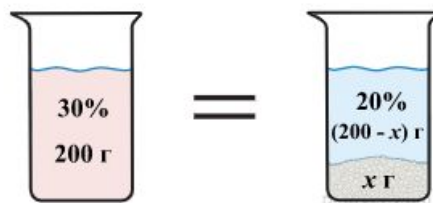
200 г горячего 30 %-го раствора соли охладили до комнатной температуры. Сколько граммов соли выпадет в осадок, если насыщенный при комнатной температуре раствор содержит 20 % соли по массе? Осадок представляет собой безводную соль. Ответ запишите с точностью до целых.

### Решение

Масса раствора, масса растворённого вещества и массовая доля растворённого вещества связаны соотношением:

$$\omega_{\text{вещества}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}}.$$

При охлаждении раствора, сопровождающегося кристаллизацией, суммарная масса соли не изменяется.



Получаем равенство:

$$m_{1(\text{р-ра})} \cdot \omega_1 = m_{2(\text{р-ра})} \cdot \omega_2 + m_{2(\text{осадка})},$$

$$200 \cdot 0,30 = (200 - x) \cdot 0,20 + x,$$

$$60 = 40 - 0,20x + x,$$

$$0,80x = 20,$$

$$x = 25.$$

► Пример 5.

В 200 г воды растворили 10 г медного купороса (пятиводного сульфата меди). Чему равна массовая доля сульфата меди в полученном растворе? Ответ дайте в процентах и округлите до ближайшего целого числа.

### Решение

В 200 г воды растворили 10 г медного купороса (пятиводного сульфата меди). Чему равна массовая доля сульфата меди в полученном растворе? Ответ дайте в процентах и округлите до ближайшего целого числа.

**Решение.**

Масса раствора, масса растворённого вещества и массовая доля растворённого вещества связаны соотношением:

$$\omega_{\text{вещества}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}}$$

1. Из значений молярных масс сульфата меди(II) и его пятиводного кристаллогидрата имеет следующее соотношение:

$$\begin{aligned} &\text{в } 250 \text{ г } \text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O} \text{ содержится } 160 \text{ г } \text{CuSO}_4 \\ &\text{в } 10 \text{ г } \text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O} \text{ содержится } X \text{ г } \text{CuSO}_4 \\ &X = 6,4 \text{ г.} \end{aligned}$$

2. Тогда массовая доля сульфата меди(II) в полученном растворе равна:

$$\omega(\text{CuSO}_4) = \frac{6,4}{200 + 10} = 0,030476 = 3 \%$$



► Пример 6.

Сколько граммов десятиводного кристаллогидрата потребуется для приготовления 300 г 5,3 %-го раствора карбоната натрия? Ответ приведите с точностью до десятых.

Масса раствора, масса растворённого вещества и массовая доля растворённого вещества связаны соотношением:

$$\omega_{\text{вещества}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}}.$$

1. Сначала найдём массу карбоната натрия, которая будет присутствовать в 300 г своего 5,3 %-го раствора:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 300 \cdot 0,053 = 15,9 \text{ г.}$$

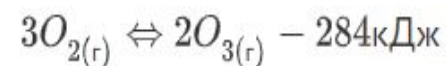
2. Из значений молярных масс карбоната натрия и его десятиводного кристаллогидрата имеет следующее соотношение:

$$\begin{array}{l} \text{в } 286 \text{ г } \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O} \text{ содержится } 106 \text{ г } \text{Na}_2\text{CO}_3 \\ \text{в } x \text{ г } \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O} \text{ содержится } 15,9 \text{ г } \text{Na}_2\text{CO}_3 \\ x = 42,9 \text{ г.} \end{array}$$

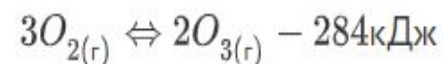
Ответ: 42,9 г.

# Задание 28

- ▶ **ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ** - уравнения химических реакций с указанием теплового эффекта реакции (кДж).
- ▶ Следует помнить, что тепловой эффект – стандартная величина для определенной реакции. Точные значения можно найти в справочнике физико-химических величин.
- ▶ При этом тепловой эффект реакции пропорционален количеству реагентов и продуктов.
- ▶ Экзотермические процессы протекают с выделением теплоты (+Q)
- ▶ Эндотермические процессы протекают с поглощением теплоты (-Q)



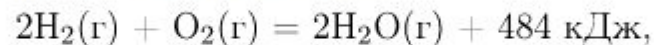
3 моль кислорода превращаются в 2 моль озона с поглощением 284 кДж, значит, для превращения 6 моль кислорода в озон потребуется в два раза больше теплоты, то есть  $(284 \cdot 2) = 568$  кДж. Эту пропорциональную зависимость легко увидеть, если писать количества каждого вещества под уравнением реакции и помнить, что в химической реакции коэффициент перед веществом отражает его количество (в моль):



3моль	2моль	- 284кДж	по уравнению реакции
1.5моль	1моль	- 142кДж	в два раза меньше
6моль	4моль	- 586кДж	в два раза больше
15моль	10моль	- 1420кДж	в пять раз больше
30моль	20моль	- 2840кДж	в 10 раз больше

## ► Пример 1.

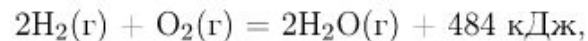
В результате реакции, термохимическое уравнение которой



выделилось 1479 кДж теплоты. Вычислите массу образовавшейся при этом воды. *Ответ дайте в граммах и округлите до целых.*

### Решение

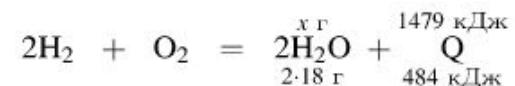
В результате реакции, термохимическое уравнение которой



выделилось 1479 кДж теплоты. Вычислите массу образовавшейся при этом воды. *Ответ дайте в граммах и округлите до целых.*

#### **Решение.**

Составим пропорцию:



Откуда

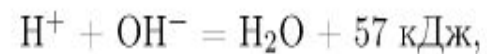
$$x = \frac{2 \cdot 18 \cdot 1479}{484} = 110,0.$$

Ответ просят округлить до целых.

Ответ: 110 г.

## Пример 2.

В результате реакции, термохимическое уравнение которой



выделилось 171 кДж теплоты. Вычислите массу гидроксида натрия, который был нейтрализован соляной кислотой. Ответ укажите в граммах с точностью до целых.

### **Решение.**

Запишем молекулярное уравнение:



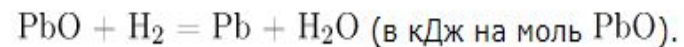
Из пропорции получаем:

$$x = \frac{40 \cdot 171}{57} = 120.$$

Ответ: 120 г.

### Пример 3.

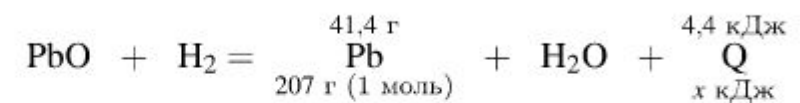
При полном восстановлении оксида свинца(II) избытком водорода образовалось 41,4 г металла и выделилось 4,4 кДж теплоты. Вычислите теплоту реакции



В расчётах используйте целые относительные атомные массы элементов. *Ответ дайте в кДж с точностью до целых.*

#### **Решение.**

Составим пропорцию:



Из пропорции получаем:

$$x = \frac{207 \cdot 4,4}{41,4} = 22.$$

Ответ: 22 кДж.

# Задание 28

- **Расчеты объемных отношений газов при химических реакциях**

## Закон объемных отношений



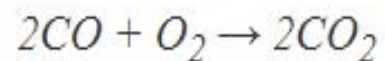
Гей-Люссак, 1808 г.

*"Объемы газов, вступающих в химические реакции, и объемы газов, образующихся в результате реакции, относятся между собой как небольшие целые числа".*

*Следствие.* Стехиометрические коэффициенты в уравнениях химических реакций для молекул газообразных веществ показывают, в каких объемных отношениях реагируют или получаются газообразные вещества.

$$V_1:V_2:V_3 = \nu_1:\nu_2:\nu_3.$$

Примеры:



При окислении двух объемов оксида углерода (II) одним объемом кислорода образуется 2 объема углекислого газа, т.е. объем исходной реакционной смеси уменьшается на 1 объем.

$$V(CO):V(O_2):V(CO_2) = \nu(CO):\nu(O_2):\nu(CO_2) = 2 : 1 : 2$$



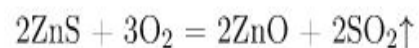
### Пример 1.

Для обжига сульфида цинка потребовалось 240 л кислорода. Вычислите объём образовавшегося оксида серы(IV). Объёмы газов измерены при одинаковых условиях. *Ответ дайте в литрах с точностью до целых.*

#### **Решение.**

Объёмы газов, вступающих в реакцию и образующихся в результате реакции, соотносятся как небольшие целые числа, равные стехиометрическим коэффициентам в уравнениях реакций.

Запишем уравнение реакции:



Составим пропорцию:

$$\frac{V(\text{O}_2)}{V(\text{SO}_2)} = \frac{3}{2}$$

Из пропорции имеем:

$$V(\text{SO}_2) = \frac{2 \cdot V(\text{O}_2)}{3} = \frac{2 \cdot 240}{3} = 160 \text{ (л)}.$$

Ответ: 160 л.

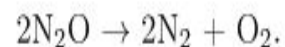
## Пример 2.

При разложении оксида азота образовалось 25 л азота и 12,5 л кислорода. Вычислите объём вступившего в реакцию оксида азота. Объёмы газов измерены при одинаковых условиях. *Ответ дайте в литрах с точностью до целых.*

### **Решение.**

Объёмы газов, вступающих в реакцию и образующихся в результате реакции, соотносятся как небольшие целые числа, равные стехиометрическим коэффициентам в уравнениях реакций.

По условию объём азота в два раза больше объёма кислорода, значит, в исходном оксиде число атомов азота в два раза больше, чем число атомов кислорода. Запишем уравнение реакции:



Составим пропорцию:

$$\frac{V(\text{N}_2\text{O})}{2} = \frac{V(\text{N}_2)}{2}.$$

Выражая искомый объём оксида азота, получаем:

$$V(\text{N}_2\text{O}) = \frac{V(\text{N}_2) \cdot 2}{2} = \frac{25 \cdot 2}{2} = 25 \text{ (л)}.$$

Ответ: 25 л.

### Пример 3.

При паровой конверсии метана образовалась смесь оксида углерода(II) и водорода общим объёмом 800 л. Вычислите объём израсходованного метана. Объёмы газов измерены при одинаковых условиях. *Ответ дайте в литрах с точностью до целых.*

#### **Решение.**

Объёмы газов, вступающих в реакцию и образующихся в результате реакции, соотносятся как небольшие целые числа, равные стехиометрическим коэффициентам в уравнениях реакций.

Запишем уравнение реакции и отношение объёмов:

$$\begin{aligned}\text{CH}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) &= 3\text{H}_2(\text{г}) + \text{CO}(\text{г}) \\ \frac{V(\text{CH}_4)}{V(\text{H}_2 + \text{CO})} &= \frac{1}{3 + 1}, \\ V(\text{CH}_4) &= \frac{V(\text{H}_2 + \text{CO})}{4} = \frac{800}{4} = 200 \text{ (л)}.\end{aligned}$$

Ответ: 200 л.

## Задание 29

**Расчет массы вещества или объема газа по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ**

### АЛГОРИТМ 1

- ▶ 1. Составить соответствующее условию задачи уравнение химической реакции. Расставить коэффициенты.
- ▶ 2. Посчитать молекулярные массы веществ, о которых ведется речь в условии задачи.
- ▶ 2. Определить количество вещества одного из участников реакции по данным условия задачи.
- ▶ 3. Сравнить количества вещества участников реакции, о которых идет речь в условии задачи.
- ▶ 4. Найти массу или объем вещества, которую требуется вычислить.

### Пример 1.

При растворении серы в концентрированной серной кислоте образовался газ объёмом 26,88 л (в пересчёте на н. у.). Вычислите массу серы, вступившей в реакцию. *Ответ дайте в граммах с точностью до десятых.*

**Решение.**

$$\begin{aligned} \text{S} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 &= 3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}, \\ v(\text{S}) &= \frac{v(\text{SO}_2)}{3}, \\ \frac{m(\text{S})}{M(\text{S})} &= \frac{V(\text{SO}_2)}{3V_M}, \\ m(\text{S}) &= \frac{M(\text{S}) \cdot V(\text{SO}_2)}{3V_M} = \frac{32 \cdot 26,88}{3 \cdot 22,4} = 12,8 \text{ (г)}. \end{aligned}$$

Ответ: 12,8 г.

## ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССЫ ПРОДУКТА ПО ИЗВЕСТНОЙ МАССЕ ИЛИ ОБЪЁМУ ИСХОДНОГО ВЕЩЕСТВА, СОДЕРЖАЩЕГО ПРИМЕСИ.

### АЛГОРИТМ 2

1. Условие задачи.
2. Определите массовую или объемную долю чистого вещества (или объём):  
**100 – ω, 100-φ**
3. Составьте уравнение химической реакции.
4. В уравнении подчеркните формулы веществ, о которых идёт речь в задаче.
5. Вычислите молярные массы этих веществ.
6. Определите массу чистого вещества по формуле

$$\omega = \frac{m(\text{компонента})}{m(\text{смеси})} \quad \omega = \frac{m(\text{компонента})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%$$

7. Далее задача решается по алгоритму 1

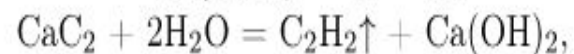
## Пример 2.

Рассчитайте объём (н. у.) ацетилена, который выделится при взаимодействии с водой 50 г карбида кальция, содержащего 8 % примесей. Ответ укажите в литрах с точностью до десятых.

**Решение.**

$$m(\text{CaC}_2) = m(\text{грязн.}) \cdot \omega(\text{CaC}_2) = 50 \cdot 0,92 = 46 \text{ (г)},$$

$$\nu(\text{CaC}_2) = \frac{m(\text{CaC}_2)}{M(\text{CaC}_2)} = \frac{46}{64} = \frac{23}{32} \text{ (моль)},$$



$$\nu(\text{CaC}_2) = \nu(\text{C}_2\text{H}_2),$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = \nu(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot V_M = \nu(\text{CaC}_2) \cdot V_M = \frac{23 \cdot 22,4}{32} = 16,1 \text{ (л)}.$$

Ответ: 16,1 л.

## РАСЧЕТЫ ПО ХИМИЧЕСКИМ УРАВНЕНИЯМ, ЕСЛИ ОДНО ИЗ РЕАГИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ДАНО В ИЗБЫТКЕ.

### АЛГОРИТМ 3

1. Составить соответствующее условию задачи уравнение химической реакции. Расставить коэффициенты.
2. Посчитать молекулярные массы веществ, о которых ведется речь в условии задачи.
2. Определить количества веществ участников реакции по данным условия задачи.
3. Определить какое вещество взято в недостатке и по нему вести дальнейшие расчеты.
4. Сравнить количества вещества участников реакции, о которых идет речь в условии задачи.
5. Найти массу или объем вещества, которую требуется вычислить.



### Пример 3.

На 47 г оксида калия подействовали раствором, содержащим 40 г азотной кислоты. Найдите массу образовавшегося нитрата калия.

$m(K_2O) = 47\text{ г}$   
 $m(HNO_3) = 40\text{ г}$   
 $m(KNO_3) = ?$

$(0,5) \quad 0,635 \quad 0,635$   
 $K_2O + 2HNO_3 \rightarrow 2KNO_3 + H_2O$

$K_2O$	$HNO_3$
$m = 47\text{ г}$	$m = 40\text{ г}$
$M = 94$	$M = 63$
$\nu = 0,5\text{ моль}$	$\nu = 0,635\text{ моль}$

$0,5 \quad (1,0) \quad 0,635$   
 $K_2O + 2HNO_3 \rightarrow 2KNO_3 + H_2O$   
 $HNO_3$  - недостаток  
 $0,635 < 1$

$0,317 \quad (0,5) \quad 0,635$   
 $K_2O + 2HNO_3 \rightarrow 2KNO_3 + H_2O$   
 $K_2O$  - избыток  
 $0,5 > 0,317$

$m(KNO_3) = \nu(KNO_3) \cdot M(KNO_3) = 0,635 \cdot 101 = 64,135\text{ г}$