

Профессиональный учебный центр

ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ХИМИИ

Методические указания к практическим занятиям
для лаборантов химического анализа
третьего и четвертого разрядов

Составитель *И.В. Александрова,*
кандидат технических наук, доцент

Тобольск, 2017

ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ХИМИИ Методические указания к практическим занятиям для лаборантов химического анализа третьего и четвертого разрядов / сост. И.В. Александрова; Филиал ТИУ в г. Тобольске, Профессиональный учебный центр, 2014. – 22 с.

Аннотация

Методические указания к практическим занятиям предназначены для лаборантов химического анализа третьего и четвертого разрядов, курс обучения которых составляет 480 часов.

Приведен алгоритм решения задач по общей, органической, неорганической, химии - последовательность их выполнения и порядок записи результатов расчетов. Приведен перечень задач для самостоятельного решения различной сложности.

Алгоритм решения задач

Чтобы решить химическую задачу рекомендуется следующий порядок действий.

1. Изучите внимательно условия задачи: определите, с какими величинами предстоит проводить вычисления, обозначьте их буквами, установите единицы их измерения (табл. 1), числовые значения, определите, какая величина является искомой. Запишите данные задачи в виде кратких условий.

Таблица 1

Физические величины, используемые при решении задач

Наименование величин	Обозначение	Единицы измерения	Форма записи
Масса вещества	m	мг, г, кг	$m(C_2H_4) = 30 \text{ кг}$
Относительная атомная масса	A_r	безразмерная	$A_r(C) = 12$
Относительная молекулярная масса	M_r	безразмерная	$M_r(CH_4) = 16$
Количество вещества	ν (ню)	моль	$\nu(CH_4) = 1, 2 \text{ моль}$
Молярная масса	M	г/моль, кг/моль	$M(CO_2) = 44 \text{ г/моль}$
Объем вещества	V	л, м ³ , мл	$V(O_2) = 10 \text{ л}$
Молярный объем	V_m	л/моль, м ³ /моль	$V_m = 22, 4 \text{ л/моль}$
Плотность вещества	ρ (ро)	г/мл, г/см ³ , кг/м ³	$\rho(H_2O) = 1 \text{ г/мл}$
Относительная плотность	D	безразмерная	$D_{H_2} = 15$
Массовая доля вещества в растворе или в смеси	ω (омега)	безразмерная или в %	$\omega(C) = 0, 45$
Объемная доля газа в смеси	φ (фи)	безразмерная или в %	$\varphi(CO_2) = 25\%$
Массовая доля выхода вещества в реакции	ω (омега)	безразмерная или в %	$\omega(\text{выхода } CCl_4) = 75\%$

2. Если в условиях задачи идет речь о взаимодействии веществ, запишите уравнение реакции (реакций) и уравняйте его (их) коэффициентами.

3. Выясните количественные соотношения между данными задачи и искомой величиной. Для этого расчлените свои действия на этапы, начав с вопроса задачи, выяснения закономерности, с помощью которой можно определить искомую величину на последнем этапе вычислений. Если в исходных данных не хватает каких-либо величин, подумайте, как их можно вычислить, т.е. определите предварительные этапы расчета. Этим этапам может быть несколько.

4. Определите последовательность всех этапов решения задачи, запишите необходимые формулы расчетов.

5. Подставьте соответствующие числовые значения величин, проверьте их размерности и произведите вычисления.

Вычисление массы вещества по его количеству и количества по массе

Задача. Вычислить массу метана количеством вещества 0,1 моль.

Подойдите к решению задачи в соответствии с вышеприведенным алгоритмом. Составьте краткие условия задачи и решите ее.

Дано :	Решение
$\nu(\text{CH}_4) = 0,1 \text{ моль}$ <hr style="width: 100%;"/> $m(\text{CH}_4) = ?$	Для определения массы метана используем формулу: $\nu(\text{CH}_4) = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)}$ Из этой формулы следует: $m(\text{CH}_4) = \nu(\text{CH}_4) \cdot M(\text{CH}_4)$ $M(\text{CH}_4) = 16 \text{ г/моль}$ $m(\text{CH}_4) = 0,1 \text{ моль} \cdot 16 \text{ г/моль} = 1,6 \text{ г}$ <p style="text-align: center;">Ответ: $m(\text{CH}_4) = 1,6 \text{ г}$</p>

Определение массовой доли (ω) элемента в веществе и компонента в смеси

Многие характеристики вещества являются суммой нескольких составляющих, каждая из которых представляет определенную долю от целого. Математически долю каждой составляющей определяют как частное от деления части на целое (меньшей величины на большую). Так например, массовая доля водорода $\omega(\text{H})$ в этиловом спирте $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ вычисляется следующим образом:

$$M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = 2M(\text{C}) + 6M(\text{H}) + M(\text{O}) = 2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 16 = 46 \text{ г/моль}$$

$$\omega(\text{H}) = \frac{6M(\text{H})}{M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})} = \frac{6 \text{ г}}{46 \text{ г}} = 0,13$$

Часто долю выражают в процентах. Для этого полученный результат умножают на 100. То есть в данном случае $\omega(\text{H})=13\%$. Это означает, что в каждом г (кг, т) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ содержится 0,13 г (кг, т) водорода или каждые 100 г (кг, т) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ содержат 13 г (кг, т) водорода.

Массовая доля (ω) компонента отличается по величине от его **мольной доли (φ)**.

- Вычисление мольной доли.
- Задача на вычисление мольной доли компонента смеси по его массовой доле.

Задача 1. Вычислить массовые доли каждого из элементов, входящих в состав углеводорода, формула которого C_6H_{12} .

Дано:	Решение
состав вещества C_6H_{12}	$\omega(\text{C}) = \frac{6M(\text{C})}{M(\text{C}_6\text{H}_{12})}$; $\omega(\text{H}) = \frac{12M(\text{H})}{M(\text{C}_6\text{H}_{12})}$
$\omega(\text{C}) = ?$	$M(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 6 \cdot 12 + 12 \cdot 1 = 84 \text{ г/моль}$
$\omega(\text{H}) = ?$	$\omega(\text{C}) = \frac{6 \cdot 12 \text{ г}}{84 \text{ г}} = \frac{72}{84} = 0,85 \text{ (85\%)}$
	$\omega(\text{H}) = \frac{12 \text{ г}}{84 \text{ г}} = 0,15 \text{ (15\%)}$
	Ответ: $\omega(\text{C}) = 0,85 \text{ (85\%)}$ $\omega(\text{H}) = 0,15 \text{ (15\%)}$

Вычисление массы и объема газов

Задача 1. Вычислить объем диоксида углерода при н.у., взятого количеством вещества 3 моль.

Дано :	Решение
$\nu(\text{CO}_2) = 3 \text{ моль}$	Для расчета V газа воспользуемся формулой
$V(\text{CO}_2) = ?$	$V(\text{CO}_2) = \nu(\text{CO}_2) \cdot V_m$
	$V_m = 22,4 \text{ л/моль}$ при н. у.
	$V(\text{CO}_2) = 3 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 67,2 \text{ л}$
	Ответ: $V(\text{CO}_2) = 67,2 \text{ л}$

Задача 2. Вычислить массу этилена (C_2H_4), занимающего при н.у. объем 28 л.

Дано:	Решение
$V(C_2H_4) = 28 \text{ л при н.у.}$ <hr/> $m(C_2H_4) = ?$	<p>Для расчета $m(C_2H_4)$ воспользуемся формулой</p> $m(C_2H_4) = \nu(C_2H_4) \cdot M(C_2H_4) \quad (1)$ <p>$M(C_2H_4) = 28 \text{ г/моль}$ $V_m = 22,4 \text{ л/моль при н.у.}$</p> $\nu(C_2H_4) = \frac{V(C_2H_4)}{V_m} = \frac{28 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,25 \text{ моль}$ <p>Подставив эту величину в формулу (1), получим решение задачи</p> $m(C_2H_4) = 1,25 \text{ моль} \cdot 28 \text{ г/моль} = 35 \text{ г}$ <p style="text-align: center;">Ответ: $m(C_2H_4) = 35 \text{ г}$</p>

Задача 3. Вычислить объемную долю метана в смеси, состоящей из 30 л метана, 5 л этана и 2 л водорода. Объемы газов измерены при одинаковых условиях.

Дано:	Решение
$V(CH_4) = 30 \text{ л}$ $V(C_2H_6) = 5 \text{ л}$ $V(H_2) = 2 \text{ л}$ <hr/> $\varphi(CH_4) = ?$	<p>Объемная доля φ определяется по аналогии с массовой долей и равна отношению V данного газа к общему объему смеси.</p> $\varphi(CH_4) = \frac{V(CH_4)}{V(\text{смеси})}$ <p>$V(\text{смеси}) = 30 \text{ л} + 5 \text{ л} + 2 \text{ л} = 37 \text{ л}$</p> $\varphi(CH_4) = \frac{30 \text{ л}}{37 \text{ л}} = 0,81 \text{ (81\%)}$ <p style="text-align: center;">Ответ: $\varphi(CH_4) = 0,81 \text{ (81\%)}$</p>

Вывод формул соединений

Этот вид расчетов чрезвычайно важен для химической практики, т.к. позволяет на основании экспериментальных данных определить формулу вещества (простейшую и молекулярную). На основании данных качественного и количественного анализов химик находит сначала соотношение атомов в молекуле (или другой структурной единице вещества), т.е. его простейшую формулу.

Например, анализ показал, что вещество является углеводородом C_xH_y , в котором массовые доли углерода и водорода соответственно равны 0,8 и 0,2

(80% и 20%). Чтобы определить соотношение атомов элементов, достаточно определить их количества вещества (число молей):

$$\nu(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} \quad \nu(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})}$$

$$\nu(\text{C}) = \frac{0,8 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = 0,0666 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{H}) = \frac{0,2 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = 0,0666 : 0,2 = 1 : 3$$

Целые числа (1 и 3) получены делением числа 0,2 на число 0,0666. Число 0,0666 примем за 1. Число 0,2 в 3 раза больше, чем число 0,0666. Таким образом, **СН₃** является **простейшей** формулой данного вещества.

Соотношению атомов С и Н, равному 1 : 3, соответствует бесчисленное количество формул: С₂Н₆, С₃Н₉, С₄Н₁₂ и т.д., но из этого ряда только одна формула является **молекулярной** для данного вещества, т.е. отражающей истинное количество атомов в его молекуле. Чтобы вычислить молекулярную формулу, кроме количественного состава вещества, необходимо знать его молекулярную массу. Для определения этой величины часто используется значение относительной плотности газа D.

Так, для вышеприведенного случая $D_{\text{H}_2} = 15$. Тогда $M(\text{C}_x\text{H}_y) = 15 M(\text{H}_2) = 15 \cdot 2 \text{ г/моль} = 30 \text{ г/моль}$. Поскольку $M(\text{СН}_3) = 15$, то для соответствия с истинной молекулярной массой необходимо удвоить индексы в формуле. Следовательно, **молекулярная** формула вещества: **С₂Н₆**.

Определение формулы вещества зависит от точности математических вычислений. При нахождении значения ν элемента следует учитывать хотя бы два знака после запятой и аккуратно производить округление чисел. Например, $0,8878 \approx 0,89$ но не 1.

Расчеты по уравнениям реакций

Расчеты, связанные с уравнениями реакций, называются стехиометрическими. Они основаны на законе сохранения массы веществ и позволяют решать следующие задачи:

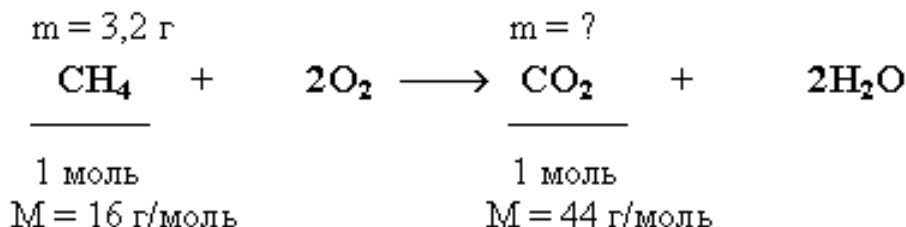
- вычислить массу (объем, количество вещества) продуктов реакции по массе (объему, количеству вещества) одного из реагирующих веществ или двух (задачи на "избыток" и "недостаток"),
- определить массовые (объемные) доли примесей в исходном веществе,
- рассчитать массовую (объемную) долю выхода продукта,
- выполнить расчеты с учетом концентраций веществ.

Стехиометрические расчеты используются также для решения задач, обратных вышеперечисленным.

Расчет массы (объема, количества) продуктов реакции по массе (объему, количеству вещества) исходных веществ и обратные вычисления

Задача. Какую массу углекислого газа можно получить, если сжечь 3,2 г метана? Определите объем, который займет углекислый газ, образовавшийся в этой реакции при нормальных условиях.

Краткие условия в данном случае целесообразно записать, учитывая уравнение реакции сгорания метана, следующим образом:



Решение

1. Находим количество вещества метана, вступившего в реакцию:

$$\nu(\text{CH}_4) = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)} = \frac{3,2 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

2. Количество углекислого газа согласно уравнению реакции равно количеству метана:

$$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{CH}_4) = 0,2 \text{ моль}$$

3. Определяем массу CO_2 :

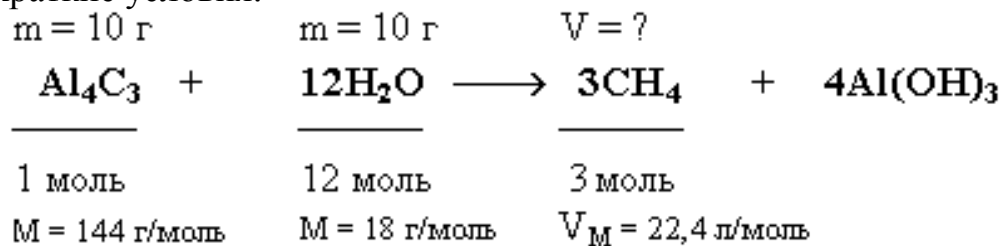
$$m(\text{CO}_2) = \nu(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 0,2 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 8,8 \text{ г}$$

Ответ: $m(\text{CO}_2) = 8,8 \text{ г}$

Расчет массы (объема, количества) продуктов реакции при условии, что одно из реагирующих веществ взято в избытке

Задача. Какой объем метана (н.у.) выделится при взаимодействии 10 г карбида алюминия (Al_4C_3) с 10 г воды?

Краткие условия:



Решение

1. Находим количества вступивших в реакцию веществ:

$$\nu(\text{Al}_4\text{C}_3) = \frac{m(\text{Al}_4\text{C}_3)}{M(\text{Al}_4\text{C}_3)} = \frac{10 \text{ г}}{144 \text{ г/моль}} = 0,069 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{10 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,55 \text{ моль}$$

Так как на 1 моль Al_4C_3 требуется в 12 раз большее количество вещества воды, то на 0,069 моль Al_4C_3 необходимо 0,828 моль воды. Следовательно, 0,55 моль воды недостаточно для реакции с 0,069 моль Al_4C_3 , который взят в избытке и прореагирует неполностью.

2. Определим $\nu(\text{CH}_4)$ по веществу, взятому в недостатке:

$$\nu(\text{CH}_4) = \frac{0,55 \text{ моль}}{4} = 0,137 \text{ моль}$$

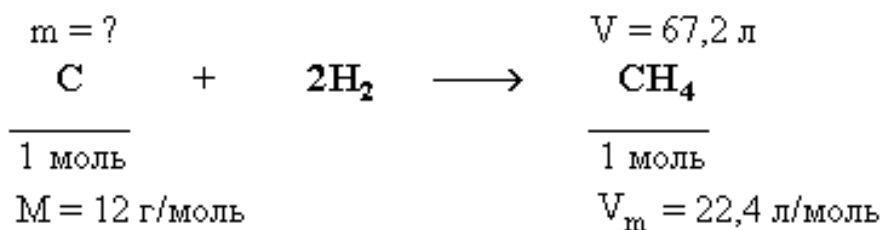
3. Рассчитаем объем метана, образовавшегося в реакции:

$$V(\text{CH}_4) = \nu(\text{CH}_4) \cdot V_m = 0,137 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 3,07 \text{ л}$$

Расчет массы, объема и количества исходных веществ или продуктов реакции с учетом примесей

Задача. Определить массу образца технического углерода, содержащего 3% примесей, необходимого для получения 67,2 л (н.у.) метана.

Краткие условия:



Решение

1. Найдем массовую долю углерода в образце:

$$\omega(\text{C}) = 100\% - 3\% = 97\% (0,97)$$

2. Определим количество вещества метана:

$$v(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CH}_4)}{V_m} = \frac{67,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 3 \text{ моль}$$

3. Рассчитаем массу углерода по уравнению реакции с учетом его содержания в техническом образце:

$$v(\text{C}) = v(\text{CH}_4) = 3 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}) = v(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 3 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 36 \text{ г}$$

$$m(\text{образца C}) = \frac{m(\text{C})}{\omega(\text{C})} = \frac{36 \text{ г}}{0,97} = 37,1 \text{ г}$$

Ответ: $m(\text{образца C}) = 37,1 \text{ г}$

Расчет массы, объема и количества исходных веществ или продуктов реакции с учетом концентрации их в растворе (смеси)

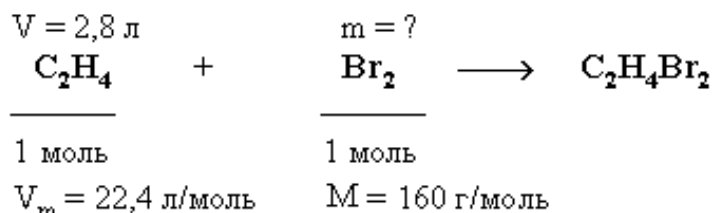
Задача. Сколько грамм бромной воды с массовой долей брома 3,2% потребуется для реакции с 10 л смеси этана и этилена, в которой объемная доля этилена равна 28%?

Решение

1. Определим объем этилена в исходной смеси газов:

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = V(\text{смеси}) \cdot \varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 10 \text{ л} \cdot 0,28 = 2,8 \text{ л}$$

2. С бромной водой реагирует этилен. Проведем расчет по уравнению реакции:



$$v(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_4)}{V_m} = \frac{2,8 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,125 \text{ моль}$$

$$v(\text{Br}_2) = v(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,125 \text{ моль}$$

$$m(\text{Br}_2) = v(\text{Br}_2) \cdot M(\text{Br}_2) = 0,125 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 20 \text{ г}$$

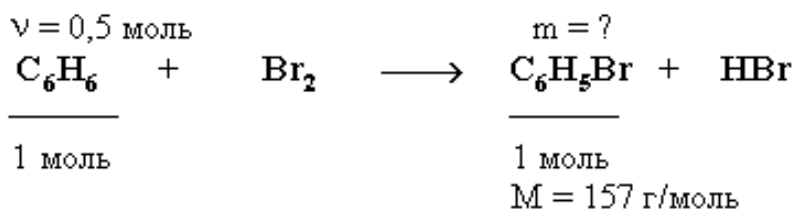
3. Определим массу бромной воды (раствора брома в воде):

$$m(\text{раствора}) = \frac{m(\text{Br}_2)}{\omega(\text{Br}_2)} = \frac{20 \text{ г}}{0,032} = 625 \text{ г}$$

Ответ: $m(\text{раствора Br}_2) = 625 \text{ г}$

Бензол количеством вещества 0,5 моль прореагировал с избытком брома (в присутствии катализатора). При этом получили бромбензол массой 70 г. Определите массовую долю выхода бромбензола.

Краткие условия:



Решение

$$v(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) = v(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br})_{\text{теор}} = v(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) =$$

$$= 0,5 \text{ моль} \cdot 157 \text{ г/моль} = 78,5 \text{ г}$$

$$\omega(\text{выхода C}_6\text{H}_5\text{Br}) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br})_{\text{практ}}}{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br})_{\text{теор}}} = \frac{70 \text{ г}}{78,5 \text{ г}} = 0,89 \text{ (89\%)}$$

Ответ: $\omega(\text{выхода C}_6\text{H}_5\text{Br}) = 0,89 \text{ (89\%)}$

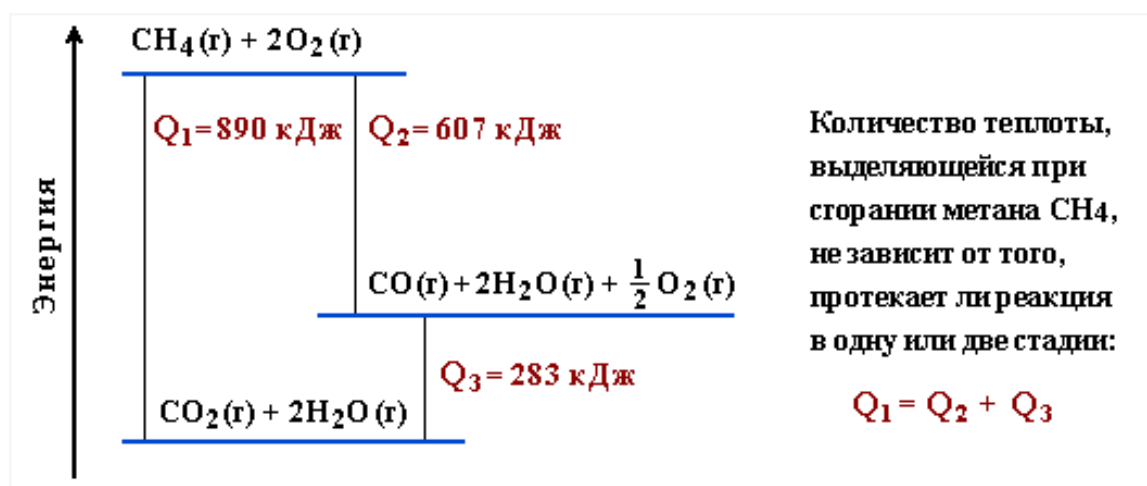
Термохимические расчёты

Огромное число химических реакций используется для получения энергии. К ним относятся, например, реакции сгорания различных топлив, для оценки которых требуется знать количество выделяемой тепловой энергии (тепловых эффектов).

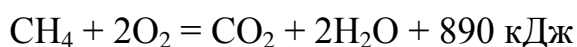
Тепловые эффекты реакций определяют как экспериментально, так и с помощью термохимических расчётов, основанных на **законе Гесса**:

тепловой эффект реакции зависит только от начального и конечного состояний реагирующих веществ и не зависит от пути реакции (т.е. от числа стадий и промежуточных состояний).

Это можно показать на примере реакции горения метана:



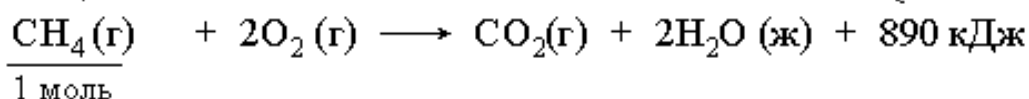
Задача 1. Рассчитайте количество теплоты, выделившейся при сгорании 0,25 моль метана, используя термохимическое уравнение реакции горения метана:



Краткие условия:

$$v = 0,25 \text{ моль}$$

$$Q = ?$$



Решение

При сгорании 1 моль CH_4 выделяется 890 кДж. Следовательно, количество теплоты, выделяемое при сгорании 0,25 моль метана, будет равно:

$$Q = 0,25 \text{ моль} \cdot 890 \text{ кДж/1 моль} = 223 \text{ кДж.}$$

Ответ: $Q = 223 \text{ кДж.}$

Задача 2. Известны стандартные молярные теплоты образования $Q_{\text{обр}}$ (кДж/моль) метана (74,9), CO (110), O_2 (0) и воды (285,8). Вычислите тепловой эффект реакции неполного сгорания 1 моль метана до оксида углерода (II).

Решение

Запишем уравнение реакции неполного сгорания метана.



Согласно закону Гесса, теплота химической реакции ($Q_{\text{реакции}}$) равна разности между суммой теплот образования продуктов реакции и суммой теплот образования исходных веществ:

$$Q_{\text{реакции}} = \sum Q_{\text{обр.}}(\text{продуктов}) - \sum Q_{\text{обр.}}(\text{исх.веществ})$$

Подставив в эту формулу исходные данные, получим:

$$Q_{\text{реакции}} = 2Q_{\text{обр}}(\text{CO}) + 4Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - 2Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4) - 3Q_{\text{обр}}(\text{O}_2) = \\ = 2 \cdot 110 + 4 \cdot 285,8 - 2 \cdot 74,9 - 0 = 1213,4 \text{ кДж.}$$

Задачи повышенной сложности

Задача 1. При дегидрировании смеси циклогексана и циклогексена в бензол выделился водород массой, достаточной для полного восстановления 36,9 г нитробензола в анилин. Найти %-ный (по массе) состав исходной смеси, если известно, что такая же масса этой смеси может обесцветить 480 г 10%-ного раствора брома в CCl_4 .

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 36,9 \text{ г} \\ m(\text{р-ра Br}_2) = 480 \text{ г} \\ \omega(\text{Br}_2) = 10\%$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{10}) = ?$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{12}) = ?$$

Решение

Для определения доли циклогексана и циклогексена в исходной смеси нужно определить массу каждого из этих веществ и массу смеси.

Эти величины можно рассчитать по уравнениям реакций дегидрирования исходных углеводородов.

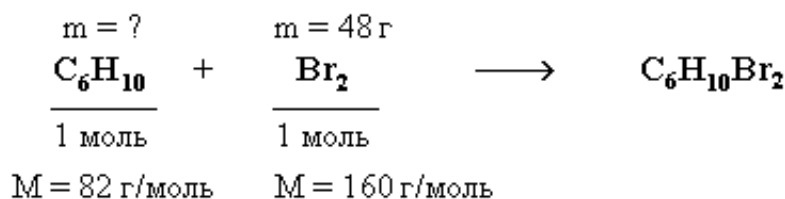
Но предварительно необходимо определить количества веществ, по которым будут проведены расчеты искомым величин.

1. Определим $m(\text{Br}_2)$ в растворе CCl_4 :

$$m(\text{Br}_2) = m(\text{раствора}) \cdot \omega(\text{Br}_2) = 480 \text{ г} \cdot 0,1 = 48 \text{ г}$$

2. Из углеводородов исходной смеси с Br_2 реагирует только циклогексен C_6H_{10} , являющийся ненасыщенным соединением.

По уравнению этой реакции рассчитаем массу C_6H_{10} .

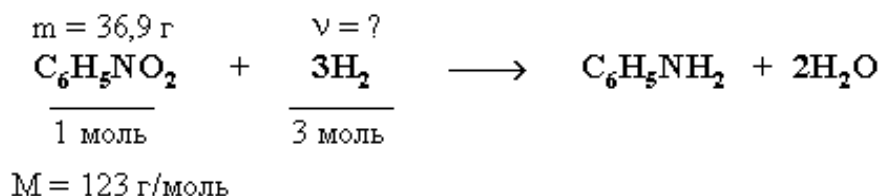


$$v(\text{Br}_2) = \frac{m(\text{Br}_2)}{M(\text{Br}_2)} = \frac{48 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$v(\text{C}_6\text{H}_{10}) = v(\text{Br}_2) = 0,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{10}) = v(\text{C}_6\text{H}_{10}) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_{10}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 82 \text{ г/моль} = 24,6 \text{ г}$$

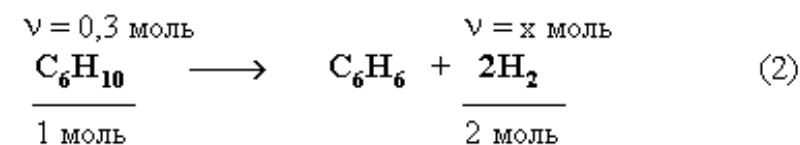
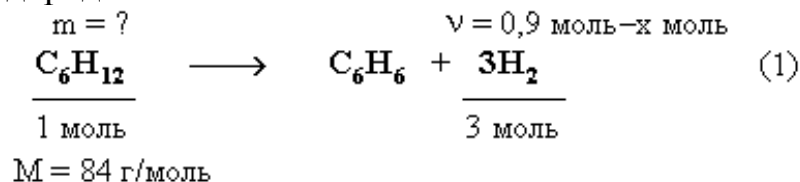
3. Определим количество вещества H_2 , использованного на восстановление нитробензола:



$$v(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)}{M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)} = \frac{36,9 \text{ г}}{123 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}_2) = 3v(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 0,9 \text{ моль}$$

4. Массу циклогексана рассчитаем из уравнений реакций дегидрирования углеводородов.



Из уравнения (2) следует, что $x = v(\text{H}_2) = 0,6 \text{ моль}$.

Тогда количество водорода, выделившегося в реакции (1) равно:

$$v(\text{H}_2) = 0,9 \text{ моль} - 0,6 \text{ моль} = 0,3 \text{ моль}.$$

$$\text{Отсюда } v(\text{C}_6\text{H}_{12}) = \frac{0,3 \text{ моль}}{3} = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}) = v(\text{C}_6\text{H}_{12}) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 84 \text{ г/моль} = 8,4 \text{ г}$$

5. Определим массу исходной смеси углеводородов:

$$m(\text{смеси}) = m(\text{C}_6\text{H}_{12}) + m(\text{C}_6\text{H}_{10}) = 8,4 \text{ г} + 24,6 \text{ г} = 33,0 \text{ г}$$

6. Рассчитаем массовые доли углеводородов в исходной смеси:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{10}) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{10})}{m(\text{смеси})} = \frac{24,6 \text{ г}}{33 \text{ г}} = 0,745 (74,5\%)$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{12}) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12})}{m(\text{смеси})} = \frac{8,4 \text{ г}}{33 \text{ г}} = 0,255 (25,5\%)$$

Ответ: $\omega(\text{C}_6\text{H}_{10}) = 0,745 (74,5\%)$; $\omega(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 0,255 (25,5\%)$

Задачи для самостоятельного решения

1. Поставьте в соответствие характеристики и определения.

Единица количества вещества

$6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹

$1,66057 \cdot 10^{-24}$ г

Молярная масса вещества

Массовая доля вещества

Величина 22,4 л/моль

Мольная доля вещества

Молярная концентрация

2. Какова масса метана (в г), содержащего $1,204 \cdot 10^{24}$ молекул?

3. Определите массовую (ω) и мольную (φ) доли водорода в этаноле.

- $\omega(\text{H}) = \varphi(\text{H}) = 0,30$
- $\omega(\text{H}) = 0,13$; $\varphi(\text{H}) = 0,87$
- $\omega(\text{H}) = \varphi(\text{H}) = 0,13$
- $\omega(\text{H}) = 0,13$; $\varphi(\text{H}) = 0,67$
- $\omega(\text{H}) = 0,20$; $\varphi(\text{H}) = 0,60$

4. Какую массу (в г) имеет смесь пропана и бутана объемом 100 л при нормальных условиях, если объемная доля каждого газа равна 50%?

5. Масса 200 мл (при н.у.) ацетилена равна 0,232 г. Определите молярную массу ацетилена. (Не забудьте указать размерность найденной величины!)

6. При сжигании смеси этана и циклопропана массой 8,8 г образовался оксид углерода(IV) объемом 13,44 л (н.у.). Определите массовую долю циклопропана в данной смеси (в %).

7. При сжигании 50 г пропана получили оксид углерода(IV) объемом 67,2 л (н.у.). Вычислите, весь ли пропан был израсходован.

- осталось 7,5 г пропана
 осталось 12 г пропана
 осталось 6 г пропана
 осталось 3 г пропана
 пропан сгорел полностью

8. При нагревании этанола массой 4,6 г с уксусной кислотой массой 7 г получили сложный эфир. Какова масса этого продукта в граммах? Ответ округлите до целого числа.

9. На сжигание $105,26 \text{ м}^3$ природного газа потребовалось 1000 м^3 воздуха. Вычислите объёмную долю метана в природном газе (в %), считая, что остальные примеси в нем не горючи. Объёмная доля кислорода в воздухе равна 20%.

10. Сколько граммов бромной воды с массовой долей брома 1,6% может обесцветить пропилен объемом 1,12 л (н.у.)?

11. Вычислите массу (в г) сахарозы, подвергшуюся гидролизу, с учетом того, что из образовавшейся глюкозы получена молочная кислота массой 54 г при массовой доле выхода 60%.

12. На полное гидрирование этиленового углеводорода массой 14 г затрачен водород объемом 4,48 л (н.у.). Какова молекулярная формула этого углеводорода?

- C_2H_4
 C_3H_6

- C₄H₈
- C₅H₁₀
- C₆H₁₂

13. Сколько миллилитров 96%-ного этанола ($\rho=0,8$ г/мл) потребуется для этерификации 1,5 г аминоксусной кислоты, если спирт был взят с 200%-ным избытком? Ответ округлите до целого числа.

14. Рассчитайте массу (в граммах) 1,1-дихлорэтана, который может быть получен из 280 л ацетилена при н.у., если массовая доля выхода этого вещества составляет 80%.

15. Определите количество теплоты (в кДж), выделившейся при сгорании 0,25 моль этанола, используя уравнение реакции горения этого вещества:



16. Смесь сероводорода и неизвестного алкана, взятых в объемных отношениях 1:3, сожжена и продукты сгорания полностью поглощены избытком водного раствора гидроксида бария. В результате выпало 19,9 г осадка, масса которого при обработке избытком раствора KMnO_4 , подкисленного HNO_3 , уменьшилась до 2,33 г. Установите формулу алкана.

- C₅H₁₂
- C₄H₁₀
- CH₄
- C₃H₈
- C₂H₆

17. К 1 л смеси этана и этилена добавили 1 л водорода и полученную смесь пропустили над никелевым катализатором. Объем смеси после пропускания, приведенной к тем же условиям, составил 1,3 л. Определите в процентах объемную долю этилена в смеси.

18. При пропускании смеси этана и ацетилена через склянку с бромной водой масса склянки увеличилась на 2,6 г. При полном сгорании такой же массы

смеси выделился оксид углерода(IV) объемом 28 л (н.у.). Вычислите объем взятой смеси в литрах.

19. При дегидратации 45 г предельного одноатомного спирта неизвестного состава выделилось 8,76 г воды при 80%-ном выходе. Какова молекулярная формула спирта?

- C₃H₇OH
- CH₃OH
- C₄H₉OH
- C₂H₅OH
- C₅H₁₁OH

20. Смесь массой 10,5 г, состоящая из спирта ($\omega = 17,1\%$) и альдегида ($\omega = 82,9\%$), реагирует с оксидом серебра массой 34,8 г. Сколько атомов углерода в молекуле спирта, если их число такое же, что и в молекуле альдегида?

21. При взаимодействии 35,55 мл 30%-ного раствора ($\rho = 1,04$ г/мл) одноосновной органической кислоты неизвестного строения с избытком гидрокарбоната натрия выделилось 3,36 л газа (н.у.). Определите строение исходной органической кислоты.

- CH₃CH₂COOH
- CH₃CH₂CH₂COOH
- CH₂=CH-COOH
- H-COOH
- CH₃COOH

22. 90 г глюкозы было подвергнуто спиртовому брожению. Массовая доля выхода продукта реакции составила 90%. Образовавшийся спирт окислили в кислоту с количественным выходом. Сколько граммов 32%-ного раствора едкого натра потребуется для нейтрализации полученной кислоты?

23. Смесь пропана и метиламина общим объемом 11,2 л (н.у.) сожгли в токе кислорода. Продукты сгорания пропустили через известковую воду и получи-

ли при этом 80 г осадка. Определите объемную долю метиламина в исходной смеси в процентах.

24. Смесь аланина и уксусной кислоты массой 200 г обработали раствором соляной кислоты объёмом 200 мл ($\rho = 1,047$ г/мл) с массовой долей HCl 10%. Какова массовая доля аланина в смеси (в процентах)?

25. Через смесь бензола, фенола и анилина массой 20 г пропустили хлороводород. При этом выпал осадок массой 2,59 г. При нейтрализации такой же массы смеси затрачен раствор щелочи массой 10 г с массовой долей NaOH 20%. Какова массовая доля бензола в смеси (в процентах)? Ответ округлите до целого числа.

26. Какой объем в литрах займет при н.у. формальдегид, который нужно растворить в воде для получения 1 л формалина (40%-ный раствор, плотность 1,11 г/мл)?

27. Углеводород состава C_6H_{12} обесцвечивает раствор брома, при гидратации образует третичный спирт, а при окислении концентрированным раствором перманганата калия превращается в ацетон и пропановую кислоту. Укажите название углеводорода.

- гексен-2
- 2-метилпентен-1
- гексен-3
- 3-метилпентен-1
- 2-метилпентен-2
- 3-метилпентен-2

28. Для нейтрализации смеси этилового спирта и фенола потребовалось 25 мл 40%-ного раствора KOH (плотность 1,4 г/мл). При обработке такой же массы исходной смеси металлическим натрием выделилось 6,72 л газа при н.у. Определите массовую долю этилового спирта в исходной смеси в процентах. Результат округлите до целого числа.

29. При сгорании органического соединения массой 4,8 г образовалось 6,6 г углекислого газа и 5,4 г воды. Плотность паров этого вещества по водороду равна 16. Назовите данное соединение.

- метанол
- метаналь
- этанол
- пропанон
- этаналь

30. Определите массовую долю (в %) этанола в смеси его с метанолом, если известно, что при действии на 11 г этой смеси металлическим натрием выделилось 3,36 л водорода при н.у. Ответ округлите до целого числа.

Массовая доля (процентная концентрация)

Задача 1. Сколько граммов вещества нужно взять для приготовления:

- a) 200 мл 5 %-ного раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,09$ г/мл);
- b) 1 л 50 %-ного раствора фосфорной кислоты ($\rho = 1,33$ г/мл);
- c) 4 л 20 %-ного раствора азотной кислоты ($\rho = 1,12$ г/мл);
- d) 1 л 10 %-ного раствора гидроксида калия ($\rho = 1,05$ г/мл);
- e) 200 мл 60 %-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,5$ г/мл);

Задача 2. Вычислить массовую долю растворенных веществ в растворах, содержащих:

- a) 60 г нитрата серебра в 750 г воды;
- b) 15 г хлорида натрия в 450 г воды;
- c) 75 г карбоната калия в 300 г воды;
- d) 1 моль NH_3 в 3 молях воды;
- e) 50 г H_2SO_4 в 50 молях воды?

Задача 3. Вычислить массовую долю безводных солей для растворов следующих кристаллогидратов:

- a) 100 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в 900 г воды;
- b) 14,3 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в 120 г воды;
- c) 61 г $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в 239 г воды;
- d) 100 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в 1528 г воды;

е) 20 – 50 г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в 250 г воды

Задача 4. Вычисления, связанные со смешиванием растворов разных концентраций, приготовлением разбавленных растворов из концентрированных:

- Смешали 300 г 20 %-ного раствора и 500 г 40 %-ного раствора хлорида натрия. Чему равна массовая доля полученного раствора?
- Сколько литров 2,5 %-ного раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,03$ г/мл) можно приготовить из 80 мл 35 %-ного раствора ($\rho = 1,38$ г/мл)?
- Сколько килограммов 1 %-ного раствора серной кислоты можно приготовить из 70 мл 50 %-ного раствора ($\rho = 1,40$ г/мл)?
- Какой объем 50 %-ного раствора гидроксида калия ($\rho = 1,54$ г/мл) требуется для приготовления 3 л 6 %-ного раствора ($\rho = 1,05$ г/мл)?
- К 500 мл 30 %-ного раствора аммиака ($\rho = 0,9$ г/мл) прибавили 1 л воды. Какова массовая доля аммиака в полученном растворе?

Молярная концентрация. Молярная концентрация эквивалента (нормальная концентрация). Взаимный переход от одних видов к другим

Задача 1. Определите молярность и нормальность растворов, содержащих:

- в 500 мл 3,42 г сульфата алюминия;
- в 1 л 9,8 г фосфорной кислоты;
- в 200 мл 1,06 г карбоната натрия;
- в 1 л 13,35 г хлорида алюминия;
- в 50 мл 4 г гидроксида натрия;

Задача 2. Определите молярность и нормальность следующих растворов:

- 70 %-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,6$ г/мл);
- 40 %-ного раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,4$ г/мл);
- 20 %-ного раствора фосфорной кислоты ($\rho = 1,1$ г/мл);
- 60 %-ного раствора сульфата магния ($\rho = 1,31$ г/мл);
- 70 %-ного раствора нитрата серебра ($\rho = 2,2$ г/мл);

Задача 3. Вычислите массовую долю растворенного вещества в следующих растворах:

- 3 М раствора сернистой кислоты ($\rho = 1,15$ г/мл);
- 1М раствора азотной кислоты ($\rho = 1,03$ г/мл);
- 0,2 М раствора хлорида калия ($\rho = 1,02$ г/мл);
- 0,2 М раствора фосфата калия ($\rho = 1,02$ г/мл);
- 0,1 М раствора фосфата натрия ($\rho = 1,01$ г/мл);

Учебное издание

ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ХИМИИ

Методические указания к практическим занятиям

Составитель
АЛЕКСАНДРОВА Ирина Владимировна