

Ф. Д. ЯМБУШЕВ

**ИННОВАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ  
ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.  
РАЗВИВАЮЩИЕ ЗАДАЧИ  
С РЕШЕНИЯМИ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



**ЛАНЬ**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР

2024

УДК 547  
ББК 24.2я73

**Я 55**      **Ямбушев Ф. Д.** Инновационные технологии обучения органической химии. Развивающие задачи с решениями : учебное пособие для вузов / Ф. Д. Ямбушев. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 164 с. : ил. — Текст : непосредственный.

**ISBN 978-5-8114-8768-4**

Учебное пособие посвящено технологиям активного обучения. Рассмотрены методические основы использования расчетных задач и особенности их применения в курсе органической химии. Содержит описание расчетных задач по основным темам предмета и методические рекомендации по их решению. Способствует выработке навыков практического применения полученных знаний, развитию способности к выполнению самостоятельной работы. Соответствует актуальным требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Учебное пособие предназначено для студентов педагогических направлений подготовки по профилю «Химия» и смежных специальностей высших учебных заведений, преподавателей вузов и техникумов, а также учителей старших классов средней школы.

УДК 547  
ББК 24.2я73

**Обложка**  
*П. И. ПОЛЯКОВА*

© Издательство «Лань», 2024  
© Ф. Д. Ямбушев, 2024  
© Издательство «Лань», художественное оформление, 2024

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
1. Химическая задача как элемент активного обучения .....	7
1.1. Роль и функции задач .....	7
1.2. Классификация задач .....	8
1.3. Типы расчетных задач .....	9
2. Методические особенности решения химических задач .....	10
3. Решение расчетных задач в процессе обучения.....	12
3.1. Основные формулы для решения химических задач .....	12
3.2. Необходимые теоретические сведения.....	13
4. Примеры решения задач .....	15
4.1. Определение формул веществ по массовым долям атомов, входящих в его состав.....	15
4.2. Определение формул веществ по продуктам сгорания .....	17
4.3. Определение формул веществ по химическим свойствам .....	20
4.4. Задачи на выход продукта реакции .....	23
4.5. Реакции, в которых один из реагентов взят в избытке .....	23
4.6. Реакции, протекающие в газовой фазе.....	24
4.7. Параллельные реакции .....	25
4.8. Последовательные реакции.....	26
4.9. Расчеты по химическим уравнениям реакций, если одно из реагирующих веществ дано в избытке.....	27
4.10. Определение массы (объема) продукта реакции по известной массе (объему) исходного вещества, содержащего примеси.....	29
4.11. Расчеты по термохимическим уравнениям реакций .....	31
4.12. Определение массовой (объемной) доли выхода продукта реакции от теоретически возможного .....	33
4.13. Определение формулы газообразного вещества .....	35
5. Задачи по отдельным темам органической химии.....	39
5.1. Задачи на нахождения объема и объемной доли выхода вещества.....	39
5.1.1. Предельные углеводороды.....	39
5.1.2. Непредельные углеводороды.....	48
5.1.3. Ароматические углеводороды (арены).....	61
5.1.4. Спирты и фенолы .....	63
5.1.5. Альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, сложные эфиры. Жиры .....	64
5.1.6. Углеводы .....	68
5.2. Задачи на нахождение массы веществ .....	78
5.2.1. Предельные углеводороды.....	78
5.2.2. Непредельные углеводороды.....	81
5.2.3. Ацетиленовые углеводороды.....	82
5.2.4. Ароматические углеводороды (арены).....	87

5.2.5. Спирты и фенолы .....	88
5.2.6. Альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты.....	92
5.2.7. Сложные эфиры. Жиры .....	98
5.2.8. Крахмал, целлюлоза.....	102
5.2.9. Спирты, альдегиды, карбоновые кислоты, углеводы.....	104
5.3. Задачи на определение массовой доли продукта.....	116
5.3.1. Предельные углеводороды.....	116
5.3.2. Непредельные углеводороды, ацетиленовые.....	117
5.3.3. Ароматические углеводороды (арены).....	118
5.3.4. Спирты и фенолы .....	120
5.3.5. Альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты.....	123
5.3.6. Сложные эфиры. Жиры .....	124
5.3.7. Углеводы .....	126
5.4. Задачи на нахождение молекулярной формулы .....	137
5.4.1. Предельные углеводороды.....	137
5.4.2. Непредельные углеводороды. Ацетиленовые.....	142
Ответы .....	153
Часть 1 .....	153
Часть 2 .....	155
Часть 3 .....	157
Часть 4 .....	158
Список литературы.....	160

## ВВЕДЕНИЕ

*Решение задач — практическое искусство, подобное плаванию, катанию на лыжах или игре на фортепиано; научиться ему можно только подражая образцам и постоянно практикуясь.*

*Д. Пойа*

Важное место в процессе обучения химии отводится использованию расчетных и качественных задач. Их применение позволяет развивать у обучающихся творческую самостоятельность и способствует более глубокому усвоению учебного предмета. Именно через решение задач различных типов и уровней сложности может быть эффективно освоен курс химии. Можно сказать, что умение решать задачи по химии является основным критерием творческого усвоения предмета.

В учебной и методической литературе по химии, а также в открытом доступе в интернете можно найти достаточно много различных сборников задач. Тем не менее, поиск новых и совершенствование существующих методик обучения продолжают. Недостаток специальных руководств для этой цели, которые бы основывались на синтезе достижений логики, психологии и дидактики, пока не позволяет применять задачи как один из обязательных и важнейших способов обучения.

Исследование практики решения химических задач обучающимися в учебном процессе выявляет несформированность умений, что является следствием нескольких причин. Во-первых, учащиеся часто не понимают сущности задач и хода их решения; во-вторых, они не всегда правильно анализируют содержание задачи, проводят ее осмысление и обоснование; в-третьих, не вырабатывают общие подходы к решению и не определяют верную последовательность действий. Кроме того, они часто неправильно используют химический язык, обозначение физических величин, математические действия и др. Преодоление этих недостатков является одной из главных целей, который должен ставить перед собой обучающийся, приступая к решению расчетных задач.

Анализ школьных учебных программ по химии выявляет тот факт, что решению задач в учебном процессе отводится недостаточное место и роль. Нередко обнаруживается формальный подход к использованию этого метода на уроках или редкое, нерегулярное включение задач в обучение. В учебных программах решению задач выделяется мало времени, а в учебниках по химии практически отсутствуют примеры и методические указания для решения задач, или же они даны в недостаточном количестве и поэтому не во всех случаях пригодны для использования.

Указанные недостатки обучения в средних общеобразовательных учебных заведениях находят свое отражение в процессе дальнейшего обучения выпускников школ в высших учебных заведениях. Большинство студентов, поступивших в вуз, не обладают необходимыми навыками для решения расчетных задач по химическим дисциплинам. В связи с этим возникла необходимость подготовки настоящего сборника задач, целью которого является оказание помощи

обучающимся в овладении технологией и навыками решения расчетных задач по органической химии.

Пособие содержит примеры и задачи различного уровня сложности по основным темам органической химии с решениями. По своему объему и содержанию представляет собой руководство для активного и самостоятельного изучения органической химии студентами. В целях достижения максимальной эффективности в усвоении изучаемой темы рекомендуется, прежде чем приступить к решению задачи, тщательно проработать изучаемый материал в учебнике по соответствующей теме. Освоив основные формулы для решения задач, надлежит самостоятельно решить задачу. После этого произвести сверку с готовым решением и ответом.

Рекомендуемые задачи успешно апробированы студентами направления подготовки «Педагогическое образование», профиль биология, биология и химия — бакалавр, Казанского (Приволжского) федерального университета под руководством автора. Студенты, освоившие навыки и технологию решения рекомендованных задач, становятся вполне подготовленными к активному обучению учащихся органической химии.

# 1. ХИМИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА КАК ЭЛЕМЕНТ АКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

## 1.1. Роль и функции задач

Химическая учебная задача — это модель проблемной ситуации, решение которой требует от учащихся мыслительных и практических действий на основе знания законов, теорий и методов химии, направленная на закрепление, расширение знаний и развитие химического мышления.

Структура учебной деятельности с точки зрения ее состава должна включать в себя содержательный, операционный и мотивационный компоненты. В процессуальной структуре учебной деятельности, как деятельности по решению учебных задач, могут быть выделены следующие взаимосвязанные компоненты, определяющие последовательность осуществления деятельности: анализ задачи; принятие учебной задачи; актуализация имеющихся знаний, необходимых для ее решения; составление плана решения задачи; практическое ее осуществление; контроль и оценка решения задачи, осознание способов деятельности, имеющих место в процессе решения учебной задачи.

Решение задач требует умения логически рассуждать, планировать, делать краткие записи, производить расчеты и обосновывать их теоретическими предпосылками, дифференцировать определенные проблемы в целом. При этом не только закрепляются и развиваются знания и навыки учащихся, полученные ранее, но и формируются новые. Задачи, включающие определенные химические ситуации, становятся стимулом самостоятельной работы учащихся над учебным материалом, являются средством самоконтроля. Преподавателю использование задач позволяет определить степень усвоения предмета обучающимися, выявить пробелы в знаниях и умениях и разработать тактику их устранения. При решении задач развивается кругозор, память, мышление обучающихся, происходит более глубокое усвоение и лучшее понимание химических теорий, законов и явлений. Решение задач развивает у обучающихся интерес к химии, активизирует их деятельность, способствует трудовому воспитанию и формирует профессиональную ориентацию.

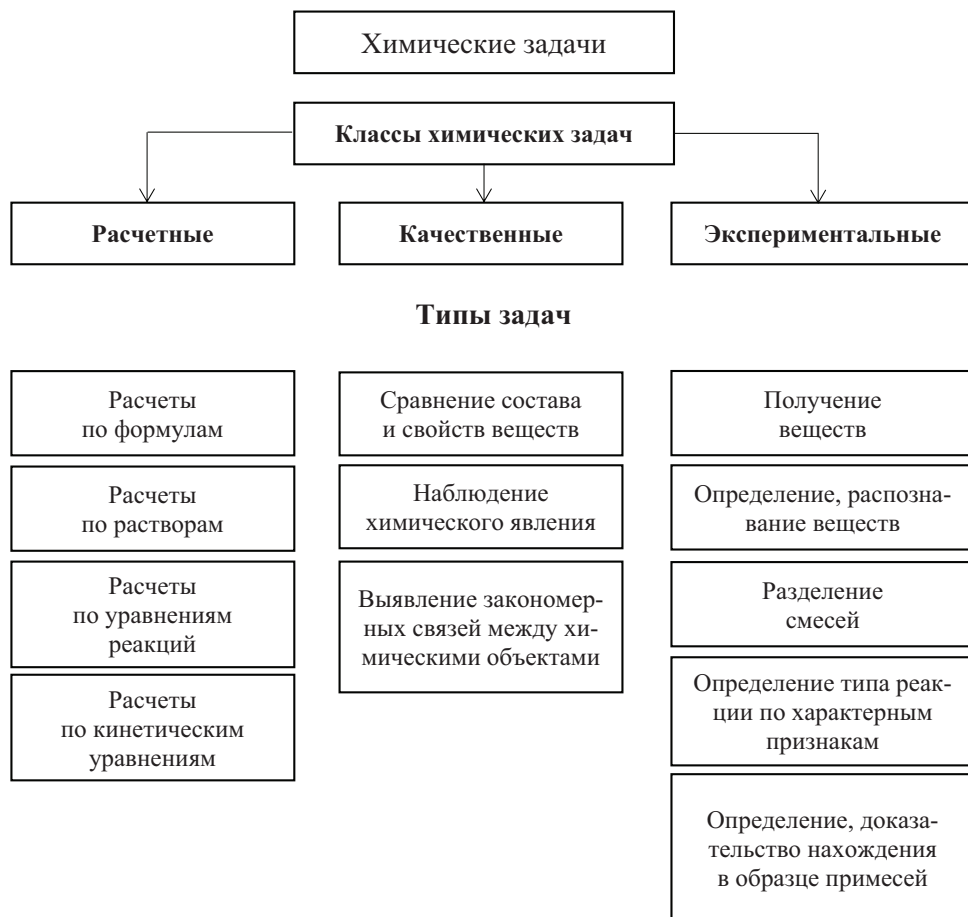
Решение задач — это активный познавательный процесс. Он обладает обучающими, воспитательными и развивающими функциями.

Обучающие функции заключаются в формировании важных структурных элементов знаний, осмыслении химической сущности явления, умении применять усвоенные знания в конкретно заданной ситуации.

Воспитывающие функции реализуются через формирование мировоззрения, расширение кругозора. Учебные задачи являются действенным средством воспитания трудолюбия, настойчивости, воли, характера.

Развивающие функции проявляются в результате формирования логического, творческого мышления, развития смекалки учащихся. Решение задач — это мыслительный процесс, который учит думать, ориентироваться в проблемной ситуации; ведет к лучшему пониманию химических явлений в свете важнейших теорий; позволяет установить связь химии с другими предметами, особенно с физикой и математикой; является средством закрепления в памяти химических

законов и важнейших понятий. Кроме того, решение задач служит одним из способов учета знаний и проверки навыков, полученных в процессе изучения предмета; прививает умение использовать полученные знания для решения практических проблем, тем самым связывая обучение с жизнью и деятельностью человека.



## 1.2. Классификация задач

В учебниках по методике химии, специальных методических пособиях по решению задач и в статьях приводятся различные варианты классификации задач. При этом общепризнанной является классификация химических задач на качественные и количественные, которые решаются устным, письменным и экспериментальным способом.

Химические расчетные задачи можно условно разделить на три группы:



1. Задачи, решаемые с использованием химической формулы вещества, или на вывод формулы.
2. Задачи, для решения которых используют уравнение химической реакции.
3. Задачи, связанные с растворами веществ.

### 1.3. Типы расчетных задач

Простейшие расчетные задачи можно разделить на две разновидности:

1. Задачи, которые решаются без использования уравнений реакций:
  - Расчеты соотношений масс элементов в веществах.
  - Расчеты массовой доли элемента в соединении по его формуле.
  - Расчеты по соотношениям «масса — моль».
  - Расчеты по соотношениям «объем — моль».
  - Расчеты с использованием относительной плотности газов.
  - Выведение простейшей формулы вещества.
  - Выведение истинной формулы вещества.
  - Расчеты с использованием числа Авогадро.
  - Задачи, связанные с растворами веществ.
  - Задачи на смеси.
2. Задачи, решаемые с использованием уравнений химических реакций.
  - Расчет массы веществ по известной массе другого вещества.
  - Расчеты по соотношению «масса – моль».
  - Расчеты по соотношению «объем – моль».
  - Задачи с использованием понятия «избыток».
  - Задачи с использованием веществ, одно из которых содержит примеси.
  - Задачи на выход продукта реакции и на производственные потери.
  - Задачи на нахождение химической формулы.
  - Задачи, в которых вещества даны в виде растворов.
  - Задачи на смеси.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Проблема методики решения задач в любой науке стоит достаточно остро, так как тщательная ее разработанность предполагает лучшую усвояемость научных знаний, их систематизированность и способность к применению в новых нестандартных ситуациях.

Психологи и педагоги рассматривают решение задач как модель комплекса умственных действий. Мышление при этом выступает как проблема «складывания» операций в определенную систему знаний с ее последующим обобщением.

Значительна роль задач в организации поисковых ситуаций, необходимых при проблемном обучении, а также в осуществлении процесса проверки знаний учащихся и при закреплении полученного материала.

В общем виде способ решения химических задач можно представить следующим порядком действий:

1) краткая запись условия задачи (вначале указывают буквенные обозначения заданных величин и их значения, а затем — искомые величины), которые при необходимости приводятся в единую систему единиц (количественная сторона);

2) выявление химической сущности задачи, составление уравнений реакций всех химических процессов и явлений, о которых идет речь в условии задачи (качественная сторона);

3) соотношения между качественными и количественными данными задачи, т. е. установление связей между приводимыми в задаче величинами с помощью алгебраических уравнений (формул) — законов химии и физики;

4) математические расчеты.

Наибольшие трудности у обучающихся возникают на 2 этапе решения задач, где требуется понимание логики задачи, интерпретация ее условий в виде химико-математических уравнений и формул. Разрешение данных затруднений возможно либо через овладение алгоритмами решения химических задач, что предполагает только знание основных расчетных формул и жесткое следование этапам решения для каждого типа задач, либо посредством развития логических приемов решения задач, одним из элементов которых может быть наглядно-графическое представление ее условий.

Существует множество алгоритмов решения химических задач различных типов. Их изучение и освоение не составляет для обучающихся особого труда и требует в основном развития репродуктивных умений. Однако посредством алгоритмов можно решать только задачи (или их элементы), однозначно идентифицированные по типу и необходимым наборам условий. Комбинированные и усложненные задачи (например, олимпиадные) требуют предварительного разбора условий, что является наиболее существенным отличием первого способа решения задач от второго.

Алгоритм решения задачи наглядно-логическим способом представляет собой следующую последовательность действий: нарисовать задачу  $\Rightarrow$  увидеть ее  $\Rightarrow$  понять условие  $\Rightarrow$  решить задачу. В данном алгоритме упор делается на понимание условий задачи, их интерпретацию в понятные обучающимся структурные единицы решения.

Недостатки и достоинства обоих способов заключаются в следующем: в первом способе возможно дойти до решения автоматически, не задумываясь о сути происходящих явлений, что как раз и может спровоцировать ошибку. Во втором способе неумение логически правильно составить пропорциональные отношения приводит к совершенно невероятным ответам.

Фактически совершенно отделить один способ решения от другого невозможно, в химических задачах обычно комбинируются оба с целью рационализации решения, поэтому освоение как алгоритмического, так и наглядно-логического способа решения задач позволяет комплексно добиваться целей обучения, связанных с развитием «задачного» мышления.

### 3. РЕШЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Целесообразно представлять обучающимся как можно более широкий спектр способов действий и создавать условия формирования умений выбирать тот или иной способ решения задачи в зависимости от ее особенностей, что является условием формирования ключевых компетентностей.

#### 3.1. Основные формулы для решения химических задач

В большинстве случаев при решении расчетных задач по химии используется подход, требующий знаний основных расчетных формул и алгоритмов решения задач различных типов.

Все основные задачи по химии решаются с помощью нескольких основных понятий и формул, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные величины и формулы для расчета

Наименование физической величины	Обозначение физической величины	Единицы измерения		Соотношение между единицами измерения	Формула для нахождения физической величины
		в международной системе	внесистемные		
Масса	m	кг	Г	$1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}$ $1 \text{ кг} = 10^3 \text{ г}$	$m = \rho \cdot V$ ; $m = M \cdot \nu$ ; $m = M \cdot V/V_m$ ; $m = N/N_A \cdot M$ ; $m = C \cdot M \cdot V$
Объем	V	м <sup>3</sup>	л; см <sup>3</sup>	$1 \text{ м}^3 = 10^3 \text{ л}$ $1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$ $1 \text{ л} = \text{дм}^3$ $1 \text{ л} = 10^3 \text{ см}^3$	$V = m/\rho$ ; $V = \nu \cdot V_m$ ; $V = m/M \cdot V_m$
Количество вещества	$\nu$ (или n)	моль			$\nu = N/N_A$ ; $\nu = m/M$ ; $\nu = V/V_m$
Концентрация вещества	C	моль/л			
Число Авогадро	N <sub>A</sub>	моль <sup>-1</sup> (1/моль)		6,02 · 10 <sup>23</sup>	N <sub>A</sub> = N/ν
Молярная масса	M	кг/моль	г/моль	$1 \text{ кг/моль} = 10^3 \text{ л/моль}$ $1 \text{ г/моль} = 10^{-3} \text{ кг/моль}$	M = m/ν
Относительная молекулярная масса	M <sub>r</sub>	у. е.			M <sub>r</sub> = m : 1/12m( <sup>12</sup> C)
Молярный объем	V <sub>m</sub>	м <sup>3</sup> /моль	л/моль	$1 \text{ м}^3/\text{моль} = 10^3 \text{ л/моль}$ $1 \text{ л/моль} = 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$	$V_m = V/\nu$ $V_m = V \cdot M/m$ $V_m = M/\rho$ $V_m = V/\nu$
Плотность	ρ	кг/м <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup> г/мл	$1 \text{ кг/м}^3 = 10^{-3} \text{ г/см}^3$ $1 \text{ кг/м}^3 = 1 \text{ г/дм}^3$ $1 \text{ г/см}^3 = 10^3 \text{ кг/м}^3$	ρ = m/V; ρ = M/V <sub>m</sub>
Число структурных частиц	N				$N = \nu \cdot N_A$ $N = m/M \cdot N_A$ $N = V/V_m \cdot N_A$

## 3.2. Необходимые теоретические сведения

Для решения расчетных задач необходимы основные теоретические сведения, приведенные ниже.

### Массовая доля элемента в веществе

Массовая доля элемента — это его содержание в веществе в процентах по массе. Например, в веществе состава  $C_2H_4$  содержится 2 атома углерода и 4 атома водорода. Если взять 1 молекулу такого вещества, то его молекулярная масса будет равна:

$$M_r(C_2H_4) = 2 \cdot 12 + 4 \cdot 1 = 28 \text{ а. е. м. и там содержится } 2 \cdot 12 \text{ а. е. м. углерода.}$$

Чтобы найти массовую долю углерода в этом веществе, надо его массу разделить на массу всего вещества:

$$\omega(C) = \frac{12 \cdot 2}{28} = 0,857 \text{ или } 85,7\%.$$

Если вещество имеет общую формулу  $C_xH_yO_z$ , то массовые доли каждого из их атомов также равны отношению их массы к массе всего вещества.

$$\text{Масса } x \text{ атомов C} = 12x$$

$$\text{масса } y \text{ атомов H} = y$$

$$\text{масса } z \text{ атомов кислорода} = 16z, \text{ тогда}$$

$$\omega(C) = \frac{12 \cdot x}{(12x + y + 16z)}$$

Если записать эту формулу в общем виде, то получится следующее выражение:

Массовая доля атома Э в веществе = Атомная масса атома Э · число атомов Э в молекуле

$$\frac{A_r(Э) \cdot z}{M_r(\text{вещ})}$$

### Молекулярная и простейшая формула вещества

Молекулярная (истинная) формула — формула, в которой отражается реальное число атомов каждого вида, входящих в молекулу вещества.

Например,  $C_6H_6$  — истинная формула бензола.

Простейшая (эмпирическая) формула — показывает соотношение атомов в веществе. Например, для бензола соотношение C:H = 1:1, т. е. простейшая формула бензола — CH. Молекулярная формула может совпадать с простейшей или быть кратной ей. В табл. 2 приведены соотношения атомов в молекулах различных веществ.

Таблица 2

#### Примеры соотношения атомов в молекулах различных веществ

Вещество	Молекулярная формула	Соотношение атомов	Простейшая формула
Этанол	$C_2H_6O$	C:H:O = 2:6:1	$C_2H_6O$
Бутен	$C_4H_8$	C:H = 1:2	$CH_2$
Уксусная кислота	$C_2H_4O_2$	C:H:O = 1:2:1	$CH_2O$

Если в задаче даны только массовые доли элементов, то в процессе решения можно вычислить только простейшую формулу вещества. Для получения истинной формулы в задаче обычно даются дополнительные данные – молярная масса, относительная или абсолютная плотность вещества или другие данные, с помощью которых можно определить молярную массу вещества.

### **Относительная плотность газа x по газу y — D по y (x)**

Относительная плотность D — величина, которая показывает, во сколько раз газ x тяжелее газа y. Ее рассчитывают, как отношение молярных масс газов x и y:

$$D \text{ по } y(x) = M(x):M(y)$$

Часто для расчетов используют относительные плотности газов по водороду и по воздуху.

### **Относительная плотность газа x по водороду**

$$D \text{ по } H_2 = \frac{M(\text{газа } x)}{M(H_2)} = \frac{M(\text{газа } x)}{2}$$

Воздух — это смесь газов, поэтому для него можно рассчитать только среднюю молярную массу. Ее величина принята за 29 г/моль (исходя из примерного усредненного состава). Поэтому:

$$D \text{ по возд.} = \frac{M(\text{газа } x)}{29}$$

### **Абсолютная плотность газа при нормальных условиях**

Абсолютная плотность газа — это масса 1 л газа при нормальных условиях. Обычно для газов ее измеряют в г/л.

$$\rho = \frac{m(\text{газа})}{V(\text{газа})}$$

Если взять 1 моль газа, то тогда:

$$\rho = \frac{M}{V_m}$$

Молярную массу газа можно найти, умножая плотность на молярный объем.

## 4. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### 4.1. Определение формул веществ по массовым долям атомов, входящих в его состав

Решение таких задач состоит из двух частей:

1. Сначала находят молярное соотношение атомов в веществе – оно соответствует его простейшей формуле. Например, для вещества состава  $A_xB_y$  соотношение количеств веществ А и В соответствует соотношению числа их атомов в молекуле:  $x:y = n(A):n(B)$ ;

2. Затем, используя молярную массу вещества, определяют его истинную формулу.

**Пример 1.** Определить формулу вещества, если оно содержит 84,21% С и 15,79% Н и имеет относительную плотность по воздуху, равную 3,93.

Решение примера 1.

Пусть масса вещества равна 100 г. Тогда масса С будет равна 84,21 г, а масса Н — 15,79 г.

Найдем количество вещества каждого атома:

$$v(C) = \frac{m}{M} = \frac{84,21}{12} = 7,0175 \text{ моль}$$

$$v(H) = \frac{15,79}{1} = 15,79 \text{ моль}$$

Определяем молярное соотношение атомов С и Н.

$C:H = 7,0175:15,79$  (сократим оба числа на меньшее) = 1:2,25 (умножим на 4) = 4:9

Таким образом, простейшая формула —  $C_4H_9$ .

По относительной плотности рассчитаем молярную массу:

$$M = D_{(\text{возд.})} \cdot 29 = 114 \text{ г/моль}$$

Молярная масса, соответствующая простейшей формуле  $C_4H_9$  — 57 г/моль, это в 2 раза меньше истинной молярной массы.

Значит, истинная формула —  $C_8H_{18}$

*Метод 2.* Находим истинную молярную массу (114 г/моль), а затем находим массы атомов углерода и водорода в этом веществе по их массовым долям.

$$m(C) = 114 \cdot 0,8421 = 96$$

$$\text{число атомов } C = \frac{96}{12} = 8$$

$$m(H) = 114 \cdot 0,1579 = 18$$

$$\text{число атомов } H = \frac{18}{1} = 18$$

Формула вещества –  $C_8H_{18}$ .

**Ответ:**  $C_8H_{18}$ .

**Пример 2.** Определить формулу алкина с плотностью 2,41 г/л при нормальных условиях.

### Решение примера 2.

Общая формула алкина  $C_nH_{2n-2}$

Как, имея плотность газообразного алкина, найти его молярную массу?

Плотность  $\rho$  — это масса 1 литра газа при нормальных условиях.

1) Так как 1 моль вещества занимает объем 22,4 л, то необходимо узнать, сколько весят 22,4 л такого газа:

$$M = (\text{плотность } \rho) \cdot (\text{молярный объем } V_m) = 2,41 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 54 \text{ г/моль}$$

2) Далее составим уравнение, связывающее молярную массу и  $n$ :

$$14 \cdot n - 2 = 54$$

$$n = 4.$$

Значит, алкин имеет формулу  $C_4H_6$ .

**Ответ:**  $C_4H_6$ .

**Пример 3.** Определить формулу предельного альдегида, если известно, что  $3 \cdot 10^{22}$  молекул этого альдегида весят 4,3 г.

### Решение примера 3.

В этой задаче дано число молекул и соответствующая масса. Исходя из этих данных, нам необходимо вновь найти величину молярной массы вещества. Для этого нужно вспомнить, какое число молекул содержится в 1 моль вещества.

Число Авогадро:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  (молекул).

Значит, можно найти количество вещества альдегида по формуле:

$$v = \frac{N}{N_A} = \frac{3 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,05 \text{ моль}$$

и молярную массу:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{4,3 \text{ г}}{0,05 \text{ моль}} = 86 \text{ г/моль}$$

Далее составляем уравнение и находим  $n$ .

Общая формула предельного альдегида  $C_nH_{2n}O$ , то есть

$$M = 14n + 16 = 86$$

$$n = 5$$

**Ответ:**  $C_5H_{10}O$ , пентаналь.

**Пример 4.** Определить формулу дихлоралкана, содержащего 31,86 % углерода.

### Решение примера 4.

Общая формула дихлоралкана:  $C_nH_{2n}Cl_2$ , содержит 2 атома хлора и  $n$  атомов углерода.

Тогда массовая доля углерода равна:

$\omega(C) = (\text{число атомов } C \text{ в молекуле}) \cdot (\text{атомная масса } C) / (\text{молекулярная масса дихлоралкана})$

$$0,3186 = \frac{n \cdot 12}{(14n + 71)}$$

$$n = 3$$



Вещество — дихлорпропан.

*Ответ:*  $C_3H_6Cl_2$ , дихлорпропан.

## 4.2. Определение формул веществ по продуктам сгорания

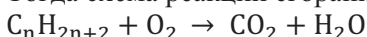
В задачах на сгорание количества веществ элементов, входящих в исследуемое вещество, определяют по объемам и массам продуктов сгорания – углекислого газа, воды, азота и других. Остальное решение – такое же, как и в первом типе задач.

**Пример 5.** 448 мл (н. у.) газообразного предельного нециклического углеводорода сожгли, и продукты реакции пропустили через избыток известковой воды, при этом образовалось 8 г осадка. Какой углеводород был взят?

Решение примера 5.

Общая формула газообразного предельного нециклического углеводорода (алкана) —  $C_nH_{2n+2}$

Тогда схема реакции сгорания выглядит так:

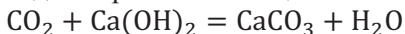


Нетрудно заметить, что при сгорании 1 моль алкана выделится  $n$  моль углекислого газа.

Количество вещества алкана находим по его объему (не забудьте перевести миллилитры в литры!):

$$v(C_nH_{2n+2}) = \frac{0,488 \text{ л}}{22,4 \text{ л}} = 0,02 \text{ моль}$$

При пропускании углекислого газа через известковую воду  $Ca(OH)_2$  выпадает осадок карбоната кальция:



Масса осадка карбоната кальция — 8 г,

молярная масса карбоната кальция 100 г/моль.

Значит, количество вещества

$$v(CaCO_3) = \frac{8 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,08 \text{ моль}$$

Количество вещества углекислого газа тоже 0,08 моль.

Количество углекислого газа в 4 раза больше, чем алкана, значит, формула алкана  $C_4H_{10}$ .

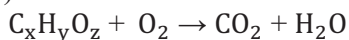
*Ответ:*  $C_4H_{10}$ .

**Пример 6.** Относительная плотность паров органического соединения по азоту равна 2. При сжигании 9,8 г этого соединения образуется 15,68 л углекислого газа (н. у.) и 12,6 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

Решение примера 6.

Так как вещество при сгорании превращается в углекислый газ и воду, значит, оно состоит из атомов С, Н и, возможно, О. Поэтому его общую формулу можно записать как  $C_xH_yO_z$ .

Схему реакции сгорания мы можем записать (без расстановки коэффициентов):



Весь углерод из исходного вещества переходит в углекислый газ, а весь водород – в воду.

Находим количества веществ  $CO_2$  и  $H_2O$ , и определяем, сколько моль атомов С и Н в них содержится:

$$v(CO_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{15,68 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,7 \text{ моль}$$

На одну молекулу  $CO_2$  приходится один атом С, значит, углерода столько же моль, сколько  $CO_2$ .

$$v(C) = 0,7 \text{ моль}$$

$$v(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{12,6 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,7 \text{ моль}$$

В одной молекуле воды содержатся два атома Н, значит, количество водорода в два раза больше, чем воды.

$$v(H) = 0,7 \text{ моль} \cdot 2 = 1,4 \text{ моль}$$

Проверяем наличие в веществе кислорода. Для этого из массы всего исходного вещества надо вычесть массы С и Н.

$$m(C) = 0,7 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 8,4 \text{ г}$$

$$m(H) = 1,4 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 1,4 \text{ г}$$

Масса всего вещества 9,8 г

$$m(O) = 9,8 - 8,4 - 1,4 = 0, \text{ т. е. в данном веществе нет атомов кислорода.}$$

Если бы кислород в данном веществе присутствовал, то по его массе можно было бы найти количество вещества и рассчитывать простейшую формулу, исходя из наличия трех разных атомов.

Дальнейшие действия вам уже знакомы: поиск простейшей и истинной формул.

$$C:H = 0,7:1,4 = 1:2$$

Простейшая формула  $CH_2$ .

Истинную молярную массу ищем по относительной плотности газа по азоту (следует учесть, что азот состоит из двухатомных молекул  $N_2$  и его молярная масса 28 г/моль):

$$M_{\text{ист.}} = D_{\text{по } N_2} \cdot M(N_2) = 2 \cdot 28 = 56 \text{ г/моль}$$

Истинная формула  $CH_2$ , ее молярная масса 14

$$\frac{56 \text{ г/моль}}{14 \text{ г/моль}} = 4$$

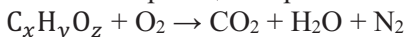
Истинная формула  $C_4H_8$

**Ответ:**  $C_4H_8$ .

**Пример 7.** Определите молекулярную формулу вещества, при сгорании 9 г которого образовалось 17,6 г  $CO_2$ , 12,6 г воды и азот. Относительная плотность этого вещества по водороду – 22,5. Определить молекулярную формулу вещества.

### Решение примера 7.

Вещество содержит атомы С, Н и N. Так как масса азота в продуктах сгорания не дана, ее надо будет рассчитывать, исходя из массы всего органического вещества. Схема реакции горения:



Находим количества веществ  $CO_2$  и  $H_2O$ , и определяем, сколько моль атомов С и Н в них содержится:

$$\nu(CO_2) = \frac{m}{M} = \frac{17,6 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$\nu(C) = 0,4 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{12,6 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,7 \text{ моль}$$

$$\nu(H) = 0,7 \text{ моль} \cdot 2 = 1,4 \text{ моль}$$

Находим массу азота в исходном веществе. Для этого из массы всего исходного вещества надо вычесть массы С и Н.

$$m(C) = 0,4 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 4,8 \text{ г}$$

$$m(H) = 1,4 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 1,4 \text{ г}$$

Масса всего вещества 9,8 г

$$m(N) = 9 \text{ г} - 4,8 \text{ г} - 1,4 \text{ г} = 2,8 \text{ г}$$

$$\nu(N) = \frac{m}{M} = \frac{2,8 \text{ г}}{14 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$C:H:N = 0,4:1,4:0,2 = 2:7:1$$

Простейшая формула —  $C_2H_7N$

Истинная молярная масса

$$M = D \text{ по } H_2 \cdot M_{(H_2)} = 22,5 \cdot 2 \text{ г/моль} = 45 \text{ г/моль}$$

Она совпадает с молярной массой, рассчитанной для простейшей формулы. То есть это и есть истинная формула вещества.

**Ответ:**  $C_2H_7N$ .

**Пример 8.** Вещество содержит С, Н, О и S. При сгорании 11 г его выделилось 8,8 г  $CO_2$ , 5,4 г  $H_2O$ , а сера была полностью переведена в сульфат бария, масса которого оказалась равна 23,3 г. Определить формулу вещества.

### Решение примера 8.

Формулу заданного вещества можно представить как  $C_xH_yS_zO_k$ . При его сжигании получается углекислый газ, вода и сернистый газ, который затем превращают в сульфат бария. Соответственно, вся сера из исходного вещества превращена в сульфат бария.

Находим количества веществ углекислого газа, воды и сульфата бария и соответствующих химических элементов из исследуемого вещества:

$$\nu(CO_2) = \frac{m}{M} = \frac{8,8 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(C) = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{5,4 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu(H) = 0,6 \text{ моль}$$

$$v(\text{BaSO}_4) = \frac{23,3\text{ г}}{233\text{ г/моль}} = 0,1\text{ моль}$$

$$v(\text{S}) = 0,1\text{ моль}$$

Рассчитываем предполагаемую массу кислорода в исходном веществе:

$$m(\text{C}) = 0,2\text{ моль} \cdot 12\text{ г/моль} = 2,4\text{ г}$$

$$m(\text{H}) = 0,6\text{ моль} \cdot 1\text{ г/моль} = 0,6\text{ г}$$

$$m(\text{S}) = 0,1\text{ моль} \cdot 32\text{ г/моль} = 3,2\text{ г}$$

$$m(\text{O}) = m_{\text{в-ва}} - m(\text{C}) - m(\text{H}) - m(\text{S}) = 11\text{ г} - 2,4\text{ г} - 0,6\text{ г} - 3,2\text{ г} = 4,8\text{ г}$$

$$v(\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{4,8\text{ г}}{16\text{ г/моль}} = 0,3\text{ моль}$$

Находим молярное соотношение элементов в веществе:

$$\text{C:H:S:O} = 0,2:0,6:0,1:0,3 = 2:6:1:3$$

Формула вещества  $\text{C}_2\text{H}_6\text{SO}_3$ .

Надо отметить, что таким образом мы получили только простейшую формулу. Однако полученная формула является истинной, поскольку при попытке удвоения этой формулы ( $\text{C}_4\text{H}_{12}\text{S}_2\text{O}_6$ ) получается, что на 4 атома углерода, помимо серы и кислорода, приходится 12 атомов H, а это невозможно.

**Ответ:**  $\text{C}_2\text{H}_6\text{SO}_3$ .

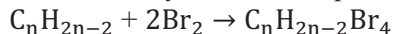
### 4.3. Определение формул веществ по химическим свойствам

**Пример 9.** Определить формулу алкадиена, если 3,4 г его могут обесцветить 80 г 2%-го раствора брома.

Решение примера 9.

Общая формула алкадиенов —  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .

Запишем уравнение реакции присоединения брома к алкадиену, не забывая, что в молекуле диена две двойные связи и, соответственно, в реакцию с 1 моль диена вступят 2 моль брома:

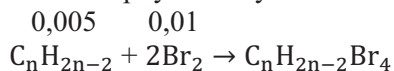


Т. к. в задаче даны масса и процентная концентрация раствора брома, прореагировавшего с диеном, можно рассчитать количества вещества прореагировавшего брома:

$$m(\text{Br}_2) = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega = 80\text{ г} \cdot 0,02 = 1,6\text{ г}$$

$$v(\text{Br}_2) = \frac{m}{M} = \frac{1,6\text{ г}}{160\text{ г/моль}} = 0,01\text{ моль}$$

Т. к. количество брома, вступившего в реакцию, в 2 раза больше, чем алкадиена, можно найти количество диена и, поскольку известна его масса, можно найти его молярную массу:



$$M_{\text{диена}} = \frac{m}{v} = \frac{3,4\text{ г}}{0,005\text{ моль}} = 68\text{ г/моль}$$

Находим формулу алкадиена по его общей формуле, выражая молярную массу через n:

$$14n - 2 = 68$$

$$n = 5$$

Это пентадиен  $C_5H_8$ .

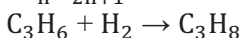
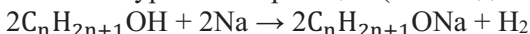
**Ответ:**  $C_5H_8$ .

**Пример 10.** При взаимодействии 0,74 г предельного одноатомного спирта с металлическим натрием выделился водород в количестве, достаточном для гидрирования 112 мл пропена (н. у.). Что это за спирт?

Решение примера 10.

Формула предельного одноатомного спирта —  $C_nH_{2n+1}OH$ . Здесь удобно записывать спирт в такой форме, в которой легко составить уравнение реакции — т. е. с выделенной отдельно группой  $OH$ .

Составим уравнения реакций (необходимо уравнивать реакции):



Можно найти количество пропена, а по нему — количество водорода. Зная количество водорода, по реакции находим количество вещества спирта:

$$v(C_3H_6) = \frac{V}{V_m} = \frac{0,112 \text{ л}}{22,4 \text{ моль/л}} = 0,005 \text{ моль}$$

$$v(H_2) = 0,005 \text{ моль},$$

$$v_{\text{спирта}} = 0,005 \cdot 2 = 0,01 \text{ моль}$$

Находим молярную массу спирта и  $n$ :

$$M_{\text{спирта}} = \frac{m}{v} = \frac{0,74 \text{ г}}{0,01 \text{ моль}} = 74 \text{ г/моль}$$

$$14n + 18 = 74$$

$$14n = 56$$

$$n = 4$$

Спирт — бутанол  $C_4H_9OH$ .

**Ответ:**  $C_4H_9OH$ .

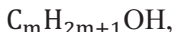
**Пример 11.** Определить формулу сложного эфира, при гидролизе 2,64 г которого выделяется 1,38 г спирта и 1,8 г одноосновной карбоновой кислоты.

Решение примера 11.

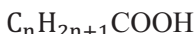
Общую формулу сложного эфира, состоящего из спирта и кислоты с разным числом атомов углерода, можно представить в таком виде:



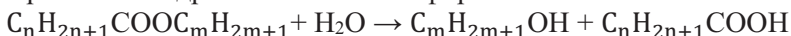
Соответственно, спирт будет иметь формулу



а кислота



Уравнение гидролиза сложного эфира:



Согласно закону сохранения массы веществ, сумма масс исходных веществ и сумма масс продуктов реакции равны.

Поэтому из данных задачи можно найти массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = (\text{масса кислоты}) + (\text{масса спирта}) - (\text{масса эфира}) = 1,38 \text{ г} + 1,8 \text{ г} - 2,64 \text{ г} = 0,54 \text{ г}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{0,54 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,03 \text{ моль}$$

Соответственно, количества веществ кислоты и спирта тоже равны моль.

Можно найти их молярные массы:

$$M_{(\text{кислоты})} = \frac{m}{v} = \frac{1,8 \text{ г}}{0,03 \text{ моль}} = 60 \text{ г/моль},$$

$$M_{(\text{спирта})} = \frac{m}{v} = \frac{1,38 \text{ г}}{0,03 \text{ моль}} = 46 \text{ г/моль}$$

Получим два уравнения, из которых найдем  $n$  и  $p$ :

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 14n + 46 = 60,$$

$n = 1$  — уксусная кислота

$$M(\text{C}_m\text{H}_{2m+1}\text{OH}) = 14m + 18 = 46,$$

$m = 2$  — этанол.

Таким образом, искомый эфир — это этиловый эфир уксусной кислоты, этилацетат.

**Ответ:**  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ .

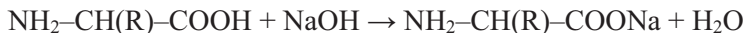
**Пример 12.** Определить формулу аминокислоты, если при действии на 8,9 г ее избытком гидроксида натрия можно получить 11,1 г натриевой соли этой кислоты.

Решение примера 12.

Общая формула аминокислоты (если считать, что она не содержит никаких других функциональных групп, кроме одной аминогруппы и одной карбоксильной):  $\text{NH}_2\text{-CH(R)-COOH}$ .

Можно было бы записать ее разными способами, но для удобства написания уравнения реакции лучше выделять в формуле аминокислоты функциональные группы отдельно.

Можно составить уравнение реакции этой аминокислоты с гидроксидом натрия:



Количества веществ аминокислоты и ее натриевой соли — равны. При этом мы не можем найти массу какого-либо из веществ в уравнении реакции. Поэтому в таких задачах надо выразить количества веществ аминокислоты и ее соли через молярные массы и приравнять их:

$$M(\text{аминокислоты } \text{NH}_2\text{-CH(R)-COOH}) = 74 + MR$$

$$M(\text{соли } \text{NH}_2\text{-CH(R)-COONa}) = 96 + MR$$

$$V_{(\text{аминокислоты})} = \frac{8,9 \text{ г}}{(74 + MR)}$$

$$V_{(\text{соли})} = \frac{11,1 \text{ г}}{(96 + MR)}$$

$$\frac{8,9 \text{ г}}{(74 + MR)} = \frac{11,1 \text{ г}}{(96 + MR)}$$

$$MR = 15$$

Легко увидеть, что  $R = \text{CH}_3$ .

Можно это сделать математически, если принять, что



$$14n + 1 = 15$$

$$n = 1$$

Это аланин — аминпропановая кислота.

**Ответ:**  $\text{NH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$ .

#### 4.4. Задачи на выход продукта реакции

Схемы расчетов по химическим уравнениям основываются на законе сохранения массы веществ и справедливы, если в реакцию вступают абсолютно чистые вещества и их взаимодействие протекает без потерь. Однако на практике продуктов реакции всегда образуется меньше, чем должно было получиться в соответствии с расчетами. Поэтому одна из важнейших характеристик химико-технологического процесса — практический выход продукта реакции  $h$ :

$$h = (m_{\text{практ.}} (V_{\text{практ.}}; n_{\text{практ.}}) : m_{\text{теор.}} (V_{\text{теор.}}; n_{\text{теор.}})) \cdot 100\%,$$

где  $m_{\text{практ.}} (V_{\text{практ.}}; n_{\text{практ.}})$  — масса, объем или количество вещества-продукта, получившегося практически;

$m_{\text{теор.}} (V_{\text{теор.}}; n_{\text{теор.}})$  — масса, объем или количество вещества-продукта, рассчитанное теоретически (по уравнению реакции).

**Пример 13.** В лабораторной установке из 120 л ацетилен (н. у.) получили 60 г бензола. Найдите практический выход бензола.

Решение примера 13.



$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_2)}{V_m} = \frac{120 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 5,35 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_6)_{\text{теор.}} = 1/3 \cdot n(\text{C}_2\text{H}_2) = 1/3 \cdot 5,35 \text{ моль} = 1,785 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_6)_{\text{практ.}} = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_6)}{M(\text{C}_6\text{H}_6)} = \frac{60 \text{ г}}{78 \text{ г/моль}} = 0,77 \text{ моль}$$

$$h = (n_{\text{практ.}} : n_{\text{теор.}}) \cdot 100\% = \frac{0,77 \text{ моль}}{1,785 \text{ моль}} \cdot 100\% = 43\%$$

**Ответ:** 43%.

#### 4.5. Реакции, в которых один из реагентов взят в избытке

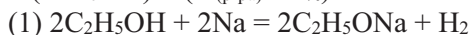
**Пример 14.** Какой объем водорода (н. у.) получится при взаимодействии 2 моль металлического натрия с 96%-ным (по массе) раствором этанола в воде ( $V = 100$  мл, плотность  $d = 0,8$  г/мл).

Решение примера 14.

В условии задачи даны количества обоих реагентов — это верный признак того, что какой-нибудь из них находится в избытке. Найдем массу этанола, введенного в реакцию:

$$m_{(p-ра)} = V \cdot d = 100 \text{ мл} \cdot 0,8 \text{ г/мл} = 80 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = (m_{(p-ра)} \cdot w\%) : 100\% = 80 \text{ г} \cdot 0,96 = 76,8 \text{ г}$$



на 2 моль этанола — 2 моль натрия — 1 моль водорода.

Найдем заданное количество этанола в моль:

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) / M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 76,84 \text{ г} : 46 \text{ г/моль} = 1,67 \text{ моль}$$

Поскольку заданное количество натрия составляло 2 моль, натрий в нашей задаче присутствует в избытке. Поэтому объем выделенного водорода будет определяться количеством этанола:

$$n_1(\text{H}_2) = 1/2 n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1/2 \cdot 1,67 \text{ моль} = 0,835 \text{ моль}$$

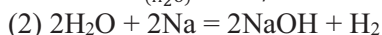
$$V_1(\text{H}_2) = n_1(\text{H}_2) \cdot V_m = 0,835 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 18,7 \text{ л}$$

Вода, содержащаяся в растворе спирта, тоже реагирует с натрием с выделением водорода.

Найдем массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = (m_{(p-ра)} \cdot w\%) : 100\% = 80 \text{ г} \cdot 0,04 = 3,2 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{3,2 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,178 \text{ моль}$$



на 2 моль воды — 2 моль натрия — 1 моль водорода.

Количество натрия, оставшееся неизрасходованным после реакции с этанолом, составит:

$$n(\text{Na, остаток}) = 2 \text{ моль} - 1,67 \text{ моль} = 0,33 \text{ моль}$$

Таким образом, и по сравнению с заданным количеством воды (0,178 моль) натрий все равно оказывается в избытке.

Найдем количество и объем водорода, выделившегося по реакции (2):

$$n_2(\text{H}_2) = 1/2 n(\text{H}_2\text{O}) = 1/2 \cdot 0,178 \text{ моль} = 0,089 \text{ моль}$$

$$V_2(\text{H}_2) = n_2(\text{H}_2) \cdot V_m = 0,089 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1,99 \text{ л}$$

Общий объем водорода:

$$V(\text{H}_2) = V_1(\text{H}_2) + V_2(\text{H}_2) = 18,7 \text{ л} + 1,99 \text{ л} = 20,69 \text{ л}$$

**Ответ:**  $V(\text{H}_2) = 20,69 \text{ л}$ .

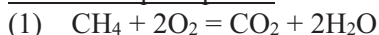
## 4.6. Реакции, протекающие в газовой фазе

При проведении расчетов по уравнениям таких реакций необходимо помнить, что количественные соотношения реагирующих веществ имеют одну особенность, вытекающую из закона Авогадро, а именно:

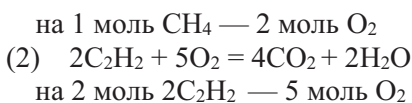
Для реакций, протекающих между газообразными веществами, отношение объемов реагирующих веществ и продуктов реакции равно отношению соответствующих коэффициентов уравнения реакции.

**Пример 15.** Какой объем воздуха (н. у.) потребуется для сжигания смеси, состоящей из 5 л метана и 15 л ацетилена?

Решение примера 15.







Объем кислорода, который пойдет на сжигание заданного объема метана  $V_1(\text{O}_2)$  и ацетиленов  $V_2(\text{O}_2)$ , составит:

$$V_1(\text{O}_2) = 2V(\text{CH}_4) = 2 \cdot 5 \text{ л} = 10 \text{ л}$$

$$V_2(\text{O}_2) = 5/2 V(\text{C}_2\text{H}_2) = 5/2 \cdot 15 \text{ л} = 37,5 \text{ л}$$

$$V(\text{O}_2) = V_1(\text{O}_2) + V_2(\text{O}_2) = 10 \text{ л} + 37,5 \text{ л} = 47,5 \text{ л}$$

Отсюда рассчитаем объем воздуха на сжигание (содержание кислорода в воздухе принимаем равным 21% по объему):

$$V(\text{воздуха}) = V(\text{O}_2) : 0,21 = 47,5 \text{ л} : 0,21 = 226 \text{ л}$$

**Ответ:**  $V(\text{воздуха}) = 226 \text{ л}$ .

#### 4.7. Параллельные реакции

Когда в реакционном сосуде протекают одновременно несколько реакций, надо применять следующий алгоритм решения задачи:

- Обозначить количество реагентов или продуктов реакций (в моль) неизвестными величинами  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и т. д.
- Выразить через введенные неизвестные  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и т. д. те величины, которые даны в условии задачи. В результате получится система уравнений с несколькими неизвестными.
- Решить полученную систему уравнений любым способом.
- Рассчитать массу или объем реагентов или продуктов реакции.

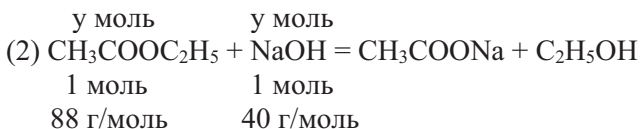
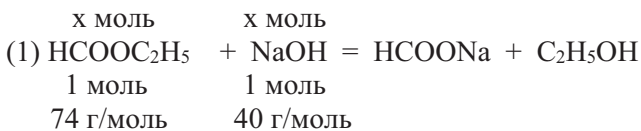
**Пример 16.** На гидролиз смеси этиловых эфиров уксусной и муравьиной кислот массой 7,22 г было израсходовано 33,3 мл 10%-го раствора гидроксида натрия ( $d = 1,08 \text{ г/мл}$ ). Вычислите массовые доли эфиров в смеси.

##### Решение примера 16.

Сначала найдем количество гидроксида натрия:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{(m(p-pa) \cdot w)}{M(\text{NaOH})} = \frac{(V(p-pa) \cdot d \cdot w)}{M(\text{NaOH})} = \frac{(33,3 \text{ мл} \cdot 1,08 \text{ г/мл} \cdot 0,1)}{40 \text{ г/моль}} =$$

0,09 моль



Введем обозначения:

$$n(\text{HCOOC}_2\text{H}_5) = x \text{ моль},$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = y \text{ моль}$$

Тогда для NaOH в реакциях (1) и (2) будут участвовать:

$$n_1(\text{NaOH}) = x \text{ моль и } n_2(\text{NaOH}) = y \text{ моль}$$

$$\text{или суммарно: } n(\text{NaOH}) = (x + y) \text{ моль}$$

Масса смеси исходных эфиров, участвовавших в реакции, равная 7,22 г, будет складываться из  $m(\text{HCOOC}_2\text{H}_5)$  и  $m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5)$ :

$$m(\text{HCOOC}_2\text{H}_5) = n(\text{HCOOC}_2\text{H}_5) \cdot M(\text{HCOOC}_2\text{H}_5) = x \text{ моль} \cdot 74 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) \cdot M(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = y \text{ моль} \cdot 88 \text{ г/моль}$$

Составим, а затем решим систему уравнений:

$$74x + 88y = 7,22$$

$$x + y = 0,09$$

$$x = 0,05 \text{ моль; } y = 0,04 \text{ моль}$$

Отсюда рассчитаем сначала массу каждого из эфиров, а затем их содержание в смеси (массовую долю  $w_1$  и  $w_2$ ):

$$m(\text{HCOOC}_2\text{H}_5) = n \cdot M = 0,05 \text{ моль} \cdot 74 \text{ г/моль} = 3,7 \text{ г}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = n \cdot M = 0,04 \text{ моль} \cdot 88 \text{ г/моль} = 3,52 \text{ г}$$

$$w_1 = m(\text{HCOOC}_2\text{H}_5) : m(\text{смеси}) = 3,7 : 7,22 = 0,512 \text{ (51,2\%)}$$

$$w_2 = m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) : m(\text{смеси}) = 3,52 : 7,22 = 0,488 \text{ (48,8\%)}$$

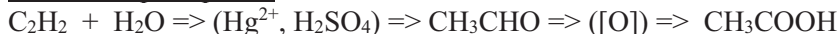
$$\text{Ответ: } w_1 = 0,512 \text{ (51,2\%); } w_2 = 0,488 \text{ (48,8\%).}$$

#### 4.8. Последовательные реакции

Если в задаче имеется цепь последовательных химических превращений веществ, выполнять вычисления по каждой реакции не надо. Следует только составить все уравнения и по соотношению соответствующих коэффициентов в уравнениях определить количество исходного реагента и конечного продукта (в моль).

**Пример 17.** Вычислите массу уксусной кислоты, которую можно получить из 44,8 л (н. у.) ацетилен, если потери на каждой стадии получения составляют в среднем 20%.

Решение примера 17.



$$1 \text{ моль} \Rightarrow 1 \text{ моль} \Rightarrow 1 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{теор.}} = n(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_2)}{V_m} = \frac{44,8 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{практ.}} = n(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{теор.}} \cdot h_1 \cdot h_2 = 2 \text{ моль} \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 1,28 \text{ моль}$$

$$\text{Масса уксусной кислоты с учетом всех потерь составит: } m(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{практ.}} \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,28 \text{ моль} \cdot 60 \text{ г/моль} = 76,8 \text{ г}$$

$$\text{Ответ: } (\text{CH}_3\text{COOH}) = 76,8 \text{ г.}$$

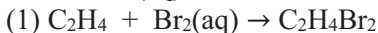
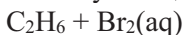
**Пример 18.** Смесь этана и этилена объемом 3 л пропустили через поглощающую склянку, содержащую 200 мл 3%-ной бромной воды ( $d = 1,02 \text{ г/мл}$ ). При этом образовалось 4,7 г дибромэтана. Рассчитайте состав смеси углеводородов в объемных процентах.

### Решение примера 18.

Начнем с анализа химической сущности задачи.

С бромной водой реагируют углеводороды, содержащие кратные связи.

Предельные углеводороды в этих условиях в реакцию не вступают:



1 моль – 1 моль – 1 моль

Количество брома, израсходованного в реакции (1), рассчитывается следующим образом:

$$n(\text{Br}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2)}{M(\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2)} = 4,7 \text{ г} : 188 \text{ г/моль} = 0,025 \text{ моль}$$

Общее количество брома в исходной бромной воде (по условию задачи) таково:

$$n(\text{Br}_2) = \frac{m(\text{Br}_2)}{M(\text{Br}_2)} = (V \cdot d \cdot w) : M(\text{Br}_2) = (200 \text{ мл} \cdot 1,02 \text{ г/мл} \cdot 0,03) : 160 \text{ г/моль} = 0,038 \text{ моль}$$

Поскольку  $0,038 \text{ моль} > 0,025 \text{ моль}$ , бром в поглотительной склянке взят в избытке. Следовательно, весь этилен вступил в реакцию (1).

Рассчитаем количество этилена, а затем его объем:

$$n(\text{C}_2\text{H}_4) = n(\text{Br}_2) = 0,025 \text{ моль}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = n(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot V_m = 0,025 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л} = 0,56 \text{ л}$$

Отсюда объемные доли этана и этилена  $v_1$  и  $v_2$  будут равны:

$$v_2 = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_4)}{V(\text{смеси})} \cdot 100\% = \left( \frac{0,56 \text{ л}}{3 \text{ л}} \right) \cdot 100\% = 18,67\%$$

$$v_1 = 100\% - 18,67\% = 81,33\%$$

**Ответ:**  $v_1(\text{C}_2\text{H}_6) = 81,33\%$ ;  $v_2(\text{C}_2\text{H}_4) = 18,67\%$ .

## **4.9. Расчеты по химическим уравнениям реакций, если одно из реагирующих веществ дано в избытке**

**Пример 19.** Какой объем метана можно получить при взаимодействии 5,6 л угарного газа и 8,4 л водорода (н. у.)?

Дано:

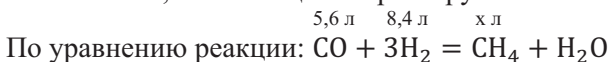
$$V(\text{CO}) — 5,6 \text{ л}$$

$$V(\text{H}_2) — 8,4 \text{ л}$$

$$V(\text{CH}_4) — ?$$

### Решение примера 19.

1. Выясняем, какое вещество реагирует полностью.



1 моль    3 моль

1 л        3 л

5,6 л    8,4 л

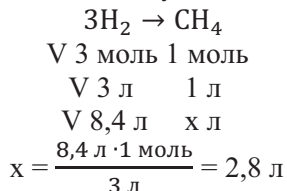
Следовательно:  $V(\text{CO}):V(\text{H}_2) = 1:3$ .

Соотношение объемов газов, данных в условиях задачи:

$V(\text{CO}):V(\text{H}_2) = 5,6 \text{ л}:8,4 \text{ л} = 2:3:3$

Сравнивая соотношения исходных объемов газов, вычисленных по уравнению реакции и тех, что даны в условиях задачи, устанавливаем, что угарный газ (1 моль) взят в избытке. Расчет проводим исходя из вычисленного объема водорода, который реагирует полностью.

2. Рассчитываем объем полученного  $\text{CH}_4$ . По уравнению реакции:



**Ответ:** 2,8 л метана.

**Пример 20.** Вычислите массу 1,2-дихлорэтана, полученного при взаимодействии 112 л этилена и 28 л хлора (н. у).

Дано:

$V(\text{C}_2\text{H}_4) — 112 \text{ л}$

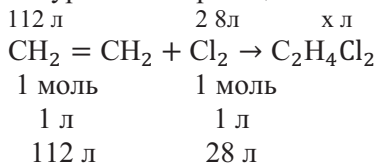
$V(\text{Cl}_2) — 28 \text{ л}$

$m(\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2) — ?$

Решение примера 20.

1) Выясняем, какое вещество реагирует полностью.

По уравнению реакции:

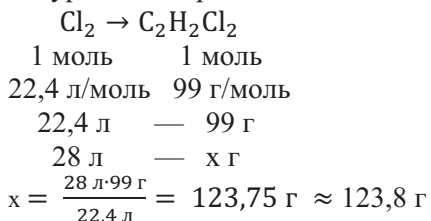


Следовательно:  $V(\text{C}_2\text{H}_4):V(\text{Cl}_2) = 1:1$

Соотношение объемов газов этилена и хлора, вычисленных по уравнению химической реакции и предложенных в условиях задачи показывает, что в избытке 3 моль этилена. Расчет производим исходя из объема хлора, который реагирует полностью.

2. Определяем массу 1,2-дихлорэтана.

По уравнению реакции:



**Ответ:** 123,8 г  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ .

**Пример 21.** Вычислите массу соли, полученной при реакции нейтрализации, если взять растворы, в одном из которых содержится 120 г гидроксида натрия, в другом — 120 г  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (решение с краткими пояснениями).

Дано:

$m(\text{NaOH})$  — 120 г

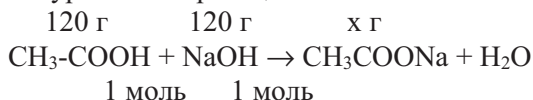
$m(\text{CH}_3\text{COOH})$  — 120 г

$m(\text{соли})$  — ?

Решение примера 21.

1. Выясняем, какое вещество прореагирует полностью

По уравнению реакции:



соотношение молей реагирующих веществ по уравнению реакции равно 1:1

60 г/моль    40 г/моль

60 г        40 г

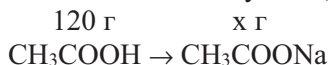
120 г       120 г

Соотношение молей реагирующих веществ по условию задачи:

$$\frac{120 \text{ г}}{60 \text{ г/моль}} : \frac{120 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 2:3 = 1:1,5$$

Полностью реагирует уксусная кислота, 0,5 моль щелочи в избытке.

2. Вычисляем массу соли, полученной в реакции



По уравнению реакции:

60 г        82 г

120 г        x г

$$x = \frac{120 \text{ г} \cdot 82 \text{ г}}{60 \text{ г}} = 164 \text{ г}$$

**Ответ:** 164 г  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .

#### 4.10. Определение массы (объема) продукта реакции по известной массе (объему) исходного вещества, содержащего примеси

**Пример 22.** Задача прямая. Какой объем ацетилена (н. у.) может быть получен при взаимодействии воды с 1 кг технического карбида кальция, массовая доля примесей в котором 20%?

Дано:

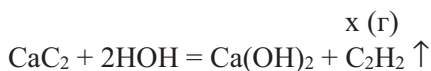
$m(\text{тех. CaC}_2)$  — 1 кг

$\omega(\text{примесей}) = 20\%$

$V(\text{C}_2\text{H}_2)$  — ?

Решение примера 22.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Определяем массовую долю и массу чистого карбида кальция

$$100\% - 20\% = 80\% \text{ или } 0,8$$

$\omega = \frac{m'}{m}$ , где  $m'$  — масса компонента системы, в данной задаче это масса

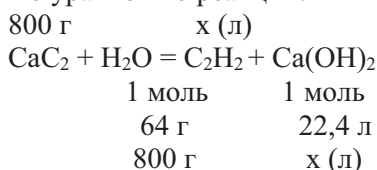
чистого  $\text{CaC}_2$

$m$  — масса всей системы, в данной задаче это масса техн.  $\text{CaC}_2$

Откуда  $m'(\text{CaC}_2) = w \cdot m$ ;  $m'(\text{CaC}_2) = 1000 \text{ г} \cdot 0,8 = 800 \text{ г}$

3. Вычисляем объем полученного в реакции  $\text{C}_2\text{H}_2$  (н. у.)

По уравнению реакции:



$$x = \frac{800 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л}}{64 \text{ г}} = 280 \text{ л } \text{C}_2\text{H}_2$$

**Ответ:** 280 л ацетилен.

**Пример 23.** Задача обратная. Определите массовую долю примесей в образце  $\text{CaC}_2$ , если из 200 г его получили 56 л  $\text{C}_2\text{H}_2$  (н. у.)

Дано:

$m(\text{CaC}_2)$  — 200 г

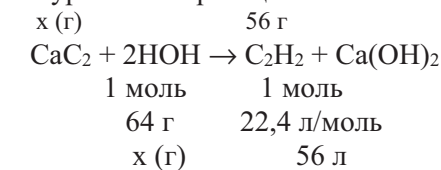
$V(\text{C}_2\text{H}_2)$  — 56 л

$\omega(\text{примесей})$  — ?

Решение примера 23.

1. Рассчитываем массу чистого  $\text{CaC}_2$ , необходимого для получения 56 л  $\text{C}_2\text{H}_2$ .

По уравнению реакции:



$$x = \frac{64 \text{ г} \cdot 56 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 160 \text{ г } \text{CaC}_2$$

2. Определяем массовую долю чистого  $\text{CaC}_2$  в образце  $\text{CaC}_2$ , содержащего примеси

$$\omega = \frac{m'}{m}$$

где

$m'$  — масса чистого  $\text{CaC}_2$

$m$  — масса образца  $\text{CaC}_2$  с примесями

$$\omega(\text{CaC}_2) = \frac{160 \text{ г}}{200 \text{ г}} = 0,8 \text{ или } 80\%$$

3. Определяем массовую долю примесей в использованном для реакции образце  $\text{CaC}_2$ :

$$\omega(\text{примесей}) = 100\% - 80\% = 20\% \text{ или } 1 - 0,8 = 0,2$$

**Ответ:**  $\omega(\text{примесей})$  в образце  $\text{CaC}_2$  0,2 или 20%.

#### 4.11. Расчеты по термохимическим уравнениям реакций

**Пример 24.** Задача прямая. Составьте термохимическое уравнение реакции, если известно, что при сгорании метана объемом 105 л (н. у.) выделилось 4187 кДж теплоты.

Дано:

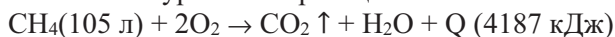
$$V(\text{CH}_4) \text{ — } 105 \text{ л}$$

$$Q \text{ — } 4187 \text{ кДж}$$

Термохим. уравн. — ?

Решение примера 24.

Составляем уравнение реакции:



$$\begin{array}{r} 1 \text{ моль} \\ 22,4 \text{ л/моль} \\ 105 \text{ л} \end{array} \qquad \begin{array}{r} Q \\ x \text{ кДж} \\ 4187 \text{ кДж} \end{array}$$

$$x = \frac{22,4 \text{ л/моль} \cdot 4187 \text{ кДж}}{105 \text{ л}} = 893,2 \text{ кДж} \approx 893 \text{ кДж}$$

**Ответ:**  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 893 \text{ кДж}$

**Пример 25.** Задача обратная. Определите количество теплоты по термохимическому уравнению реакции, если известно, что сгорело 0,5 моль  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

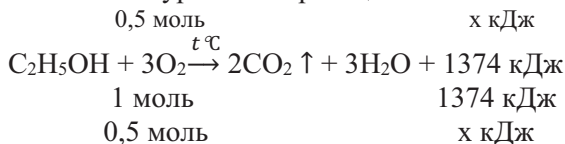
Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \text{ — } 0,5 \text{ моль}$$

$$Q \text{ — } ?$$

Решение примера 25.

Составляем уравнение реакции:



$$x = \frac{0,5 \text{ моль} \cdot 1374 \text{ кДж}}{1 \text{ моль}} = 687 \text{ кДж}$$

**Ответ:** 687 кДж.

**Пример 26.** Рассчитать по нижеприведенному термохимическому уравнению реакции объем сгоревшего природного газа  $\text{CH}_4$  (н. у.), если при этом выделилось 1786 кДж теплоты.  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 893 \text{ кДж}$

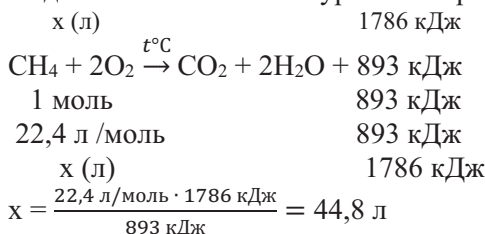
Дано:

Q — 1786 кДж

V(CH<sub>4</sub>) — ?

Решение примера 26.

Подставляем значения в уравнение реакции и производим расчеты:



**Ответ:** 44,8 л метана.

**Пример 27.** Составьте термохимическое уравнение реакции получения метанола из синтез-газа, если известно, что расходуется 2,8 кг СО и выделяется 10 900 кДж теплоты. Вычислите массу израсходованного синтез-газа.

Дано:

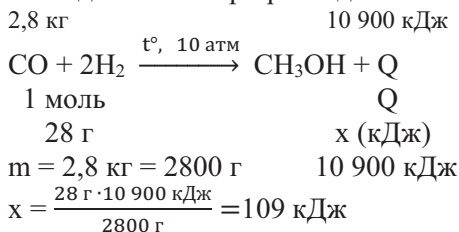
m(CO) — 2,8 кг

Q — 10 900 кДж

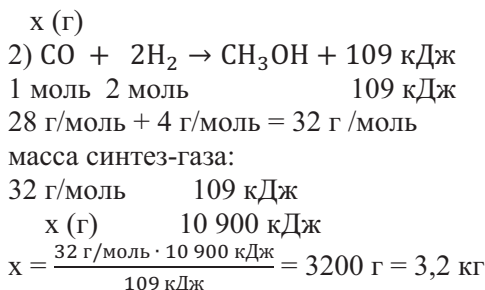
M(CO) израсход. — ?

Решение примера 27.

1. По уравнению реакции, с помощью пропорции определяем количество теплоты выделенного при расходе 1 моль СО:



2. По уравнению реакции, с помощью пропорции определяем количество израсходованного синтез-газа:



**Ответ:** CO + 2H<sub>2</sub> = CH<sub>3</sub>OH + 109 кДж, масса израсходованного синтез-газа 3,2 кг.



**Пример 28.** При сжигании 1 моль ацетилен выделяется 1350 кДж теплоты. Какое количество теплоты выделится при сжигании 1 м<sup>3</sup> ацетилен (н. у.)?

Дано:

$V(\text{C}_2\text{H}_2) - 1$  моль

$Q - 1350$  кДж

$Q - ?$

Решение примера 28.

Составляем уравнение реакции, подставляем значения и с помощью пропорции вычисляем:

1 м <sup>3</sup> или 1000 л	x кДж
$\text{C}_2\text{H}_2 + 2\frac{1}{2} \text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 1350$ кДж	
1 моль	1350 кДж
22,4 л	1350 кДж
1000 л	x кДж

$$x = \frac{(1000 \text{ л} \cdot 1350 \text{ кДж})}{22,4 \text{ л/моль}} = 60\,268 \text{ кДж}$$

**Ответ:**  $Q = 60\,268$  кДж.

#### 4.12. Определение массовой (объемной) доли выхода продукта реакции от теоретически возможного

Вычисление массовой (объемной) доли выхода реакции производят по следующим формулам:

$$1. \eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}}, \text{ где}$$

$\eta$  — массовая доля выхода продукта реакции

$m_{\text{теор.}}$  — масса вещества, вычисленная по соответствующему уравнению реакции

$m_{\text{практ.}}$  — масса вещества, вычисленная с учетом потерь производства.

$$2. \varphi = \frac{V_{\text{практ.}}}{V_{\text{теор.}}}, \text{ где}$$

$\varphi$  — объемная доля выхода продукта реакции

$V_{\text{теор.}}$  — объем вещества, вычисленный по соответствующему уравнению реакции

$V_{\text{практ.}}$  — объем вещества, вычисленный с учетом потерь производства.

Теоретический и практический выход вещества выражают в единицах массы или объема. Массовая (объемная) доля выхода вещества может быть выражена в процентах или в долях единицы.

Всегда  $m_{(\text{теор.})} > m_{(\text{практ.})}$  и  $V_{(\text{теор.})} > V_{(\text{практ.})}$ .

**Пример 29.** Задача прямая. При реакции полимеризации 56 л ацетилен (н. у.) получили 50 г бензола. Вычислите массовую долю выхода продукта реакции от теоретически возможного.

Дано:

$V(C_2H_2)$  — 56 л

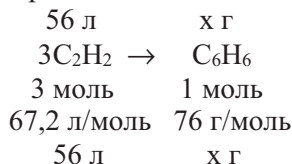
$m(C_6H_6)$  — 50 г

$\eta$ (прод. реакц.) — ?

Решение примера 29.

1. Определяем теоретический выход бензола или массу бензола, который можно получить из 56 л  $C_2H_2$  (н. у.)

По уравнению реакции:



$$x = \frac{56 \text{ л} \cdot 76 \text{ г/моль}}{67,2 \text{ л/моль}} = 65 \text{ г бензола может быть получено теоретически.}$$

2. Определяем массовую долю выхода бензола от теоретически возможного.

$$\eta = \frac{m_{\text{прак.}}}{m_{\text{теор.}}}$$

$$\text{Откуда } \eta(\text{бензола}) = \frac{60 \text{ г}}{65 \text{ г}} = 0,923 \text{ или } 92,3\%$$

**Ответ:** массовая доля бензола составляет 0,923 или 92,3%.

**Пример 30.** Задача обратная. Ацетилен получают пиролизом  $CH_4$ , составляющего основу природного газа. Рассчитать объем ацетилена, полученного из 2800 м<sup>3</sup> метана. Объемная доля выхода ацетилена от теоретически возможного составляет 8,8% (0,088)

Дано:

$V(CH_4)$  — 2800 м<sup>3</sup>

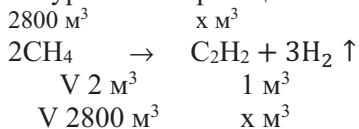
$\varphi(C_2H_2)$  — 8,8% (0,088)

$V(C_2H_2)$  — ?

Решение примера 30.

1. Составляем уравнение реакции и определяем теоретический выход  $C_2H_2$

По уравнению реакции:



$$x = \frac{(2800 \text{ м}^3 \cdot 1 \text{ м}^3)}{2 \text{ м}^3} = 1400 \text{ м}^3$$

$x = 1400 \text{ м}^3$  — теоретический выход ацетилена.

2. Вычисляем объемную долю выхода  $C_2H_2$ :

$$\varphi = \frac{V_{\text{прак.}}}{V_{\text{теор.}}}, \text{ откуда } V_{(\text{практ.})} = V_{(\text{теор.})} \cdot \varphi, \text{ тогда}$$

$$\varphi(C_2H_2) = 0,088 \cdot 1400 \text{ м}^3 = 123,2 \text{ м}^3$$

**Ответ:** практический выход  $C_2H_2 = 123,2 \text{ м}^3$ .

### 4.13. Определение формулы газообразного вещества

Определение формулы газообразного вещества возможно на основании данных о его плотности, относительной плотности по водороду или воздуху и массовой доли элементов, а также по массе, объему или количеству вещества продуктов его сгорания.

**Пример 31.** Определите формулу газообразного вещества,  
 $\omega(\text{C}) = 27,27\%$ ;  $\omega(\text{O}) = 72,73\%$ ;  $M_r(\Phi) = 44$ .

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 27,27\% \text{ или } 0,2727$$

$$\omega(\text{O}) = 72,73\% \text{ или } 0,7273$$

$$M_r(\Phi) = 44$$

Формула вещества — ?

Решение примера 31.

Для решения примера используем нижеприведенную формулу

$$1. \omega = \frac{A_r \cdot \nu}{M_r}, \text{ откуда } \nu = \frac{\omega \cdot M_r}{A_r}, \text{ где}$$

$\omega$  — массовая доля

$A_r$  — относительная атомная масса

$M_r$  — относительная молекулярная масса

$\nu$  — количество вещества.

2. Определяем количество вещества: а) углерода; б) кислорода

$$\text{а) } \nu(\text{C}) = \frac{0,2727 \cdot 44}{12} = 1 \text{ моль}$$

$$\text{б) } \nu(\text{O}) = \frac{0,7273 \cdot 44}{16} = 2 \text{ моль}$$

3. Вычисляем мольные отношения  $\nu(\text{C}) : \nu(\text{O}) = 1:2$

Практическая формула  $\text{CO}_2$ .

4. Определим молекулярную формулу  $M_r(\text{CO}_2) = 44$ .

Следовательно, простейшая формула является истинной.

**Ответ:**  $\text{CO}_2$ .

**Пример 32.** Определите формулу газообразного органического вещества, если массовая доля углерода в нем 92,3%, водорода 7,7%; 1 л газа (н. у.) имеет массу 1,16 г ( $\rho = 1,16$  г/л)

$\omega$  — массовая доля вещества

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 92,3\% \text{ или } 0,923$$

$$\omega(\text{H}) = 7,7\% \text{ или } 0,077$$

$$\rho = 1,16 \text{ г}$$

Формула вещества — ?

Решение примера 32.

1. Определяем молярную и относительную молярную массу вещества по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}; \rho = \frac{M}{V_m}; M = \rho \cdot V_m$$

откуда

$$M(\Phi) = 1,16 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 26 \text{ г/моль}$$

$$M(\Phi) = 26$$

2. Определяем количество вещества или число молей углерода и водорода в веществе:

$$\text{а) } \nu(\text{C}) = \frac{0,923 \cdot 26 \text{ г/моль}}{12 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль}$$

$$\text{б) } \nu(\text{H}) = \frac{0,077 \cdot 26 \text{ г/моль}}{1 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль}$$

3. Проверяем условие: состоит ли вещество только из атомов углерода и водорода и не содержит ли атомов других элементов?

1 способ

$$92,3\% + 7,7\% = 100\%$$

2 способ

$$0,923 + 0,077 = 1$$

4. Определяем молярные отношения атомов в молекуле и простейшую формулу вещества  $\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = 2:2 = 1:1$ . Простейшая формула  $\text{CH}$ .

5. Находим истинную формулу вещества.  $M_r(\text{CH}) = 13\text{г}$ ,  $M_r(\Phi) = 26$ , следовательно, истинная формула вещества  $\text{C}_2\text{H}_2$ .

**Ответ:**  $\text{C}_2\text{H}_2$ .

**Пример 33.** При сгорании неизвестного вещества массой 2,3 г получено 4,4 г оксида углерода (IV) и 2,7 г  $\text{H}_2\text{O}$ . Относительная плотность паров вещества по воздуху 1,59. Определить формулу вещества.

Дано:

$$m(\text{в} - \text{ва}) = 2,3 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 4,4 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 2,7 \text{ г}$$

$$D_{(\text{возд.})} = 1,59$$

Формула вещества — ?

Название вещества — ?

Решение примера 33.

1. Определяем относительную молекулярную массу вещества и его молярную массу.

$$D_{\text{возд.}} = \frac{M_r}{29} \text{ откуда } M_r = 29D_{\text{возд.}}$$

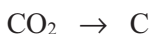
$$M_r(\Phi) = 29 \cdot 1,59 = 46,11 \approx 46$$

$$M(\Phi) = 46 \text{ г/моль}$$

2. Определяем массу и количество вещества а) углерода, б) водорода по данным условиям задачи о массах полученных продуктов реакции:

$$\text{а) } M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{4,4 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$



$$1 \text{ моль} \quad 1 \text{ моль}$$

$$0,1 \text{ моль} \quad x \text{ моль}$$

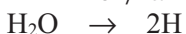
$x = 0,1$  моль углерода

$$\text{Т. к. } V = \frac{m}{M}$$

$$m = V \cdot M, \text{ то } m(\text{C}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 1,2 \text{ г}$$

$$\text{б) } M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{2,7 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$



$$x = 0,3 \text{ моль водорода}$$

$$1 \text{ моль} \rightarrow 2 \text{ моль}$$

так как  $m = V \cdot M$ , то

$$0,15 \text{ моль} \quad x \text{ моль}$$

$$m(\text{H}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,3 \text{ г}$$

3. Проверяем, содержит ли вещество (Ф) атомы других элементов, кроме углерода и водорода, сравнивая сумму масс углерода и водорода с массой сгоревшего вещества:  $2,3 \text{ г} - (1,2 \text{ г} + 0,3 \text{ г}) = 0,8 \text{ г}$  избыток. Избыток массы свидетельствует о наличии в неизвестном веществе кислорода.

4. Определяем отношения молей атомов и простейшую формулу вещества

$$V(\text{C}):V(\text{H}):V(\text{O}) = \frac{1,2}{12} : \frac{0,3}{1} : \frac{0,8}{16} = 0,1:0,3:0,05 = 2:6:1$$

Простейшая формула  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

5. Определяем истинную формулу по относительной молекулярной массе:

$$M_r(\text{Ф}) = 46$$

$$M_r(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = 46$$

**Ответ:**  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  — этиловый спирт  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  или диметиловый эфир  $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ .

**Пример 34.** Определите формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором равна 82,8%, а масса 1 л этого газа (н. у.) составляет 2,59 г.

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 82,2\% \text{ — } 0,828$$

$$\rho = 2,59 \text{ г/л}$$

Формула вещества — ?

Название вещества — ?

Решение примера 34.

1. Определяем относительную молекулярную массу углеводорода:

$$M(\text{углеводорода}) = 2,59 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 58,016 \text{ г/моль}$$

$$M_r(\text{углеводорода}) = 58,016$$

2. Определяем количество вещества углерода

$$\omega = \frac{A_r \cdot V}{M_r}, \quad V = \frac{\omega \cdot M_r}{A_r}, \quad V(\text{C}) = \frac{0,828 \cdot 58,016}{12} = 4 \text{ моль}$$

3. Определяем массовую долю и количество вещества водорода

$$\omega(\text{H}) = 100\% - 82,8\% = 17,2\% \text{ или } 0,172$$

$$V = \frac{\omega \cdot M_r}{A_r}; \quad V(\text{H}) = \frac{0,172 \cdot 58,016}{1} = 9,978 \text{ моль} \approx 10 \text{ моль}$$

4. Определяем молярные отношения и простейшую формулу вещества

$V(C):V(H) = 4:10 = 2:5$ . Простейшая формула  $C_2H_5$

5. Определяем истинную формулу вещества по относительной молекулярной массе углеводорода

$M_r(\text{углеводорода}) = 58,016 \approx 58$ ;  $M_r(C_2H_5) = 29$

Истинная формула  $C_4H_{10}$

**Ответ:**  $C_4H_{10}$  — бутан.

## 5. ЗАДАЧИ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ТЕМАМ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

### 5.1. Задачи на нахождение объема и объемной доли выхода вещества

#### 5.1.1. Предельные углеводороды

##### Начальный уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте объем воздуха (н. у.), который расходуется при полном сгорании 1 кг гексана? Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 1 \text{ кг} = 1000 \text{ г}$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 21\%$$

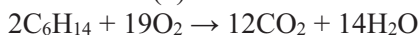
Найти:

$$V_{\text{возд.}} = ?$$

##### Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции:

$$1000 \text{ г} \quad x \text{ (л)}$$



$$2 \cdot 86 \text{ г/моль} \quad 19 \cdot 22,4 \text{ л/моль}$$

2. Согласно реакции, составляем соответствующие пропорции:

$$\frac{1000 \text{ г}}{2 \cdot 86 \text{ г/моль}} = \frac{x}{19 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}; \quad x = \frac{1000 \text{ г} \cdot 19 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{2 \cdot 86 \text{ г/моль}} = 2474,42 \text{ л (O}_2)$$

3. По формуле находим объем воздуха:

$$V_{\text{возд.}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\varphi(\text{O}_2)} = \frac{2474,42 \text{ л}}{0,21} \approx 11 \text{ 782, 9 л}$$

Ответ: 11 782,9 л.

**Задача № 2.** Какой объем воздуха (н. у.) потребуется для сжигания смеси метана объемом 5 л с этаном объемом 2 л? Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%.

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 5 \text{ л}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 2 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 21\%$$

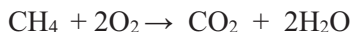
Найти:

$$V_{\text{возд.}} = ?$$

##### Решение задачи № 2.

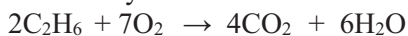
1. Составляем уравнения реакций и согласно им соответствующие пропорции, чтобы вычислить общий объем кислорода, вступившего в реакцию:

$$5 \text{ л} \quad x \text{ л}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 44,8 \text{ л/моль}$$

$$2 \text{ л} \quad y \text{ л}$$



$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{5 \text{ л}} = \frac{7 \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{x \text{ л}}$$

$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{2} = \frac{44,8 \text{ л/моль}}{y}$$

$$44,8 \text{ л/моль} = \frac{7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{y}$$

$$x = \frac{5 \text{ л} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 10 \text{ л (O}_2\text{)}$$

$$y = \frac{2 \cdot 7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{44,8 \text{ л/моль}} = 7 \text{ л (O}_2\text{)}$$

$$V_{\text{общ}}(\text{O}_2) = 10 \text{ л} + 7 \text{ л} = 17 \text{ л}$$

2. По формуле находим объем воздуха:

$$V_{\text{возд.}} = \frac{V_{\text{общ}}(\text{O}_2)}{\omega(\text{O}_2)} = \frac{17 \text{ л}}{0,21} = 80,95 \text{ л}$$

**Ответ:** 80,95 л.

**Задача № 3.** Какой объем метана (н. у.) можно получить при взаимодействии ацетата натрия  $\text{CH}_3\text{COONa}$  массой 41 г с гидроксидом натрия массой 30 г?

Дано:

$$m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 41 \text{ г}$$

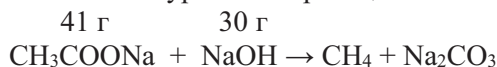
$$m(\text{NaOH}) = 30 \text{ г}$$

Найти:

$$\text{CH}_4 \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составим уравнение реакции:

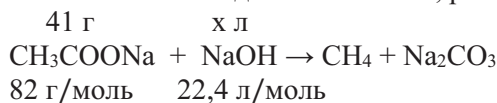


2. Находим молярную массу каждого из веществ:

$$n(\text{CH}_3\text{COONa}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{COONa})}{M(\text{CH}_3\text{COONa})} = \frac{41 \text{ г}}{82 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{30 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,75 \text{ моль}$$

3. Т. к. NaOH находится в избытке, расчет ведем по  $\text{CH}_3\text{COONa}$ :



4. По закону пропорции:

$$\frac{41 \text{ г}}{82 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}; x = \frac{41 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{82 \text{ г/моль}} = 11,2 \text{ л}$$

**Ответ:** 11,2 л.

**Задача № 4.** Рассчитайте объем кислорода (н. у.), который потребуется для полного сгорания 3 л смеси метана с этаном. Относительная плотность газовой смеси по воздуху равна 0,6.

Дано:

$$V_{\text{см.}} = 3 \text{ л}$$

$$D_{\text{см.}} = 0,6$$

Найти:

$$V(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 4.



1. Найдем относительную молекулярную массу смеси:

$$M_{г.см.} = 0,6 \cdot 29 = 17,4$$

Пусть мольная доля метана в смеси  $x$ , тогда доля этана  $1 - x$ .

$$x \cdot 16 + 30(1 - x) = 17,4$$

$$14x = 12,6$$

$$x = 0,9 \text{ — доля } CH_4$$

$$V(CH_4) = 2,7 \text{ л}$$

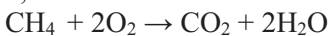
2. Находим массовую долю и объем этана:

$$\omega(C_2H_6) = 0,1$$

$$V(C_2H_6) = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ л}$$

3. Составляем уравнения реакций и находим по закону пропорции количество кислорода, вступившего в реакцию с каждым из веществ:

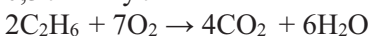
$$2,7 \text{ л} \quad x \text{ л}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 44,8 \text{ л/моль}$$

$$\frac{2,7 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}}; \quad x = \frac{2,7 \text{ л} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 5,4 \text{ л } (O_2)$$

$$0,3 \text{ л} \quad y \text{ л}$$



$$44,8 \text{ л/моль} \quad 7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}$$

$$y = \frac{0,3 \text{ л} \cdot 7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{44,8 \text{ л/моль}} = 1,05 \text{ л } (O_2)$$

4. Рассчитаем объем кислорода:

$$V(O_2) = 5,4 \text{ л} + 1,05 \text{ л} = 6,45 \text{ л}$$

**Ответ:** 6,45 л.

**Задача № 5.** Рассчитайте объем (н. у.) воздуха, который потребуется для сжигания смеси метана объемом 6 л с циклобутаном объемом 8 л. Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%.

Дано:

$$V(CH_4) = 6 \text{ л}$$

$$V(C_4H_8) = 8 \text{ л}$$

$$\varphi(O_2) = 21\%$$

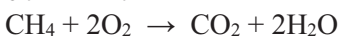
Найти:

$$V_{\text{возд.}} \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 5.**

1. Составляем уравнения реакций и находим объем кислорода при вступлении в реакцию с каждым из веществ:

$$6 \text{ л} \quad x \text{ л}$$

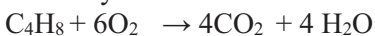


$$22,4 \text{ л/моль} \quad 44,8 \text{ л/моль}$$

$$\frac{6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{6 \text{ л} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 12 \text{ л } (O_2)$$

$$8 \text{ л} \quad y \text{ л}$$



$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{8 \text{ л}} = \frac{6 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{y \text{ л}};$$

$$22,4 \text{ л/моль} \cdot y = 6 \cdot 22,4 \text{ л/моль} \cdot 8$$

$$y = \frac{8 \cdot 6 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 48 \text{ л (O}_2\text{)}$$

2. Рассчитаем общий объем кислорода:

$$V_{\text{общ.}}(\text{O}_2) = 12 \text{ л} + 48 \text{ л} = 60 \text{ л}$$

3. Соответственно, общий объем воздуха равен:

$$V_{\text{возд.}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\omega(\text{O}_2)} = \frac{60 \text{ л}}{0,21} \approx 285,7 \text{ л}$$

**Ответ:** 285,7 л.

**Задача № 6.** Рассчитайте объем кислорода и объем воздуха, которые потребуются для сжигания 10 л этана. Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21% (н. у.).

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 10 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 21\%$$

Найти:

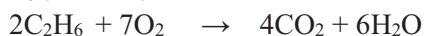
$$V(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

$$V_{\text{возд.}} \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 6.**

1. Составляем уравнение реакции:

$$10 \text{ л} \quad x \text{ л}$$



$$44,8 \text{ л/моль} \quad 7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{10 \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ л}}{7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{10 \text{ л} \cdot 7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{44,8 \text{ л/моль}} = 35 \text{ л (O}_2\text{)}$$

2. Соответственно, общий объем воздуха равен:

$$V_{\text{возд.}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\omega(\text{O}_2)} = \frac{35 \text{ л}}{0,21} \approx 166,7 \text{ л}$$

**Ответ:** 35 л — O<sub>2</sub>; 166,7 л — воздух.

**Задача № 7.** Рассчитайте объем этана (н. у.), который можно получить при взаимодействии йодометана массой 42,6 г с натрием.

Дано:

$$m(\text{CH}_3\text{I}) = 42,6 \text{ г}$$

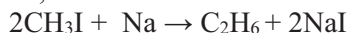
Найти:

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 7.**

1. Составляем уравнение реакции:

$$42,6 \text{ г} \quad 30 \text{ г}$$



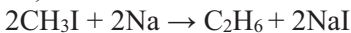
2. Находим количество веществ:

$$n(\text{CH}_3\text{I}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{I})}{M(\text{CH}_3\text{I})} = \frac{42,6 \text{ г}}{142 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{M(\text{Na})} = \frac{30 \text{ г}}{23 \text{ г/моль}} = 1,3 \text{ моль}$$

3. Так как Na находится в избытке, расчет ведем по  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

$$42,6 \text{ г} \quad \text{х л}$$



$$2 \cdot 142 \text{ г/моль} \quad 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{42,6 \text{ г}}{2 \cdot 142 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$\frac{42,6 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{2 \cdot 142 \text{ г/моль}} = 3,36 \text{ л } (\text{C}_2\text{H}_6)$$

$$\text{х} = \frac{42,6 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{2 \cdot 142 \text{ г/моль}} = 3,36 \text{ л } (\text{C}_2\text{H}_6)$$

**Ответ:** 3,36 л.

**Задача № 8.** При термическом разложении метана количеством вещества 14 моль получен ацетилен ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), объем которого при н. у. составил 120,96 л. Вычислите объемную долю выхода ацетилена.

Дано:

$$n(\text{CH}_4) = 14 \text{ моль}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 120,96 \text{ л}$$

Найти:

$$\eta(\text{C}_2\text{H}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 8.

1. Составим уравнение реакции разложения метана ( $\text{CH}_4$ ):



2. По уравнению реакции разложения метана найдем химическое количество ацетилена ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) (теоретический выход), который выделяется в ходе реакции разложения метана:

$$14 \text{ моль} \quad \text{х моль}$$



$$2 \text{ моль} \quad 1 \text{ моль}$$

$$\frac{14 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = \frac{\text{х моль}}{1 \text{ моль}}$$

$$\text{х} = \frac{14 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = 7 \text{ моль}$$

3. По формуле, устанавливающей связь между химическим количеством вещества и объемом, вычислим объем ацетилена ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), который образуется в ходе реакции разложения метана ( $\text{CH}_4$ ):

$$n = \frac{V}{V_m}$$

Получаем:

$$V_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_2) = 7 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 156,8 \text{ л}$$

4. Находим объемную долю выхода ацетилена ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), который образуется в результате разложения метана ( $\text{CH}_4$ ), по формуле:

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} \cdot 100\%$$

Получаем:

$$\eta(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{120,96 \text{ г}}{156,8 \text{ г}} \cdot 100\% = 77,14\%$$

**Ответ:** 77,14%.

### Средний уровень

**Задача № 1.** Природный газ одного из месторождений содержит 92% метана, 4% этана, 1% пропана, 2% азота (по объему). Какой объем кислорода потребуется для сжигания 200 л этого газа?

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 92\%$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 4\%$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = 1\%$$

$$V(\text{N}_2) = 2\%$$

$$V_{\text{газ.}} = 200 \text{ л}$$

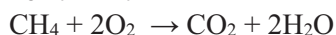
Найти:

$$V(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

#### Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции:

$$184 \text{ л} \quad x \text{ л}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 44,8 \text{ л/моль}$$

2. Находим объем метана:

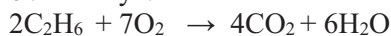
$$V(\text{CH}_4) = 0,92 \cdot 200 \text{ л} = 184 \text{ л}$$

3. Объем кислорода в первом случае:

$$\frac{184 \text{ л}}{22,4 \text{ л}} = \frac{x \text{ л}}{44,8 \text{ л}}; \quad x = \frac{184 \text{ л} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 368 \text{ л} (\text{O}_2)$$

4. Реакция сжигания этана:

$$8 \text{ л} \quad y \text{ л}$$



$$44,8 \text{ л/моль} \quad 7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}$$

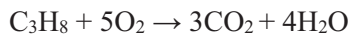
5. Объем этана и кислорода:

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,04 \cdot 200 \text{ л} = 8 \text{ л}$$

$$\frac{8 \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}} = \frac{y \text{ л}}{7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}; \quad y = \frac{8 \text{ л} \cdot 7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{44,8 \text{ л/моль}} = 28 \text{ л} (\text{O}_2)$$

6. Реакция сжигания пропана:

$$2 \text{ л} \quad z \text{ л}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 5 \cdot 22,4 \text{ л/моль}$$

7. Его объем и объем кислорода:

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,01 \cdot 200 \text{ л} = 2 \text{ л}$$

$$\frac{2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{z \text{ л}}{5 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}; \quad z = \frac{2 \text{ л} \cdot 5 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 10 \text{ л} (\text{O}_2)$$

$\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  не сгорают.

8. Полный объем кислорода равен:

$$V_{\text{общ.}}(\text{O}_2) = 368 \text{ л} + 28 \text{ л} + 10 \text{ л} = 406 \text{ л}$$

**Ответ:** 406 л.

**Задача № 2.** Какой объем водорода можно получить из 20 м<sup>3</sup> природного газа, содержащего 93% метана, 4% этана, 3% азота и углекислого газа? Кроме водорода, в процессе гидролиза образуется сажа.

Дано:

$$V(\text{пр.газ.}) = 20 \text{ м}^3$$

$$V(\text{CH}_4) = 93\%$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 4\%$$

$$V(\text{N}_2) = 3\%$$

Найти:

$$V(\text{H}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Аналогичные действия, такие же, как и в предыдущей задаче с кислородом:

$$18,6 \text{ м}^3 \quad x \text{ м}^3$$



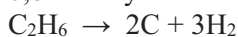
$$22,4 \text{ м}^3 \quad 44,8 \text{ м}^3$$

$$V(\text{CH}_4) = 20 \text{ м}^3 \cdot 0,93 = 18,6 \text{ м}^3$$

$$\frac{18,6 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3} = \frac{x \text{ м}^3}{44,8 \text{ м}^3}$$

$$x = \frac{18,6 \text{ м}^3 \cdot 44,8 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3} = 37,2 \text{ м}^3 (\text{H}_2)$$

$$0,8 \text{ м}^3 \quad y \text{ м}^3$$



$$22,4 \text{ м}^3 \quad 67,2 \text{ м}^3$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,04 \cdot 20 \text{ м}^3 = 0,8 \text{ м}^3$$

$$\frac{0,8 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3} = \frac{y \text{ м}^3}{67,2 \text{ м}^3}; y = \frac{0,8 \text{ м}^3 \cdot 67,2 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3} = 2,4 \text{ м}^3 (\text{H}_2)$$

2.  $\text{N}_2$  и  $\text{CO}_2$  не образуют водород.

$$V_{\text{общ.}}(\text{H}_2) = 37,2 \text{ м}^3 + 2,4 \text{ м}^3 = 39,6 \text{ м}^3$$

**Ответ:**  $39,6 \text{ м}^3$ .

**Задача № 3.** Природный газ одного из месторождений содержит 85% метана, 6% этана, 3% оксида углерода (II), 4,5% оксида углерода (IV), 1,5% азота и инертных газов (по объему). Какой объем воздуха потребуется для сжигания  $1 \text{ м}^3$  этого газа? Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%.

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 85\%$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 6\%$$

$$V(\text{CO}) = 3\%$$

$$V(\text{CO}_2) = 4,5\%$$

$$V(\text{N}_2) = 1,5\%$$

$$V_{\text{газ.}} = 1 \text{ м}^3$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 21\%$$

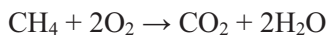
Найти:

$$V_{\text{возд.}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составляем уравнение реакции и находим объем метана:

$$850 \text{ л} \quad x \text{ л}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 44,8 \text{ л/моль}$$

$$V(\text{CH}_4) = 0,85 \cdot 1000 = 850 \text{ л}$$

$$\frac{850 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{850 \text{ л} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1700 \text{ л (O}_2\text{)}$$

2. Составляем уравнение реакции и находим объем этана:

$$\begin{array}{r} 60 \text{ л} \quad y \text{ л} \\ 2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \\ 44,8 \text{ л/моль} \quad 7 \cdot 22,4 \text{ л/моль} \\ V(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,06 \cdot 1000 = 60 \text{ л} \\ \frac{60 \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}} = \frac{y \text{ л}}{7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}; \\ y = \frac{60 \text{ л} \cdot 7 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{44,8 \text{ л/моль}} = 210 \text{ л(O}_2\text{)} \end{array}$$

3. Составляем уравнение реакции и находим объем CO:

$$\begin{array}{r} 30 \text{ л} \quad z \text{ л} \\ 2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 \\ 44,8 \text{ л/моль} \quad 22,4 \text{ л/моль} \\ V(\text{CO}) = 0,03 \cdot 1000 = 30 \text{ л} \\ \frac{30 \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}} = \frac{z \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \\ z = \frac{30 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{44,8 \text{ л/моль}} = 15 \text{ л (O}_2\text{)} \end{array}$$

4. На сжигание CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и инертных газов кислород не расходуется.

$$V_{\text{общ. (O}_2\text{)}} = 1700 \text{ л} + 210 \text{ л} + 15 \text{ л} = 1925 \text{ л}$$

$$V_{\text{возд.}} = \frac{V_{\text{общ.}}}{\omega(\text{O}_2)} = \frac{1925 \text{ л}}{0,21} \approx 9,17 \text{ м}^3$$

**Ответ:** 9,17 м<sup>3</sup>.

**Задача № 4.** При горении 1 моль газообразного алкана (н. у.) образовалось 22,4 л оксида углерода (IV) и 36 г воды. Найдите молекулярную формулу алкана и рассчитайте, какой объем кислорода потребуется для полного сгорания 5 л этого вещества.

Дано:

$$n(\text{C}_k\text{H}_{2k+2}) = 1 \text{ моль}$$

$$V(\text{CO}_2) = 22,4 \text{ л}$$

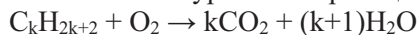
$$m(\text{H}_2\text{O}) = 36 \text{ г}$$

Найти:

$$\text{C}_k\text{H}_{2k+2} \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 4.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Используя формулы, определяем вещество

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{22,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1 \text{ моль}$$

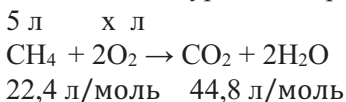
$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{36 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль}$$

$$\frac{k}{k+1} = \frac{1}{2};$$

$$K = 1;$$



3. Составляем уравнение реакции



4. Используя формулы, находим объем кислорода:

$$\frac{5 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$
$$x = \frac{5 \text{ л} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 10 \text{ л (O}_2\text{)}$$

**Ответ:** CH<sub>4</sub>; 10 л.

**Задача № 5.** Для сжигания 30 л метана израсходовали 200 л воздуха, обогащенного кислородом. Рассчитайте объемную долю кислорода в этом воздухе.

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 30 \text{ л}$$

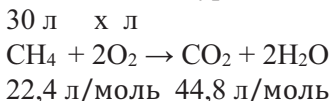
$$V_{\text{возд.}} = 200 \text{ л}$$

Найти:

$$\varphi(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 5.

1. Составляем уравнение реакции и пропорцию:



1. Исходя из пропорции:

$$\frac{30 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$
$$x = \frac{30 \text{ л} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 60 \text{ л (O}_2\text{)}$$

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_{\text{возд.}}} = \frac{60 \text{ л}}{200 \text{ л}} = 0,3 \text{ или } 30\%$$

**Ответ:** 30%.

**Задача № 6.** В присутствии катализаторов (платины, палладия) водород присоединяется к циклопропану с образованием пропана. Составьте уравнение этой реакции и рассчитайте, какой объем (н. у.) пропана можно получить из 21 г циклопропана, приняв, что объемная доля выхода пропана составляет 95%.

Дано:

$$m_{\text{циклопр.}} = 21 \text{ г}$$

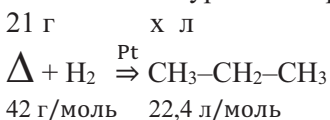
$$\eta = 95\%$$

Найти:

$$V_{\text{проп.}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 6.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Составляем пропорцию:

$$\frac{21 \text{ г}}{42 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}};$$
$$x = \frac{21 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{42 \text{ г/моль}} = 11,2 \text{ г}$$

3. Исходя из пропорции, находим:

$$V_{\text{пр.}}(\text{C}_3\text{H}_8) = \eta(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot V_{\text{теор.}} = 0,95 \cdot 11,2 \text{ г} = 10,64 \text{ л}$$

**Ответ:** 10,64 л.

**Задача № 7.** Рассчитайте объем оксида углерода (IV) (н. у.), который образуется при горении гексана массой 500 г, если массовая доля негорючих примесей в этом образце гексана составляет 8%.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 500 \text{ г}$$

$$\omega = 8\%$$

Найти:

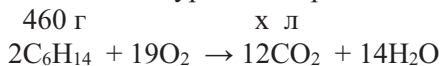
$$V(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 7.

Масса негорючих примесей составляет

$$500 \text{ г} \cdot 0,08 = 40 \text{ г, следовательно, сгорит } 460 \text{ г гексана.}$$

1. Составим уравнение реакции:



172 г — масса двух молей гексана

268,8 л — объем 12 молей  $\text{CO}_2$

2. По правилу пропорции:

$$x = \frac{460 \text{ г} \cdot 268,8 \text{ л/моль}}{172 \text{ г/моль}} \approx 718,9 \text{ л} (\text{CO}_2)$$

**Ответ:** 718,9 л.

## 5.1.2. Непредельные углеводороды

### Начальный уровень

**Задача № 1.** Какой объем воздуха (н. у.) потребуется для полного сжигания 5 л этилена? Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%.

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = 5 \text{ л}$$

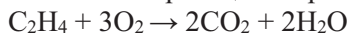
$$\varphi(\text{O}_2) = 21\%$$

Найти:

$$V_{\text{возд.}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составим реакцию горения этилена:



По закону Авогадро, молярные отношения газов в реакции равны их объемным отношениям. Значит, на сжигание 5 л этилена потребуется:

$$3 \cdot 5 = 15 \text{ л} (\text{O}_2)$$

2. Объем воздуха:



$$V_{(\text{возд.})} = V(\text{O}_2)/\varphi(\text{O}_2) = 15 \text{ л}/0,21 = 71,43 \text{ л}$$

**Ответ:** 71,43 л.

**Задача № 2.** Рассчитайте объем ацетилен (н. у.), который можно получить из технического карбида кальция массой 65 г, если массовая доля примесей в нем составляет 20%.

Дано:

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль}$$

$$m(\text{CaC}_2) = 65 \text{ г}$$

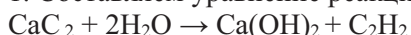
$$W_{(\text{прим.})} = 20\%$$

Найти:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 2.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим массу чистого карбида:

$$m(\text{CaC}_2) = \frac{65 \text{ г} \cdot (100\% - 20\%)}{100\%} = 52 \text{ г}$$

3. Рассчитаем количество вещества:

$$n(\text{CaC}_2) = \frac{m}{M} = \frac{52 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,8125 \text{ моль}$$

Значит, ацетилен тоже 0,8125 моль.

4. Объем ацетилен:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 0,8125 \text{ моль} = 18,2 \text{ л}$$

**Ответ:** 18,2 л.

**Задача № 3.** Рассчитайте объем ацетилен (н. у.), который можно получить из 2600 м<sup>3</sup> природного газа, содержащего 95% по объему метана.

Дано:

$$V_{\text{пр.газ}} = 2600 \text{ м}^3$$

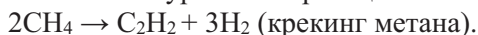
$$V(\text{CH}_4) = 95\%$$

Найти:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 3.**

1. Составим уравнение реакции:



2. Используя пропорцию, найдем объем чистого метана:

$$100\% \text{ — } 2600 \text{ м}^3$$

$$95\% \text{ — } x \text{ м}^3$$

$$x = \frac{95\% \cdot 2600 \text{ м}^3}{100\%} = 2470 \text{ м}^3$$

Объем чистого метана в природном газе составляет 2470 м<sup>3</sup>

$$n(\text{CH}_4) = \frac{V}{V_m} = \frac{2470 \text{ м}^3}{22,4 \text{ л/моль}} = 110\,268 \text{ моль}$$

3. Ацетилен по уравнению реакции будет в два раза меньше, чем метана:

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = 55\,134 \text{ моль}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot V_m = 55\,134 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1\,235\,001,6 \text{ л (1235 м}^3\text{)}$$

**Ответ:** 1235 м<sup>3</sup>.

**Задача № 4.** Смесь этана и этилена объемом 0,8 л (н. у.) обесцветила 200 г бромной воды с массовой долей брома 1,6%. Определите объемную долю каждого газа в смеси.

Дано:

$$V_{\text{см.}} = 0,8 \text{ л (н. у.)}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2) = 200 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Br}_2) = 1,6\%$$

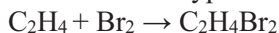
Найти:

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_4) \text{ — ?}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 4.

1. Составляем уравнение реакции:

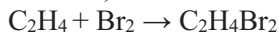


2. Находим массу брома:

$$m(\text{Br}_2) = 200 \text{ г} \cdot 0,016 = 3,2 \text{ г}$$

3. Вычисляем объем этилена, вступившего в реакцию.

$$x \text{ л} \quad 3,2 \text{ г}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 160 \text{ г/моль}$$

$$\frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{3,2 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}};$$

$$x = \frac{22,4 \text{ л/моль} \cdot 3,2 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,448 \text{ л (C}_2\text{H}_4)$$

4. Определяем объемные доли каждого из веществ:

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{0,448 \text{ л}}{0,8 \text{ л}} = 0,56 \text{ или } 56\%$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 100\% - 56\% = 44\%$$

**Ответ:** 56 % C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> и 44% C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>.

**Задача № 5.** Смесь пропана и пропена объемом 2 л (н. у.) обесцветила 250 г бромной воды с массовой долей брома 3,2%. Рассчитайте объемную долю каждого газа в смеси.

Дано:

$$V_{\text{см.}} = 2 \text{ л (н. у.)}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2) = 250 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Br}_2) = 3,2\%$$

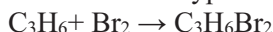
Найти:

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_6) \text{ — ?}$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_8) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 5.

1. Составляем уравнение реакции:

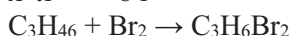


2. Находим массу брома:

$$m(\text{Br}_2) = 250 \text{ г} \cdot 0,032 = 8 \text{ г}$$

3. Вычисляем объем этилена, вступившего в реакцию.

$$x \text{ л} \quad 8 \text{ г}$$



$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{x \text{ л}} = \frac{160 \text{ г/моль}}{8 \text{ г}};$$

$$22,4 \text{ л/моль} \cdot \frac{8 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = x$$

$$x = \frac{22,4 \text{ л/моль} \cdot 8 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 1,12 \text{ л } C_3H_6$$

4. Определяем объемные доли каждого из веществ:

$$\omega(C_3H_6) = 1,12 \text{ л} / 2 = 0,56 \text{ или } 56\%$$

$$\omega(C_3H_8) = 100\% - 56\% = 44\%$$

**Ответ:** 56 %  $C_3H_6$  и 44%  $C_3H_8$ .

**Задача № 6.** Из 92 г чистого этилового спирта получили 42 л этилена (н. у.). Вычислите объемную долю выхода этилена.

Дано:

$$m(C_2H_5OH) = 92 \text{ г}$$

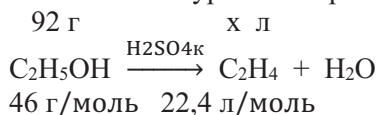
$$V(C_2H_4) = 42 \text{ л}$$

Найти:

$$\eta(C_2H_4) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 6.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Из 46 г этилового спирта (46 — молекулярная масса) по уравнению реакции получается 24 г этилена.

24 г этилена (1 г/моль) занимает объем 22,4 л

3. Составляем пропорцию:

$$46 \text{ г/моль} \text{ — } 22,4 \text{ л/моль}$$

$$92 \text{ г} \text{ — } x \text{ л}$$

Из пропорции следует  $x = 44,8 \text{ л/моль}$

$$\eta(C_2H_4) = \frac{V_{\text{пр}}}{V_{\text{теор}}} = \frac{42}{44,8 \text{ л/моль}} = 0,9375 \text{ или } 93,75\%$$

**Ответ:** 93,75%.

**Задача № 7.** Рассчитайте объем воздуха, который расходуется при сжигании 16 л дивинила. Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%.

Дано:

$$V(C_4H_6) = 16 \text{ л}$$

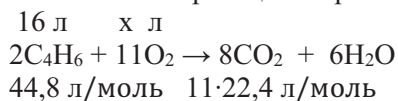
$$\varphi(O_2) = 21\%$$

Найти:

$$V_{\text{возд.}} \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 7.**

1. Составляем реакцию горения дивинила:



2. Составляем пропорцию:

$$16 \text{ л} \text{ — } x \text{ л}$$

$$44,8 \text{ л/моль} \text{ — } 11 \cdot 22,4 \text{ л/моль}$$

3. Находим  $x$ :

$$x = \frac{16 \text{ л} \cdot 11 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{44,8 \text{ л/моль}} = 88 \text{ л (O}_2\text{)}$$

1. Объем воздуха:

$$V_{(\text{возд.})} = \frac{V(\text{O}_2)}{\varphi(\text{O}_2)} = \frac{88 \text{ л}}{0,21} = 419 \text{ л}$$

**Ответ:** 419 л.

**Задача № 8.** Рассчитайте объем водорода, который будет израсходован для полного гидрирования 20 л смеси этена с этином. Объемная доля этина в смеси составляет 40%.

Дано:

$$V_{\text{смеси}} = 20 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 40\%$$

Найти:

$$V_{\text{общ. (H}_2\text{)}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 8.

1. Составляем уравнение реакции гидрирования этена и по закону пропорции находим объем водорода:

$$12 \text{ л} \quad x \text{ л}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{12 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 12 \text{ л (H}_2\text{)}$$

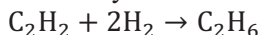
2. Находим объем и объемную долю этена:

$$W(\text{C}_2\text{H}_4) = 100\% - 40\% = 60\%$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,6 \cdot 20 = 12 \text{ л}$$

3. Составляем уравнение реакции гидрирования этина и по закону пропорции находим объем:

$$8 \text{ л} \quad y \text{ л}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 44,8 \text{ л/моль}$$

$$\frac{8 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{y \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$

$$y = \frac{8 \text{ л} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 16 \text{ л}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,4 \cdot 20 \text{ л} = 8 \text{ л}$$

$$V_{\text{общ. (H}_2\text{)}} = 16 \text{ л} + 12 \text{ л} = 28 \text{ л}$$

**Ответ:**  $V_{\text{общ. (H}_2\text{)}} = 28 \text{ л}$ .

Средний уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте объем водорода (н. у.), который может присоединить смесь газов объемом 1000 л, содержащая 20,3% этена, 43,4% пропена и 36,3% бутена.

Дано:

$$V_{\text{см.газ}} = 1000 \text{ л}$$

$$\text{C}_2\text{H}_4 = 20,3\%$$

$$C_3H_6 = 43,4\%$$

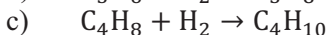
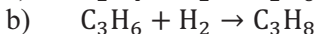
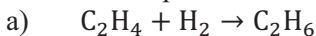
$$C_4H_8 = 36,3\%$$

Найти:

$$V(H_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнения реакций для каждого из веществ при взаимодействии с водородом:



2. Находим объем каждого из веществ:

$$a) \quad V(C_2H_4) = 0,203 \cdot 1000 \text{ л} = 203 \text{ л}$$

$$b) \quad V(C_3H_6) = 0,434 \cdot 1000 \text{ л} = 434 \text{ л}$$

$$c) \quad V(C_4H_8) = 0,363 \cdot 1000 \text{ л} = 363 \text{ л}$$

3. Составим пропорции и найдем объем водорода:

$$a) \quad 203 \text{ л} \quad x \text{ л}$$

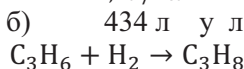


$$22,4 \text{ л/моль} \quad 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{203 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{203 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 203 \text{ л}$$

$$b) \quad 434 \text{ л} \quad y \text{ л}$$



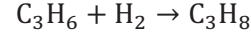
$$22,4 \text{ л/моль} \quad 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{434 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{y \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$y = \frac{434 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 434 \text{ л}$$

$$x = \frac{434 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 434 \text{ л}$$

$$в) \quad 363 \text{ л} \quad z \text{ л}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{363 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{z \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$z = \frac{363 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 363 \text{ л}$$

$$x = \frac{363 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 363 \text{ л}$$

3. Находим общий объем водорода:

$$V_{\text{общ.}}(H_2) = 203 \text{ л} + 434 \text{ л} + 363 \text{ л} = 1000 \text{ л}$$

**Ответ:** 1000 л.

**Задача № 2.** Рассчитайте объем воздуха (н. у.), который потребуется для полного сжигания смеси, состоящей из 6 л этилена и 4 л пропилена. Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%.

Дано:

$$V(C_2H_4) = 6 \text{ л}$$

$$V(C_3H_6) = 4 \text{ л}$$

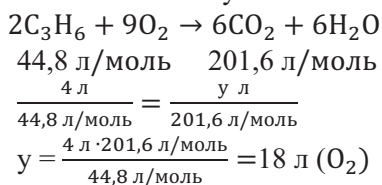
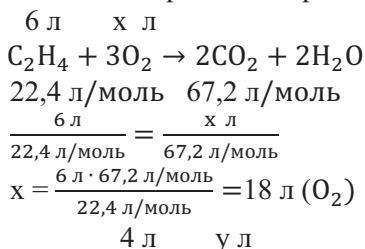
$$\omega(O_2) = 21\%$$

Найти:

$$V_{\text{возд.}} \text{ — ?}$$

### Решение задачи № 2.

1. Напишем реакции горения этилена и пропилена:



2. Находим общий объем кислорода:

$$V_{\text{общ.}}(\text{O}_2) = 18 \text{ л} + 18 \text{ л} = 36 \text{ л}$$

3. Находим объем воздуха:

$$V_{\text{(возд.)}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\varphi(\text{O}_2)} = \frac{36 \text{ л}}{0,21} = 171,4 \text{ л}$$

**Ответ:** 171,4 л.

**Задача № 3.** Рассчитайте объем водорода (н. у.), который потребуется для каталитического гидрирования 40 г смеси гексена и пентена. Массовая доля гексена в смеси составляет 42%.

Дано:

$$m_{\text{см.}} = 40 \text{ г}$$

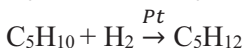
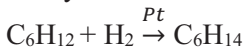
$$\varphi(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 42\%$$

Найти:

$$V_{\text{общ.}}(\text{H}_2) \text{ — ?}$$

### Решение задачи № 3.

1. Для каждого из веществ составляем реакцию гидрирования и находим массу каждого из данных веществ.

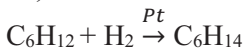


$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 0,4 \text{ г} \cdot 40 \text{ г} = 16,8 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_5\text{H}_{10}) = 40 \text{ г} - 16,8 \text{ г} = 23,2 \text{ г}$$

2. Находим объем воздуха в каждой реакции:

$$16,8 \text{ г} \quad x \text{ л}$$



$$84 \text{ г/моль} \quad 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{16,8 \text{ г}}{84 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{16,8 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{84 \text{ г/моль}} = 44,8 \text{ л}$$

$$\begin{array}{l}
 23,2 \text{ г} \quad \text{у л} \\
 \text{C}_5\text{H}_{10} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} \text{C}_5\text{H}_{12} \\
 70 \text{ г/моль} \quad 22,4 \text{ л/моль} \\
 \frac{23,2 \text{ г}}{70 \text{ г/моль}} = \frac{\text{у л}}{22,4 \text{ л/моль}}; \\
 \text{у} = \frac{23,2 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{70 \text{ г/моль}} = 7,42 \text{ л}
 \end{array}$$

3. Находим объем воздуха:

$$V_{\text{общ}}(\text{H}_2) = 44,8 \text{ л} + 7,42 \text{ л} = 11,9 \text{ л}$$

**Ответ:** 11,9 л.

**Задача № 4.** Рассчитайте объем этилена (н. у.), который можно получить из 500 мл этилового спирта ( $\rho = 0,8 \text{ г/мл}$ ), содержащего 96% этанола. Объемная доля выхода этилена составляет 80%.

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 500 \text{ мл}$$

$$\rho = 0,8 \text{ г/мл}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 96\%$$

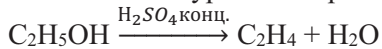
$$\omega(\text{C}_2\text{H}_4) = 80\%$$

Найти:

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 4.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Сначала найдем массу раствора этилового спирта:

$$m_{\text{р-ра}} = \rho \cdot V = 0,8 \text{ г/мл} \cdot 500 \text{ мл} = 400 \text{ г}$$

3. Находим массу 96% этанола:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,96 \cdot 400 \text{ г} = 384 \text{ г}$$

4. Составляем пропорцию. Молярная масса этанола — 46 г/моль, а этилена — 22,4 г/моль; надо найти неизвестный  $x$ , как массу этилена. Таким образом:

$$\begin{array}{l}
 384 \text{ г} \quad \quad \quad x \text{ л} \\
 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ конц.}} \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \\
 46 \text{ г/моль} \quad \quad 22,4 \text{ л/моль} \\
 x = \frac{384 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{46 \text{ г/моль}} = 187 \text{ л}
 \end{array}$$

5. Находим практический выход этилена:

$$V_{\text{пр.}}(\text{C}_2\text{H}_4) = \eta(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot V_{\text{теор.}} = 0,8 \text{ г/мл} \cdot 187 \text{ л} = 149,6 \text{ л}$$

**Ответ:** 149,6 л.

**Задача № 5.** Какой объем водорода (н. у.) может присоединить смесь газов объемом 1000 л, содержащая 20,3% этена, 43,4% пропена и 36,3% бутена?

Дано:

$$V_{\text{см.}} = 1000 \text{ л}$$

$$(\text{C}_2\text{H}_4) = 20,3\%$$

$$(\text{C}_3\text{H}_6) = 43,4\%$$

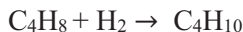
$$(\text{C}_4\text{H}_8) = 36,3 \%$$

Найти:

$V(\text{H}_2) - ?$

Решение задачи № 5.

1. Составляем уравнение реакции для каждого из веществ и находим объем каждого из них.



Объем веществ:

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,203 \cdot 1000 \text{ л} = 203 \text{ л}$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,434 \cdot 1000 \text{ л} = 434 \text{ л}$$

$$V(\text{C}_4\text{H}_8) = 0,363 \cdot 1000 \text{ л} = 363 \text{ л}$$

2. Находим объем водорода в каждой реакции, для этого составляем пропорции, обозначив каждое вещество через  $x$ ,  $y$ ,  $z$ :

203 л     $x$  л

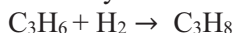


$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{203 \text{ л}} = \frac{22,4 \text{ л/моль}}{x \text{ л}}$$

$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{203 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 203 \text{ л (H}_2\text{)};$$

434 л     $y$  л

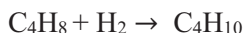


$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{434 \text{ л}} = \frac{22,4 \text{ л/моль}}{y \text{ л}}$$

$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$y = \frac{434 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 434 \text{ л (H}_2\text{)};$$

363 л     $z$  л



$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{363 \text{ л}} = \frac{22,4 \text{ л/моль}}{z \text{ л}}$$

$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$z = \frac{363 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 363 \text{ л (H}_2\text{)}$$

3. Находим общий объем водорода:

$$V_{\text{общ.}}(\text{H}_2) = 203 \text{ л} + 434 \text{ л} + 363 \text{ л} = 1000 \text{ л}$$

**Ответ:** 1000 л.

**Задача № 6.** Смесь этана и этена объемом 2,5 л (н. у.) пропустили через бромную воду, при этом образовался 1,2-дибромэтан массой 9,4 г. Определите объемную долю каждого газа в смеси.

Дано:

$$V_{\text{см.}} = 2,5 \text{ л}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2) = 9,4 \text{ г}$$

Найти:

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_4) - ?$$

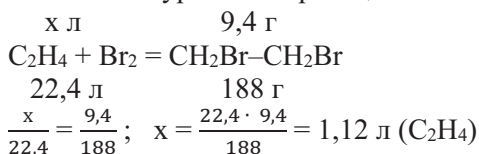
$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) - ?$$



### Решение задачи № 6.

1. Этан не реагирует с бромной водой, значит, весь бром присоединится к этилену.

Составляем уравнение реакции:



2. Объемная доля – отношение объема газа к объему смеси. Находим объемную долю каждого из веществ:

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{1,12 \text{ л}}{2,5 \text{ л}} = 0,448 \text{ или } 44,8 \%$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 100 \% - 44,8 \% = 55,2 \%$$

**Ответ:** 44,8% — C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, 55,2% — C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>.

**Задача № 7.** Смесь бутана и бутена объемом 50 л (н. у.) взаимодействует с бромом массой 120 г. Рассчитайте объемную долю каждого газа в смеси.

Дано:

$$V_{\text{см.}} = 50 \text{ л}$$

$$m(\text{Br}_2) = 120 \text{ г}$$

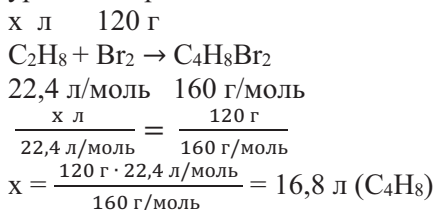
Найти:

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_8) \text{ — ?}$$

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) \text{ — ?}$$

### Решение задачи № 7.

1. При обычных условиях с бромом реагирует только бутен. Составляем уравнение реакции и находим его объем с помощью пропорции:



2. Находим объемную долю каждого из веществ:

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_8) = \frac{16,8 \text{ л}}{50 \text{ л}} = 0,336 \text{ или } 33,6\%$$

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 100\% - 33,6\% = 66,4\%$$

**Ответ:** 33,6% — C<sub>4</sub>H<sub>8</sub> и 66,4% — C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>.

**Задача № 8.** По способу Лебедева бутадиен-1,3 получают, пропуская пары этилового спирта над катализатором при температуре 450°C. Процесс сопровождается одновременным дегидрированием и дегидратацией спирта. Вычислите объем этилового спирта ( $\rho = 0,8 \text{ г/мл}$ ), необходимого для получения 120 л бутадиена-1,3 (н. у.). Объемная доля выхода бутадиена-1,3 составляет 75%.

Дано:

$$\rho(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,8 \text{ г/мл}$$

$$V(\text{C}_4\text{H}_6) = 120 \text{ л}$$

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_6) = 75\%$$

Найти:

$V(C_2H_5OH) — ?$

Решение задачи № 8.

1. Составляем уравнение реакции и находим массу этилового спирта:

$$\begin{array}{r} x \text{ г} \qquad \qquad \qquad 120 \text{ л} \\ 2C_2H_5OH \xrightarrow{ZnO/Al_2O_3} CH_2 = CH - CH = CH_2 + 2H_2O + H_2 \\ 92 \text{ г/моль} \qquad \qquad \qquad 22,4 \text{ л/моль} \\ \frac{x \text{ г}}{92 \text{ г/моль}} = \frac{120 \text{ г}}{22,4 \text{ л/моль}} \\ x = \frac{120 \text{ л} \cdot 92 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 493 \text{ г} \end{array}$$

2. Находим теоретическую массу:

$$m_{\text{теор.}} = \frac{m_{\text{пр.}}}{\eta(C_4H_6)} = \frac{493 \text{ г}}{0,75} = 657 \text{ г}$$

3. Находим объем этилового спирта:

$$V(C_2H_5OH) = \frac{m}{\rho} = \frac{657 \text{ г}}{0,8} = 821 \text{ мл}$$

**Ответ:** 821,3 мл.

Задача № 9. Из этилового спирта массой 18,4 г по методу Лебедева получили 4 л (н. у.) бутадиена-1,3. Рассчитайте объемную долю выхода продукта.

Дано:

$$m(C_2H_5OH) = 18,4 \text{ г}$$

$$V(C_4H_6) = 4 \text{ л}$$

Найти:

$$\eta(C_4H_6) — ?$$

Решение задачи № 9.

1. Составляем уравнение реакции и находим теоретический объем продукта:

$$\begin{array}{r} 18,4 \text{ г} \qquad \qquad \qquad x \text{ л} \\ 2C_2H_5OH \xrightarrow{ZnO/Al_2O_3} C_4H_6 + 2H_2O + H_2 \\ 92 \text{ г/моль} \qquad \qquad \qquad 22,4 \text{ л/моль} \\ \frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{18,4 \text{ г}}{92 \text{ г/моль}} \\ x = \frac{18,4 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{92 \text{ г/моль}} = 4,48 \text{ л} \end{array}$$

2. Находим объемную долю продукта:

$$\eta(C_4H_6) = \frac{m_{\text{пр.}}(C_4H_6)}{m_{\text{теор.}}(C_4H_6)} = \frac{4 \text{ л}}{4,48 \text{ л}} = 0,893 \text{ или } 89,3\%$$

**Ответ:** 89,3%.

Задача № 10. Рассчитайте объем ацетилен (н. у.), который можно получить из 150 г карбида кальция, если массовая доля кислорода в воздухе составляет 24%.

Дано:

$$m(CaC_2) = 150 \text{ г}$$

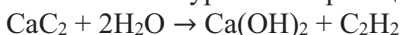
$$\varphi(O_2) = 24\%$$

Найти:

$$V(C_2H_2) — ?$$

Решение задачи № 10.

1. Составляем уравнение реакции



2. Рассчитываем массовую долю и массу вещества:

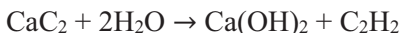
$$\omega(\text{CaC}_2) = 100\% - 24\% = 76\%$$

$$m(\text{CaC}_2) = 0,76 \cdot 150 = 114 \text{ г}$$

3. Находим объем ацетилена через пропорцию:

$$114 \text{ г}$$

$$x \text{ л}$$



$$64 \text{ г/моль}$$

$$22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{114 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{114 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{64 \text{ г/моль}} = 39,9 \text{ л}$$

**Ответ:** 39,9 л.

**Задача № 11.** Рассчитайте объем ацетилена, который можно получить из 1 м<sup>3</sup> природного газа, содержащего 92% метана? Объемная доля выхода ацетилена при пиролизе метана составляет 9%.

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 1 \text{ м}^3$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = 92\%$$

$$\eta(\text{C}_2\text{H}_2) = 9\%$$

Найти:

$$V_{\text{пр.}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 11.

1. Составляем уравнение реакции и находим теоретический объем ацетилена:

$$V(\text{CH}_4) = 0,92 \cdot 1000 = 920 \text{ л}$$

$$920 \text{ л} \quad x \text{ л}$$



$$44,8 \text{ л/моль} \quad 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{920 \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{920 \text{ л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{44,8 \text{ л/моль}} = 460 \text{ л (C}_2\text{H}_2)$$

2. Рассчитываем объем ацетилена:

$$V_{\text{пр.}} = \eta(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot V_{\text{теор.}} = 0,09 \cdot 460 \text{ л} = 41,4 \text{ л}$$

**Ответ:** 41,4 л.

**Задача № 12.** Рассчитайте объем кислорода (н. у.), который потребуется для полного сгорания ацетилена, полученного из 120 г карбида кальция, содержащего 15% примесей.

Дано:

$$V_{\text{прим.}} = 15\%$$

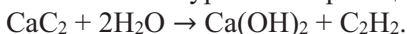
$$m(\text{CaC}_2) = 120 \text{ г}$$

Найти:

$$V(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 12.

1. Составляем уравнение реакции:

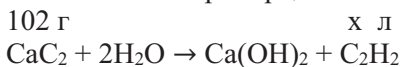


2. Находим массу и массовую долю карбида кальция:

$$\omega(\text{CaC}_2) = 100\% - 15\% = 85\%$$

$$m(\text{CaC}_2) = 0,85 \cdot 120 = 102 \text{ г}$$

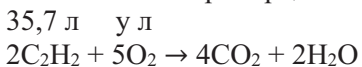
3. Составляем пропорцию и находим объем ацетилена:



$$\frac{64 \text{ г/моль}}{102 \text{ г}} = \frac{22,4 \text{ л/моль}}{x \text{ л}}$$

$$x = \frac{102 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{64 \text{ г/моль}} = 35,7 \text{ л}$$

4. Составляем пропорцию и находим объем кислорода:



$$\frac{44,8 \text{ л/моль}}{35,7 \text{ л}} = \frac{5 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{y \text{ л}}$$

$$y = \frac{35,7 \text{ л} \cdot 112 \text{ л/моль}}{44,8 \text{ л/моль}} = 89,25 \text{ л (O}_2\text{)}$$

**Ответ:** 89,25 л.

**Задача № 13.** Рассчитайте объем кислорода (н. у.), который расходуется при сжигании смеси, состоящей из 20 л этилена и 10 л метана.

Дано:

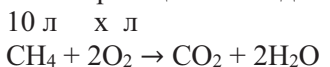
$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = 20 \text{ л}$$

$$V(\text{CH}_4) = 10 \text{ л}$$

Найти:  $V(\text{O}_2)$  — ?

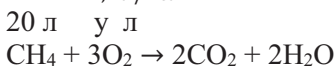
Решение задачи № 13.

1. Составляем уравнение реакции и находим объем кислорода, вступившего в реакцию с каждым из веществ:



$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{10 \text{ л}} = \frac{44,8 \text{ л/моль}}{x \text{ л}}$$

$$x = \frac{10 \text{ л} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 20 \text{ л (O}_2\text{)}$$



$$\frac{22,4 \text{ л/моль}}{20 \text{ л}} = \frac{67,2 \text{ л/моль}}{y \text{ л}}$$

$$y = \frac{20 \text{ л} \cdot 67,2 \text{ л/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 60 \text{ л (O}_2\text{)}$$

2. Находим общий объем кислорода:

$$V_{\text{общ.}}(\text{O}_2) = 20 \text{ л} + 60 \text{ л} = 80 \text{ л}$$

**Ответ:** 80 л.

**Задача № 14.** При пропускании смеси этилена и этана объемом 30 л (н. у.) через бромную воду ее масса увеличилась на 7 г. Рассчитайте объемные доли газов в смеси.

Дано:

$$V_{\text{см.}} = 30 \text{ л}$$

Найти:

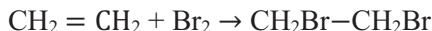
$$\omega(\text{C}_2\text{H}_4) \text{ — ?}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 14.

1. Составляем уравнение реакции:

7 г



2. Находим объем этилена, вступившего в реакцию:

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = n \cdot V_m = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_4)}{M(\text{C}_2\text{H}_4)} \cdot V_m = \frac{7 \text{ г}}{28 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5,6 \text{ л}$$

3. Вычисляем объемные доли каждого из веществ:

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{5,6 \text{ л}}{30 \text{ л}} = 0,1867 \text{ или } 18,67\%$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 100\% - 18,67\% = 81,33\%$$

**Ответ:** 18,67%  $\text{C}_2\text{H}_4$  и 81,33%  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

**Задача № 15.** Рассчитайте объем ацетилен (н. у.), который можно получить из карбида кальция массой 80 г, содержащего 10% примесей.

Дано:

$$m(\text{CaC}_2) = 80 \text{ г}$$

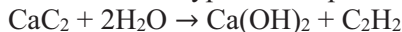
$$V_{\text{прим.}} = 10\%$$

Найти:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 15.

1. Составляем уравнение реакции:



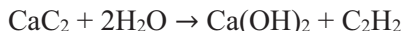
2. Находим массу и объемную долю карбида кальция:

$$\omega(\text{CaC}_2) = 100\% - 10\% = 90\%$$

$$m(\text{CaC}_2) = 0,9 \cdot 80 = 72 \text{ г}$$

3. При помощи пропорции вычисляем объем ацетилена:

$$72 \text{ г} \qquad \qquad \qquad \text{х л}$$



$$64 \text{ г/моль} \qquad 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{72 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$\text{х} = \frac{72 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{64 \text{ г/моль}} = 25,2 \text{ л}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 25,2 \text{ л}$$

**Ответ:** 25,2 л.

### 5.1.3. Ароматические углеводороды (арены)

#### Начальный уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте объем воздуха (н. у.), который потребуется для полного сгорания 1,3-диметилбензола массой 10,6 г. Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%.

Дано:

$$m(1,3\text{-диметилбензола}) = 10,6 \text{ г}$$

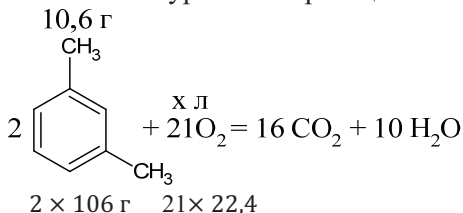
$$\varphi(\text{O}_2) = 21\%$$

Найти:

$$V_{\text{возд.}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Определяем объем кислорода с помощью пропорции:

$$\frac{10,6 \text{ г}}{212 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ л}}{21 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}$$
$$x = \frac{10,6 \text{ г} \cdot 470,4 \text{ л/моль}}{212 \text{ г/моль}} = 23,52 \text{ г (O}_2)$$

3. Находим объем воздуха:

$$V_{\text{возд.}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\omega(\text{O}_2)} = \frac{23,52 \text{ г}}{0,21} = 112 \text{ л}$$

**Ответ:** 112 л.

### Средний уровень

**Задача № 1.** Газ, образовавшийся при полном сжигании бензола в кислороде, пропустили через избыток раствора гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . При этом образовалось 25 г осадка. Определите объем сожженного бензола ( $\rho = 0,88 \text{ г/мл}$ ).

Дано:

$$m(\text{CaCO}_3) = 25 \text{ г}$$

$$\rho(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,88 \text{ г/мл}$$

Найти:

$$V(\text{C}_6\text{H}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнения реакций:



2. Находим количество вещества карбоната кальция:

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{25 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

3. Используя уравнение (2), определяем количество газа:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0,25 \text{ моль}$$

4. Используя уравнение (1), определяем количество бензола

$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = 1/6 \cdot n(\text{CO}_2) = 1/6 \cdot 0,25 = 0,0417 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = n(\text{C}_6\text{H}_6) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_6) = 3,253 \text{ г}$$

6. Находим объем:

$$V(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{m}{\rho} = \frac{3,253 \text{ г}}{0,88 \text{ г/мл}} = 3,7 \text{ мл}$$

**Ответ:** 3,7 мл.

#### 5.1.4. Спирты и фенолы

##### Начальный уровень

**Задача № 1.** Какой объем (в мл) азотной кислоты ( $\rho = 1,45$  г/мл) с массовой долей азотной кислоты 80% потребуется для получения тринитрата глицерина массой 22,7 г?

Дано:

$$\omega(\text{HNO}_3) = 80\%$$

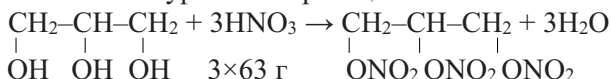
$$m(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9) = 22,7 \text{ г}$$

Найти:

$$V(\text{HNO}_3) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции:



2. Проведем вычисления, используя метод пропорций и формулы:

$$\frac{x \text{ г}}{3 \cdot 63 \text{ г/моль}} = \frac{22,7 \text{ г}}{227 \text{ г/моль}}$$
$$x = \frac{22,7 \text{ г} \cdot 189 \text{ г/моль}}{227 \text{ г/моль}} = 18,9 \text{ г (HNO}_3)$$

$$m_{\text{р-ра}} = \frac{m(\text{HNO}_3)}{\omega(\text{HNO}_3)} = \frac{18,9 \text{ г}}{0,8 \text{ г/мл}} = 23,625 \text{ г}$$

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{m}{\rho} = \frac{23,625 \text{ г}}{1,45 \text{ г/мл}} = 16,3 \text{ мл}$$

**Ответ:** 16,3 мл.

**Задача № 2.** Вычислите объем водорода, выделившийся при взаимодействии натрия массой 4,6 г с этиловым спиртом массой 30 г (н. у.).

Дано:

$$m(\text{Na}) = 4,6 \text{ г}$$

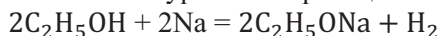
$$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 30 \text{ г}$$

Найти:

$$V(\text{H}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составим уравнение реакции:



2. Используя формулы, рассчитаем объем водорода:

$$v(\text{Na}) = \frac{4,6 \text{ г}}{23 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{30 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = 0,65 \text{ моль (избыток)}$$

$$v(\text{H}_2) = \frac{0,2 \text{ моль}}{2} = 0,1 \text{ моль}$$

$$V(\text{H}_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 2,24 \text{ л}$$

**Ответ:** 2,24 л.

**Задача № 3.** Рассчитайте объем водорода (н. у.), который выделится в результате взаимодействия 30 г натрия и 3 моль глицерина.

Дано:

$$m(\text{Na}) = 30 \text{ г}$$

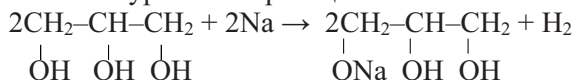
$$v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3) = 3 \text{ моль}$$

Найти:

$$V(\text{H}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составим уравнение реакции:



2. Решим задачу, используя формулы:

$$v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3) = 3 \text{ моль}$$

$$v(\text{Na}) = \frac{30 \text{ г}}{23 \text{ г/моль}} = 1,304 \text{ моль (недостаток), в соответствии с уравнением реакции водорода выделится в 2 раза меньше.}$$

$$v(\text{H}_2) = \frac{1}{2}v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3) = 0,652 \text{ моль}$$

$$V_{\text{общ.}}(\text{H}_2) = 0,652 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} \approx 14,6 \text{ л}$$

**Ответ:** 14,6 л.

**Задача № 4.** Какой объем водорода (н. у.) выделится при взаимодействии этиленгликоля массой 8 г с натрием массой 2,3 г?

Дано:

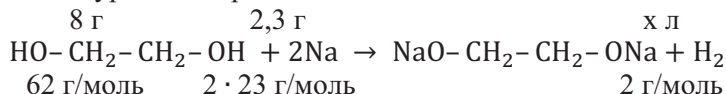
$$m(\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}) = 8 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}) = 2,3 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 4.

1. Составим уравнение реакции:



2. Определим, какое вещество прореагирует до конца и по нему вычислим объем выделившегося водорода:

$$\frac{2,3 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ л}}{2 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{2,3 \text{ г} \cdot 2 \text{ г/моль}}{46 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ г по реакции в избытке этиленгликоль, а натрий прореагирует до конца, по нему и делаем расчет:}$$

$$x = \frac{8 \text{ г} \cdot 2 \text{ г/моль}}{62 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ г}$$

3. Вычисляем количество вещества по формуле:

$$v = \frac{m}{M} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ моль H}_2$$

Зная, что 1 моль любого газа при н. у. занимает объем 22,4 л, то  $u = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 0,05 \text{ моль} = 1,12 \text{ л H}_2$

**Ответ:** 1,12 л.

### 5.1.5. Альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, сложные эфиры. Жиры

Начальный уровень

**Задача № 1.** К раствору, содержащему 30 г уксусной кислоты, прилили раствор, содержащий 5,3 г карбоната натрия. Рассчитайте объем углекислого газа (н. у.), который при этом выделился.



Дано:

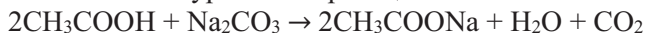
$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 30 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 5,3 \text{ г}$$

Найти:  $V(\text{CO}_2)$  — ?

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим количество веществ в каждом из реагирующих веществ:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m}{M} = \frac{30 \text{ г}}{60 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{5,3 \text{ г}}{106 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

3. Уксусная кислота в избытке, ведем расчеты по карбонату натрия:

$$n(\text{CO}_2) : n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,05 \text{ моль}$$

4. Вычисляем объем углекислого газа:

$$V(\text{CO}_2) = n \cdot M = 0,05 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1,12 \text{ л}$$

**Ответ:** 1,12 л.

**Задача № 2.** Рассчитайте объем формальдегида, который нужно растворить в воде, чтобы получить 1 л формалина (40%-ный раствор,  $\rho = 1,007 \text{ г/мл}$ , н. у.).

Дано:

$$\omega(\text{HCHO}) = 40\%$$

$$\rho = 1,007 \text{ г/мл}$$

Найти:

$$V(\text{HCHO}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Находим массу раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = 1000 \cdot 1,11 = 1110 \text{ г}$$

2. Вычисляем массу формальдегида:

$$m(\text{HCHO}) = \omega(\text{HCHO}) \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,4 \cdot 1110 = 444 \text{ г}$$

3. Рассчитываем объем формальдегида:

$$V(\text{HCHO}) = n \cdot V_m = \frac{m}{M} \cdot V_m = \frac{444 \text{ г}}{22,4 \text{ л/моль}} = 331,5 \text{ л}$$

**Ответ:** 331,5 л.

**Задача № 3.** Рассчитайте объем уксусной эссенции ( $\rho = 1,07 \text{ г/мл}$ ), которую надо взять для приготовления столового уксуса объемом 200 мл ( $\rho = 1,007 \text{ г/мл}$ ). Массовая доля уксусной кислоты в уксусной эссенции равна 80%, в уксусе – 6%.

Дано:

$$\rho_{\text{эсс.}} = 1,07 \text{ г/мл}$$

$$V = 200 \text{ мл}$$

$$\rho_{\text{укс.}} = 1,007 \text{ г/мл}$$

$$\omega_{\text{эсс.}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 80\%$$

$$m_{\text{р-ра укс.}} = 6\%$$

Найти:

$$V_{\text{р-ра эсс.}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Находим массу раствора уксуса:

$$m_{\text{р-ра укс.}} = \rho_{\text{укс.}} \cdot V = 1,007 \text{ г/мл} \cdot 200 \text{ мл} = 201,4 \text{ г}$$

2. Находим массу уксусной кислоты:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = \omega_{\text{укс.}}(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot m_{\text{р-ра укс.}} = 201,4 \text{ г} \cdot 0,06 = 12,084 \text{ г}$$

3. Вычисляем массу уксусной эссенции:

$$m_{\text{р-ра укс.}} = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})}{\omega_{\text{эсс.}}(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{12,084 \text{ г}}{0,8} = 15,105 \text{ г}$$

4. Находим объем:

$$V_{\text{р-ра эсс.}} = \frac{m_{\text{р-ра эсс.}}}{\rho_{\text{эсс.}}} = \frac{15,105 \text{ г}}{1,07} = 14,12 \text{ мл}$$

**Ответ:** 14,1 мл.

**Задача № 4.** Рассчитайте объем этанола ( $\rho = 0,8 \text{ г/мл}$ ), который требуется для получения 120 г этилового эфира масляной кислоты.

Дано:

$$\rho(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,8 \text{ г/мл}$$

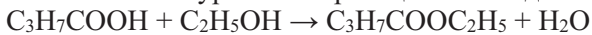
$$m(\text{этил.эфира}) = 120 \text{ г}$$

Найти:

$$V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 4.**

1. Составляем уравнение реакции и находим массу этанола:



$$\begin{array}{ccc} 46 \text{ г} & & 116 \text{ г} \end{array}$$

$$\frac{x \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = \frac{120 \text{ г}}{116 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{120 \text{ г} \cdot 46 \text{ г/моль}}{116 \text{ г/моль}} = 47,59 \text{ г}$$

2. Вычисляем объем этанола:

$$V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m}{\rho} = \frac{47,58 \text{ г}}{0,8 \text{ г/мл}} = 59,48 \text{ мл}$$

**Ответ:** 59,5 мл.

### Средний уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте объем водорода (н. у.), который выделится при взаимодействии 8 г магния с уксусной кислотой массой 60 г.

Дано:

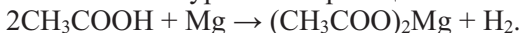
$$m(\text{Mg}) = 8 \text{ г}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ г}$$

Найти:  $V(\text{H}_2)$  — ?

**Решение задачи № 1.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим количество веществ каждого реагента:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{60 \text{ г}}{60 \text{ г/моль}} = 1 \text{ моль}$$

$$n(\text{Mg}) = \frac{8 \text{ г}}{24 \text{ г/моль}} = 0,33 \text{ моль} \text{ (CH}_3\text{COOH в избытке)}$$

$$n(\text{H}_2) = n(\text{Mg}) = 0,33 \text{ моль}$$

3. Вычисляем объем водорода:

$$V(\text{H}_2) = 0,33 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} \approx 7,4 \text{ л}$$

**Ответ:** 7,4 л.

**Задача № 2.** Рассчитайте объем водорода (н. у.), который выделится при взаимодействии магния массой 8 г с 90 г уксусной кислоты.

Дано:

$$m(\text{Mg}) = 8 \text{ г}$$

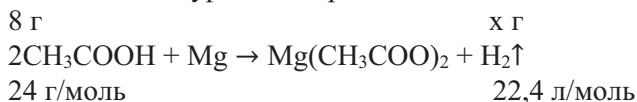
$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 90 \text{ г}$$

Найти:

$$V(\text{H}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции:



2. При помощи пропорции находим объем водорода:

$$\frac{8 \text{ г}}{24 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х г}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$\text{х} = \frac{8 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{24 \text{ г/моль}} = 7,467 \text{ г}$$

**Ответ:** 7,47 л.

**Задача № 3.** Рассчитайте объем водорода (н. у.), который расходуется на превращение жира (триолеата) массой 5 кг в твердый жир, если объемная доля производственных потерь водорода составляет 8%.

Дано:

$$m(\text{жира}) = 5 \text{ кг}$$

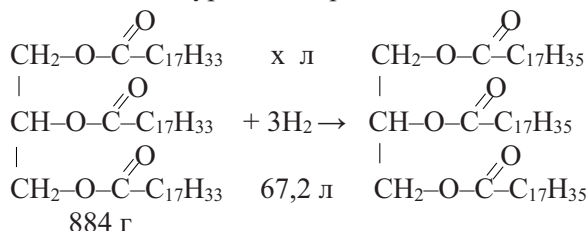
$$\eta(\text{H}_2) = 8\%$$

Найти:

$$V(\text{H}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составляем уравнение реакции:



2. По закону пропорции находим объем практического выхода водорода:

$$\frac{5000 \text{ г}}{884 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х л}}{64,2 \text{ л/моль}}$$

$$\text{х} = \frac{5000 \text{ г} \cdot 67,2 \text{ л/моль}}{884 \text{ г/моль}} = 380 \text{ л}$$

$$\eta = 100\% - 8\% = 92\%$$

3. Вычисляем объем водорода:

$$V_{\text{теор.}} = \frac{V_{\text{пр.}}}{\eta} = \frac{380 \text{ л}}{0,92} = 413,1 \text{ л}$$

**Ответ:** 413,1 л.

### 5.1.6. Углеводы

#### Начальный уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте объем углекислого газа (н. у.), который образуется при спиртовом брожении глюкозы массой 250 г, содержащей 4% примесей.

Дано:

$$V_{\text{прим.}} = 4\%$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 250 \text{ г}$$

Найти:

$$V(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции:

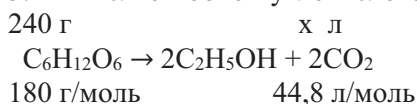


2. Находим массу и массовую долю глюкозы:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 100\% - 4\% = 96\%$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,96 \cdot 250 \text{ г} = 240 \text{ г}$$

3. Вычисляем объем углекислого газа:



$$\frac{240 \text{ г}}{180 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$
$$\text{х} = \frac{240 \text{ г} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{180 \text{ г/моль}} = 59,73 \text{ л}$$

**Ответ:** 59,73 л.

**Задача № 2.** При спиртовом брожении глюкозы получили 230 г этилового спирта. Рассчитайте объем оксида углерода (IV) (н. у.), который выделился при этом.

Дано:

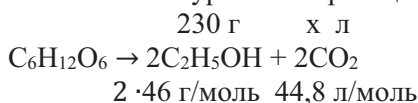
$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 230 \text{ г}$$

Найти:

$$V(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Составляем пропорцию и находим объем диоксида углерода:

$$\frac{230 \text{ г}}{92 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$
$$\text{х} = \frac{230 \text{ г} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{92 \text{ г/моль}} = 112 \text{ л}$$

**Ответ:** 112 л.

#### Средний уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте объем оксида углерода (IV) (н. у.), который выделится при спиртовом брожении глюкозы массой 36 г, если массовая доля примесей в ней составляет 5%.

Дано:

$$V_{\text{прим.}} = 5\%$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 36 \text{ г}$$

Найти:

$$V(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции:

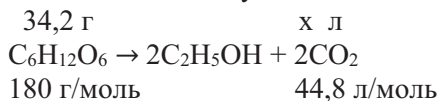


2. Находим массу и массовую долю глюкозы:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 100\% - 5\% = 95\%$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,95 \cdot 36 \text{ г} = 34,2 \text{ г}$$

3. Находим объем углекислого газа:



$$\frac{34,2 \text{ г}}{180 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$

$$\text{х} = \frac{34,2 \text{ г} \cdot 44,8 \text{ л/моль}}{180 \text{ г/моль}} = 8,51 \text{ л}$$

**Ответ:** 8,5 л.

### Высокий уровень

**Задача № 1.** Природный газ одного из месторождений содержит метан (объемная доля 92%), этан (3%), пропан (1,6%), бутан (0,4%), азот (2%), оксид углерода (IV), пары воды и другие негорючие газы (1%). Какой объем воздуха потребуется для сжигания газа объемом 5 м<sup>3</sup> (н. у.)? Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%. Объем воздуха рассчитайте при нормальных условиях.

Дано:

$$\omega(\text{CH}_4) = 92\%$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = 3\%$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_8) = 1,6\%$$

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,4\%$$

$$\omega(\text{N}_2) = 2\%$$

$$V = 5 \text{ м}^3$$

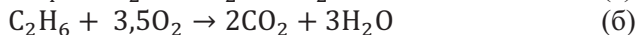
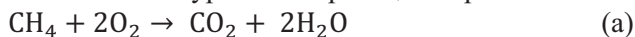
$$\omega(\text{O}_2) = 21\%$$

Найти:  $V_{\text{возд.}}$  — ?

Решение задачи № 1.

Природный газ содержит четыре горючих компонента: метан  $\text{CH}_4$ , этан  $\text{C}_2\text{H}_6$ , пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$  и бутан  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .

1. Составляем уравнения реакций горения газов:



2. Определяем их объемы в природном газе объемом  $5 \text{ м}^3$ :

$$\begin{aligned}V(\text{CH}_4) &= V \cdot \omega(\text{CH}_4); & V(\text{CH}_4) &= 5 \cdot 0,92 \text{ м}^3 = 4,6 \text{ м}^3; \\V(\text{C}_2\text{H}_6) &= V \cdot \omega(\text{C}_2\text{H}_6); & V(\text{C}_2\text{H}_6) &= 5 \cdot 0,03 \text{ м}^3 = 0,15 \text{ м}^3; \\V(\text{C}_3\text{H}_8) &= V \cdot \omega(\text{C}_3\text{H}_8); & V(\text{C}_3\text{H}_8) &= 5 \cdot 0,016 \text{ м}^3 = 0,08 \text{ м}^3; \\V(\text{C}_4\text{H}_{10}) &= V \cdot \omega(\text{C}_4\text{H}_{10}); & V(\text{C}_4\text{H}_{10}) &= 5 \cdot 0,004 \text{ м}^3 = 0,02 \text{ м}^3;\end{aligned}$$

3. Из уравнения (а) следует:

$$\begin{aligned}V_a(\text{O}_2) &= 2V(\text{CH}_4); & V_a(\text{O}_2) &= 2 \cdot 4,6 \text{ м}^3 = 9,2 \text{ м}^3 \\ \text{Аналогично, используя уравнения реакций (б), (в) и (г), получаем:} \\ V_b(\text{O}_2) &= 3,5V(\text{C}_2\text{H}_6); & V_b(\text{O}_2) &= 3,5 \cdot 0,15 \text{ м}^3 = 0,525 \text{ м}^3; \\ V_v(\text{O}_2) &= 5V(\text{C}_3\text{H}_8); & V_v(\text{O}_2) &= 5 \cdot 0,08 \text{ м}^3 = 0,4 \text{ м}^3; \\ V_r(\text{O}_2) &= 6,5V(\text{C}_4\text{H}_{10}); & V_r(\text{O}_2) &= 6,5 \cdot 0,02 \text{ м}^3 = 0,13 \text{ м}^3;\end{aligned}$$

4. Общий объем кислорода, требуемый для реакции, составляет:

$$\begin{aligned}V(\text{O}_2) &= V_a(\text{O}_2) + V_b(\text{O}_2) + V_v(\text{O}_2) + V_r(\text{O}_2); \\ V(\text{O}_2) &= (9,2 + 0,525 + 0,4 + 0,13) \text{ м}^3 = 10,255 \text{ м}^3\end{aligned}$$

5. Вычисляем необходимый объем воздуха:

$$V_{\text{возд.}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\omega(\text{O}_2)}; \quad V_{\text{возд.}} = \frac{10,255 \text{ м}^3}{0,21} = 48,83 \text{ м}^3$$

**Ответ:**  $48,83 \text{ м}^3$ .

**Задача № 2.** На сжигание природного газа объемом  $200 \text{ л}$ , содержащего метан, этан и негорючие примеси, затратили кислород объемом  $395 \text{ л}$ . Объемы газов измерены при нормальных условиях. Определите объемные доли метана и этана в газе, если объемная доля негорючих примесей составляет  $5\%$ .

Дано:

$$\begin{aligned}\varphi_{\text{негор. прим.}} &= 5\% \\ V_{\text{прир. газ}} &= 200 \text{ л} \\ V(\text{O}_2) &= 395 \text{ л} \\ \text{Найти: } \varphi(\text{CH}_4) & \text{ — ?} \\ \varphi(\text{C}_2\text{H}_6) & \text{ — ?}\end{aligned}$$

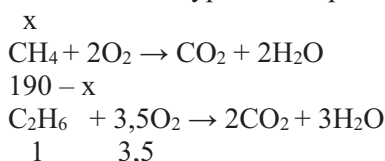
**Решение задачи № 2.**

1. Находим объем примесей:

$$\begin{aligned}V(\text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_6) &= V_{\text{газа}} - V_{\text{(прим.)}} \\ V_{\text{(прим.)}} &= 200 \text{ л} \cdot 0,5 = 10 \text{ л} \\ V(\text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_6) &= 200 \text{ л} - 10 \text{ л} = 190 \text{ л}\end{aligned}$$

2. Пусть  $V(\text{CH}_4) = x \text{ л}$ , тогда  $V(\text{C}_2\text{H}_6) = 190 - x$

3. Составляем уравнения реакций:



4. Далее ведем расчеты при помощи уравнения:

$$\begin{aligned}V_1(\text{O}_2) &= 2x \text{ л} \\ V_2(\text{O}_2) &= (190 - x) \cdot 3,5 = (665 - 3,5x) \text{ л} \\ 2x + 665 - 3,5x &= 395 \\ 270 &= 1,5x \\ x &= 180\end{aligned}$$

5. Определяем объемные доли:

$$V(\text{CH}_4) = 180 \text{ л};$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = \frac{180 \text{ л}}{200 \text{ л}} = 0,9 \cdot 100\% = 90\%$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 10 \text{ л};$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{10 \text{ л}}{200 \text{ л}} = 0,05 \cdot 100\% = 5\%$$

**Ответ:** объемные доли метана – 90%, этана – 5%.

**Задача № 3.** Аммиак сгорел в кислороде в замкнутом сосуде без катализатора. После окончания реакции и охлаждения смеси объем газа составил 8,96 л (н. у.). Эту газовую смесь пропустили через избыток раствора ортофосфорной кислоты, при этом объем газа уменьшился на 3,36 л (н. у.). Определите массу магния, который мог бы прореагировать с оставшимся после прохождения смеси через кислоту газом. Рассчитайте объем аммиака в исходной смеси с кислородом.

Дано:

$$V_{\text{(газа после охл)}} = 8,96 \text{ л}$$

$$V_{\text{(уменьш.)}} = 3,36 \text{ л}$$

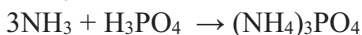
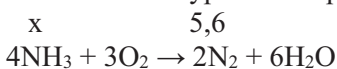
Найти:

$$m(\text{Mg}) \text{ — ?}$$

$$V(\text{NH}_3) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 3.**

1. Составляем уравнения реакций:



2. Объем смеси уменьшился за счет взаимодействия непрореагированного аммиака с кислородом:

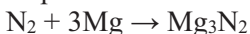
$$V_{\text{(ост. газа)}} = V(\text{N}_2) = 8,96 - 3,36 = 5,6 \text{ л}$$

$$x/4 = 5,6/2; x = 11,2 \text{ л}$$

3. Находим общий объем аммиака:

$$V_{\text{общ.}}(\text{NH}_3) = 11,2 + 3,36 = 14,56 \text{ л}$$

4. Составляем уравнение реакции и находим количества веществ каждого из реагентов:



$$n(\text{N}_2) = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

$$n(\text{Mg}) = 0,75 \text{ моль}$$

5. Определяем массу магния:

$$m(\text{Mg}) = 0,75 \text{ моль} \cdot 24 \text{ г/моль} = 18 \text{ г}$$

**Ответ:** 18 г; 14,56 л.

**Задача № 4.** При сгорании алкана массой 3,6 г образуется оксид углерода (IV) объемом 5,6 л (н. у.). Какой объем кислорода, приведенный к нормальным условиям, потребуется для реакции?

Дано:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 3,6 \text{ г}$$

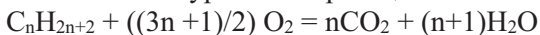
$$V(\text{CO}_2) = 5,6 \text{ л}$$

Найти:

$$V(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 4.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Определяем количество вещества:

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = \frac{3,6}{(14n+2)}$$

$$\frac{3,6}{(14n+2)} = \frac{0,25}{n}$$

$$\frac{(3n+1)}{2}, \text{ при } n=5$$

$$\frac{(3 \cdot 5 + 1)}{2} = 8$$

3. Составляем пропорцию и находим объем кислорода:

$$\frac{x}{8} = \frac{5,6}{5}; \quad x = \frac{(5,6 \times 8)}{5}; \quad x = 8,96 \text{ л}$$

**Ответ:** 8,96 л.

**Задача № 5.** Продуктами горения углеводорода массой 14,2 г являются оксид углерода (IV) и вода массой 19,8 г. Какой объем кислорода был затрачен в процессе горения? Объем рассчитайте при нормальных условиях.

Дано:

$$m(\text{C}) = 14,2 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 19,8 \text{ г}$$

$$V(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 5.

1. Составим уравнения реакций:



2. Находим количество вещества:

$$n(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{112 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 5 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_8)/n(\text{CO}_2) = 1/3$$

$$n(\text{CO}_2) = 3n(\text{C}_3\text{H}_8) = 3 \cdot 5 = 15 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2)/n(\text{KOH}) = 1/2$$

$$n(\text{KOH}) = 2n(\text{CO}_2) = 2 \cdot 15 = 30 \text{ моль}$$

$$n = \frac{m}{M_r}$$

$$m = n \cdot M_r$$

3. Находим массы:

$$m(\text{KOH}) = 15 \cdot 56 = 840 \text{ г}$$

$$m_{(\text{р-ра})} = \frac{840 \text{ г}}{0,2} = 4200 \text{ г}$$

$$m = \rho \cdot V$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

4. Находим объем:



$$V_{\text{р-ра}} = \frac{4200 \text{ г}}{1,19 \text{ г/мл}} = 3529,4 \text{ мл} = 3,5 \text{ л}$$

$$5. n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{19,8 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 1,1 \text{ моль}$$

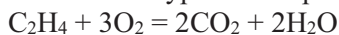
$$6. m(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль} \cdot 1,1 \text{ моль} = 2,2 \text{ г}$$

$$m(\text{C}) = 14,2 \text{ г} - 2,2 \text{ г} = 12 \text{ г}$$

$$7. \text{C:H} = \frac{12}{12} : \frac{2,2}{1} = 1:2$$

$\text{C}_2\text{H}_4$  – этилен

8. Составим уравнение реакции:



9. Найдем количество вещества:

$$n(\text{C}_2\text{H}_4) = 14,2/28 = 0,507$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_4)/n(\text{O}_2) = 1/3$$

$$n(\text{O}_2) = 3n(\text{C}_2\text{H}_4) = 3 \cdot 0,507 \text{ моль} = 1,521 \text{ моль}$$

10. Найдем объем:

$$V(\text{O}_2) = 1,521 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 34,08 \text{ л}$$

**Ответ:** 34,08 л.

**Задача № 6.** Какой объем раствора с массовой долей гидроксида калия 20% и плотностью 1,19 г/мл потребуется для поглощения всего оксида углерода (IV), полученного при сжигании пропана объемом 112 л (н. у.)?

Дано:

$$\omega(\text{KOH}) = 20\%$$

$$\rho = 1,19 \text{ г/мл}$$

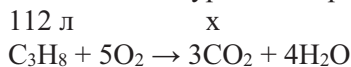
$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = 112 \text{ л}$$

Найти:

$$V_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 6.**

1. Составляем уравнение реакции:

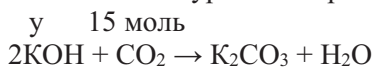


2. Находим объем и количество вещества углекислого газа:

$$V(\text{CO}_2) = 336 \text{ л}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{336 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 15 \text{ моль}$$

3. Составляем уравнение реакции:



$$y = 30 \text{ моль}$$

4. Вычисляем массу и массу раствора гидроксида калия:

$$m(\text{KOH}) = 30 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 1680 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = \frac{1680 \text{ г}}{0,2 \text{ моль}} = 8400 \text{ г}$$

5. Определяем объем раствора:

$$V_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = \frac{8400 \text{ г}}{1,19 \text{ г/мл}} = 7058,8 \text{ мл} = 7 \text{ л}$$

**Ответ:** 7 л.

**Задача № 7.** Какой объем воздуха потребуется для сжигания смеси метана объемом 5 л с этаном объемом 2 л? Объемная доля кислорода в воздухе составляет 21%. Все объемы приведены к нормальным условиям.

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 5 \text{ л}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 2 \text{ л}$$

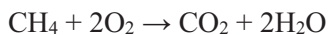
$$\varphi(\text{O}_2) = 21\%$$

Найти:  $V_{\text{возд.}}$  — ?

Решение задачи № 7.

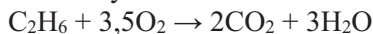
1. Составляем уравнение реакций:

$$5 \text{ л} \quad x \text{ л}$$



$$1 \text{ л} \quad 2 \text{ л}$$

$$2 \text{ л} \quad y \text{ л}$$



$$1 \text{ л} \quad 3,5 \text{ л}$$

2. При помощи пропорции находим общий объем кислорода:

$$x = 10 \text{ л}$$

$$y = 7 \text{ л}$$

$$V_{\text{общ.}}(\text{O}_2) = 17 \text{ л}$$

3. Находим объем воздуха:

$$V_{\text{возд.}} = \frac{17 \text{ л}}{0,21} = 80,9 \text{ л}$$

**Ответ:** 80,9 л.

**Задача № 8.** Образец технического карбида алюминия массой 16 г обрабатывали избытком воды. Определите объем газа, который получили при этом, если массовая доля примесей в карбиде составляет 10%, а выход продукта реакции равен 75%. Объем газа рассчитайте при нормальных условиях.

Дано:

$$m_{\text{техн.}}(\text{Al}_4\text{C}_3) = 16 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{прим.}} = 10\%$$

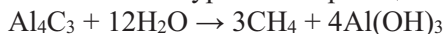
$$\eta_{\text{прод.}} = 75\%$$

Найти:

$$V_{\text{газа}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 8.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим массовую долю и массу карбида алюминия:

$$\omega(\text{Al}_4\text{C}_3) = 100\% - 10\% = 90\%$$

$$m(\text{Al}_4\text{C}_3) = 16 \text{ г} \cdot 0,9 = 14,4 \text{ г}$$

3. Вычисляем количество веществ:

$$n(\text{Al}_4\text{C}_3) = \frac{14,4 \text{ г}}{144 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_4)_{\text{теор.}} = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(\text{CH}_4)_{\text{практ.}} = 0,3 \text{ моль} \cdot 0,75 = 0,225 \text{ моль}$$

4. Находим объем газа:

$$V(\text{CH}_4) = 0,225 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5,04 \text{ л}$$

**Ответ:** 5,04 л.

**Задача № 9.** Природный газ объемом 240 л (н. у.) использовали для получения ацетилен. Объемная доля метана в газе составляет 85%. Определите объем образовавшегося ацетилен, приведенный к нормальным условиям, если его выход составил 60%.

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 240 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = 85\%$$

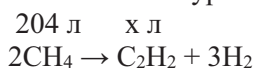
$$\eta(\text{C}_2\text{H}_2) = 60\%$$

Найти:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 9.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим объем метана:

$$V(\text{CH}_4) = 240 \text{ л} \cdot 0,85 = 204 \text{ л}$$

3. Находим теоретический и практический выход ацетилен:

$$V_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_2) = 102 \text{ л}$$

$$V_{\text{пр.}}(\text{C}_2\text{H}_2) = 102 \text{ л} \cdot 0,6 = 61,2 \text{ л}$$

**Ответ:** 61,2 л.

**Задача № 10.** Из природного газа объемом 40 л (н. у.) получили хлорметан массой 30,3 г. Определите объемную долю метана в природном газе, если выход хлорметана равен 40% от теоретически возможного.

Дано:

$$V_{\text{пр. газа}} = 40 \text{ л}$$

$$m(\text{CH}_3\text{Cl}) = 30,3 \text{ г}$$

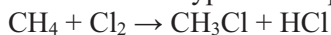
$$\eta(\text{CH}_3\text{Cl}) = 40\%$$

Найти:

$$\varphi(\text{CH}_4) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 10.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим количество вещества каждого реагента:

$$n_{\text{прак.}}(\text{CH}_3\text{Cl}) = \frac{30,3 \text{ г}}{50,5 \text{ г/моль}} = 0,6 \text{ моль}$$

$$n_{\text{теор.}}(\text{CH}_3\text{Cl}) = \frac{0,6 \text{ моль}}{0,4} = 1,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_4) = 1,5 \text{ моль}$$

3. Определяем объем и объемную долю метана:

$$V(\text{CH}_4) = 1,5 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 33,6 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = \frac{33,6 \text{ л}}{40} = 0,84 \cdot 100\% = 84\%$$

**Ответ:** 84%.

**Задача № 11.** Какой объем природного газа, который содержит метан (объемная доля 96%), азот, благородные газы, оксид углерода и незначительные количества других примесей, потребуется для получения водорода, при помощи которого можно восстановить оксид молибдена (VI) массой 14,4 кг? Водород получают конверсией природного газа с водяным паром. Выход водорода составляет 80%. Объем рассчитайте при нормальных условиях.

Дано:

$$\varphi(\text{CH}_4) = 96\%$$

$$m(\text{MoO}_3) = 14,4 \text{ кг}$$

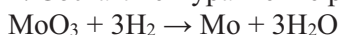
$$\eta(\text{H}_2) = 80\%$$

Найти:

$$V_{\text{пр. газ}} = ?$$

**Решение задачи № 11.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Вычисляем количество вещества каждого реагента:

$$n(\text{MoO}_3) = \frac{14,4 \text{ кг}}{144 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) = 0,3 \text{ моль}$$



$$n_{\text{т}}(\text{H}_2) = \frac{0,3 \text{ моль}}{0,8} = 0,375 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_4) = 0,125 \text{ моль}$$

4. Находим объем метана и природного газа:

$$V(\text{CH}_4) = 0,125 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 2,8 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{пр. газа}} = \frac{2,8 \text{ м}^3}{0,96} = 2,92 \text{ м}^3$$

**Ответ:** 2,92 м<sup>3</sup>.

**Задача № 12.** Какой объем хлороформа плотностью 1,5 г/мл можно получить из природного газа объемом 60 л (н. у.), объемная доля метана в котором составляет 90%? Выход хлороформа равен 70% от теоретически возможного.

Дано:

$$\rho(\text{CHCl}_3) = 1,5 \text{ г/мл}$$

$$V_{\text{пр. газа}} = 60 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = 90\%$$

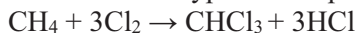
$$\eta(\text{CHCl}_3) = 70\%$$

Найти:

$$V(\text{CHCl}_3) = ?$$

**Решение задачи № 12.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим количество вещества метана и хлороформа:

$$V(\text{CH}_4) = 60 \text{ л} \cdot 0,9 = 54 \text{ л}$$

$$n(\text{CH}_4) = \frac{54 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 2,4 \text{ моль}$$

$$n_{\text{теор.}}(\text{CHCl}_3) = 2,4 \text{ моль}$$

$$n_{\text{практ.}}(\text{CHCl}_3) = 1,68 \text{ моль}$$

3. Вычисляем массу и объем хлороформа:

$$m(\text{CHCl}_3) = 1,68 \text{ моль} \cdot 119,5 \text{ г/моль} = 200,76 \text{ г}$$

$$V(\text{CHCl}_3) = \frac{200,76 \text{ г}}{1,5} \approx 134,4 \text{ мл}$$

**Ответ:** 134,4 мл.

**Задача № 13.** В сосуде вместимостью 13,44 л находится при нормальных условиях смесь этана, этилена и ацетилен. Масса сосуда со смесью равна 1230 г, масса откачанного сосуда равна 1213 г. При пропускании смеси через избыток аммиачного раствора оксида серебра образовалось твердое вещество массой 48 г. Рассчитайте объемные доли газов в смеси.

Дано:

$$m_{\text{осадка}} = 48 \text{ г}$$

$$V_{\text{см.}} = 13,44 \text{ л}$$

$$m_{(\text{сос.} + \text{см.})} = 1230 \text{ г}$$

$$m_{(\text{сос.})} = 1213 \text{ г}$$

Найти:

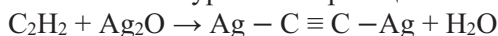
$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) \text{ — ?}$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) \text{ — ?}$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 13.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим количество вещества каждого реагента:

$$n(\text{C}_2\text{Ag}_2) = \frac{48 \text{ г}}{240 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,2 \text{ моль}$$

3. Находим объем и объемную долю ацетилен:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,48 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{4,48 \text{ л}}{13,44 \text{ л}} \cdot 100\% = 33,3\%$$

4. Вычисляем массу смеси:

$$m_{\text{см.}} = 1230 - 1213 = 17 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,2 \text{ моль} \cdot 26 \text{ г/моль} = 5,2 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_4) = 17 \text{ г} - 5,2 \text{ г} = 11,8 \text{ г}$$

5. Объем каждого вещества обозначаем через  $x$ :

$$V(\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_4) = 13,44 - 4,48 = 8,96 \text{ л}$$

$$\text{Пусть } V(\text{C}_2\text{H}_6) = x \text{ л, тогда } V(\text{C}_2\text{H}_4) = 8,96 - x \text{ л}$$

6. Находим количество вещества:

$$n(\text{C}_2\text{H}_6) = x / 22,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_4) = (8,96 - x) / 22,4 \text{ моль}$$

7. С помощью уравнения находим массу веществ:

$$m(\text{C}_2\text{H}_6) = x \cdot 30 / 22,4 = 1,34x$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_4) = (8,96 - x) \cdot 28 / 22,4 = 11,2 - 1,25x$$

$$1,34x + 11,2 - 1,25x = 11,8$$

$$0,09x = 0,6$$

$$x = 6,67$$

8. Находим объемные доли остальных газов смеси:

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{6,67}{13,44} \cdot 100\% \approx 50\%$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{2,29}{13,44} \cdot 100\% \approx 16,7\%$$

**Ответ:** 50% этана, 16,7% этилена и 33,3% ацетилена.

## 5.2. Задачи на нахождение массы веществ

### 5.2.1. Предельные углеводороды

#### Начальный уровень

**Задача № 1.** При взаимодействии карбида алюминия  $\text{Al}_4\text{C}_3$  с водой образуются метан и гидроксид алюминия. Составьте уравнение этой реакции и рассчитайте массу карбида алюминия, которая необходима для получения метана объемом 11,2 л (н. у.).

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 11,2 \text{ л}$$

Найти:

$$m(\text{Al}_4\text{C}_3) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции и с помощью пропорции вычислим массу:

$$\begin{array}{r} \text{х г} \qquad \qquad \qquad 11,2 \text{ л} \\ \text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CH}_4 \\ 144 \text{ г/моль} \qquad \qquad \qquad 3 \cdot 22,4 \text{ л/моль} \\ \frac{11,2 \text{ л}}{67,2 \text{ л/моль}} = \frac{\text{х г}}{144 \text{ г/моль}} \\ \text{х} = \frac{11,2 \text{ л} \cdot 144 \text{ г/моль}}{67,2 \text{ л/моль}} = 24 \text{ г} \end{array}$$

**Ответ:** 24 г.

**Задача № 2.** Какая масса воды образуется при сгорании в кислороде пяти парафиновых свечей массой 100 г каждая, если массовая доля углерода в этом образце парафина составляет 80%?

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 80\%$$

Найти:

$$m(\text{H}_2\text{O}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Находим объемную долю и массу водорода:

$$\omega(\text{H}) = 100\% - 80\% = 20\%$$

$$m(\text{H}) = 5 \cdot 100 \cdot 0,2 = 100 \text{ г}$$

2. Составим уравнение реакции и с помощью пропорции вычислим массу воды:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ г} \qquad \qquad \qquad \text{х г} \\ 2\text{H} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} \\ 2 \text{ г/моль} \qquad 18 \text{ г/моль} \end{array}$$

$$\frac{100 \text{ г}}{2 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{18 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{100 \text{ г} \cdot 18 \text{ г/моль}}{2 \text{ г/моль}} = 900 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 900 \text{ г}$$

**Ответ:** 900 г.

**Задача № 3.** Какая масса сажи образуется при термическом разложении этана массой 90 г, если массовая доля выхода сажи составляет 80%?

Дано:

$$m(\text{C}_2\text{H}_6) = 90 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}) = 80\%$$

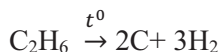
Найти:

$$m(\text{C}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составим уравнение реакции и найдем теорет. массу сажи:

$$90 \text{ г} \quad x \text{ г}$$



$$30 \text{ г/моль} \quad 2 \cdot 12 \text{ г/моль}$$

$$\frac{90 \text{ г}}{30 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{24 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{90 \text{ г} \cdot 24 \text{ г/моль}}{30 \text{ г/моль}} = 72 \text{ г}$$

2. Находим практическую массу сажи:

$$m_{\text{пр.}}(\text{C}) = \eta(\text{C}) \cdot m_{\text{теор.}} = 0,8 \cdot 72 \text{ г} = 57,6 \text{ г}$$

**Ответ:** 57,6 г.

**Задача № 4.** Рассчитайте массу сажи, которая образуется при разложении метана массой 24 г.

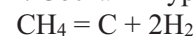
Дано:

$$m(\text{CH}_4) = 24 \text{ г}$$

Найти:  $m(\text{C})$  — ?

Решение задачи № 4.

1. Составим уравнение реакции разложения метана:



2. По реакции наблюдаем, что количество метана равно количеству сажи:

$$n(\text{CH}_4) = n(\text{C}) = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)} = \frac{24 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 1,5 \text{ моль}$$

3. Находим массу сажи:

$$m(\text{C}) = 1,5 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 18 \text{ г}$$

**Ответ:** 18 г.

**Задача № 5.** Некоторый объем метана имеет массу 10 г. Рассчитайте массу такого же пропана (н. у.).

Дано:

$$m(\text{CH}_4) = 10 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{C}_3\text{H}_8) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 5.

1. Находим объем метана:

$$V(\text{CH}_4) = n \cdot V_m = \frac{m}{M} \cdot V_m = \frac{10 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 14 \text{ л}$$

2. Находим объем пропана:

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = V(\text{CH}_4) = 14 \text{ л}$$

3. Вычислим массу пропана:

$$m(\text{C}_3\text{H}_8) = n \cdot M = \frac{V}{V_m} \cdot M = \frac{14 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 44 \text{ г/моль} = 27,5 \text{ г}$$

**Ответ:** 27,5 г.

### Средний уровень

**Задача № 1.** При нитровании метана азотной кислотой образуется нитрометан  $\text{CH}_3\text{NO}_2$  и вода. Составьте уравнение этой реакции и рассчитайте, какую массу нитрометана можно получить при нитровании метана массой 32 г, приняв, что массовая доля выхода продукта составляет 90%.

Дано:

$$m(\text{CH}_4) = 32 \text{ г}$$

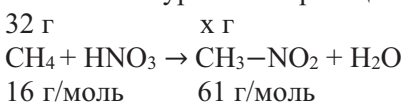
$$\eta = 90\%$$

Найти:

$$m(\text{CH}_3\text{NO}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции:



2. Составим пропорцию и найдем массу

$$\frac{32 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{61 \text{ г/моль}}$$
$$x = \frac{32 \text{ г} \cdot 61 \text{ г/моль}}{16 \text{ г/моль}} = 122 \text{ г (CH}_3\text{—NO}_2)$$

3. Вычисляем массу нитрометана:

$$m_{\text{пр.}}(\text{CH}_3\text{NO}_2) = \eta(\text{CH}_3\text{NO}_2) \cdot m_{\text{теор.}} = 0,9 \cdot 122 \text{ г} = 109,8 \text{ г}$$

**Ответ:** 109,8 г.

**Задача № 2.** При нитровании гексана азотной кислотой при нагревании образуются нитрогексан  $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2$  и вода. Составьте уравнение этой реакции и рассчитайте, какую массу нитрогексана можно получить при нитровании гексана массой 43 г, приняв, что массовая доля выхода продукта составляет 80%.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 43 \text{ г}$$

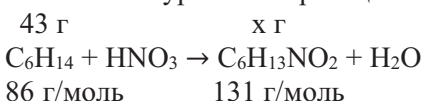
$$\eta = 80\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составим уравнение реакции:





2. Составим пропорцию и найдем массу теоретическую:

$$\frac{43 \text{ г}}{86 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{131 \text{ г/моль}}$$
$$x = \frac{43 \text{ г} \cdot 131 \text{ г/моль}}{86 \text{ г/моль}} = 65,5 \text{ г}$$

3. Вычислим массу нитрогексана:

$$m_{\text{пр.}}(\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2) = \eta(\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_2) \cdot m_{\text{теор.}} = 0,8 \cdot 65,5 \text{ г} = 52,4 \text{ г}$$

**Ответ:** 52,4 г.

## 5.2.2. Непредельные углеводороды

### Начальный уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу брома, которую может присоединить смесь объемом 10 л, содержащая 32,8% этилена и 67,2% пропилена (н. у.).

Дано:

$$V_{\text{см.}} = 10 \text{ л}$$

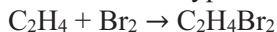
$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 32,8\%$$

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = 67,2\%$$

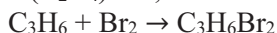
Найти:  $m(\text{Br}_2)$  — ?

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнения реакций и находим объем этилена и пропилена:



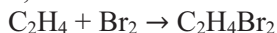
$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,328 \cdot 10 \text{ л} = 3,28 \text{ л}$$



$$V(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,672 \cdot 10 \text{ л} = 6,72 \text{ л}$$

2. Составляем пропорции, обозначив массу брома через  $x$  и  $y$ , определяем массу в каждой реакции:

$$3,28 \text{ л} \quad x \text{ г}$$

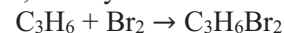


$$22,4 \text{ л/моль} \quad 160 \text{ г/моль}$$

$$\frac{3,28 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ г}}{160 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{3,28 \text{ л} \cdot 160 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 23,4 \text{ г}$$

$$6,72 \text{ л} \quad y \text{ г}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 160 \text{ г/моль}$$

$$\frac{6,72 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{y \text{ г}}{160 \text{ г/моль}}$$

$$y = \frac{6,72 \text{ л} \cdot 160 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 48 \text{ г}$$

3. Нахождение общей массы брома:

$$M_{\text{общ.}}(\text{Br}_2) = 23,4 \text{ г} + 48 \text{ г} = 71,4 \text{ г}$$

**Ответ:** 71,4 г.

**Задача № 2.** Какую массу бромной воды с массовой долей брома 1,6% может обесцветить пропилен объемом 1,12 л (н. у.)?

Дано:

$$\omega(\text{Br}) = 1,6\%$$

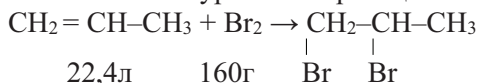
$$V(\text{C}_3\text{H}_6) = 1,12 \text{ л}$$

Найти:

$m_{\text{р-ра}}$  — ?

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Составляем пропорцию, находим массу брома:

$$\frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ г}}{160 \text{ г/моль}}$$
$$x = \frac{1,12 \text{ л} \cdot 160 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 8 \text{ г}$$

3. Определяем массу раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = \frac{m(\text{Br}_2)}{\omega(\text{Br}_2)} = \frac{8 \text{ г}}{0,016} = 500 \text{ г}$$

**Ответ:** 500 г.

### 5.2.3. Ацетиленовые углеводороды

Начальный уровень

**Задача № 1.** Некоторый объем этилена имеет массу 7 г. Рассчитайте массу такого же объема пропилена (н. у.).

Дано:

$$m(\text{C}_2\text{H}_4) = 7 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Находим объем этилена:

$$m(\text{C}_2\text{H}_4) = n \cdot V_m = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_4)}{M(\text{C}_2\text{H}_4)} \cdot V_m = \frac{7 \text{ г}}{28 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5,6 \text{ л}$$

2. Определяем массу пропилена:

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) = n \cdot M = \frac{V}{V_m} \cdot M(\text{C}_3\text{H}_6) = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 42 \text{ г/моль} = 10,5 \text{ г}$$

**Ответ:** 10,5 г.

**Задача № 2.** Какую массу брома может присоединить смесь ацетилена с метаном объемом 25 л (н. у.)? Объемная доля метана в смеси составляет 20%.

Дано:

$$V_{\text{см.}} = 25 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = 20\%$$

Найти:

$$m(\text{Br}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Находим массовую долю и объем ацетилена:

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_2) = 100\% - 20\% = 80\%$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 25 \cdot 0,8 = 20 \text{ л}$$

2. Составляем уравнение реакции и пропорцию для нахождения массы брома:

$$20 \text{ л} \quad x \text{ г}$$

$$\begin{array}{l} \text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4 \\ 22,4 \text{ л/моль} \quad 320 \text{ г/моль} \\ \frac{20 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ г}}{320 \text{ г/моль}} \\ x = \frac{20 \text{ л} \cdot 320 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 285,7 \text{ г} \end{array}$$

$$m(\text{Br}_2) = 285,7 \text{ г}$$

**Ответ:** 285,7 г.

**Задача № 3.** Рассчитайте массу 1,1,2,2-тетрахлорэтана, который образуется при взаимодействии ацетиленом объемом 6 л и хлора объемом 15 л.

Дано:

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = 6 \text{ л}$$

$$m(\text{Cl}_2) = 15 \text{ л}$$

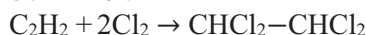
Найти:

$$m(\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 3.**

1. Составляем уравнение реакции:

$$6 \text{ л} \quad 15 \text{ л}$$



2. Определяем количество ацетиленом и хлора:

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,268 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{15 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,67 \text{ моль}$$

Т. к.  $\text{Cl}_2$  находится в избытке, то расчет ведем по  $\text{C}_2\text{H}_2$

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2) = 0,268 \text{ моль}$$

3. Рассчитываем массу:

$$m(\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2) = n \cdot M = 0,268 \cdot 168 = 45 \text{ г}$$

**Ответ:** 45 г.

**Задача № 4.** Некоторый объем ацетиленом имеет массу 39 г. Рассчитайте массу такого же объема пропина (н. у.).

Дано:

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = 39 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{C}_3\text{H}_4) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 4.**

1. Определяем объем ацетиленом:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = n \cdot V_m = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_2)}{M(\text{C}_2\text{H}_2)} \cdot V_m = \frac{39 \text{ г}}{26 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 33,6 \text{ л}$$

2. Рассчитываем массу пропина:

$$m(\text{C}_3\text{H}_4) = n \cdot M = \frac{V}{V_m} \cdot M(\text{C}_3\text{H}_4) = \frac{33,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 40 \text{ г/моль} = 60 \text{ г}$$

**Ответ:** 60 г.

### Средний уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу кислорода, необходимого для полного сгорания 208 г ацетиленом. Какая масса воздуха содержит эту массу кислорода? Массовая доля кислорода в воздухе составляет 23%.

Дано:

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = 208 \text{ г}$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 23\%$$

Найти:

$$m(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции:

$$208 \text{ г} \quad x \text{ г}$$



$$2 \cdot 26 \text{ г/моль} \quad 5 \cdot 32 \text{ г/моль}$$

2. Составляем пропорцию и находим массу кислорода:

$$\frac{208 \text{ г}}{52 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{160 \text{ г/моль}}$$
$$x = \frac{208 \text{ г} \cdot 160 \text{ г/моль}}{52 \text{ г/моль}} = 640 \text{ г} (\text{O}_2)$$

3. Рассчитываем массу воздуха:

$$m_{\text{возд}} = \frac{m(\text{O}_2)}{\varphi(\text{O}_2)} = \frac{640 \text{ г}}{0,23} = 2783 \text{ г}$$

**Ответ:** 640 г кислорода, 2783 г воздуха.

**Задача № 2.** Рассчитайте массу дивинила, который можно получить из 3 л этилового спирта ( $\rho = 0,8 \text{ г/мл}$ ), содержащего 96% этанола. Массовая доля выхода дивинила составляет 75%.

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 3 \text{ л}$$

$$\rho = 0,8 \text{ г/мл}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 96\%$$

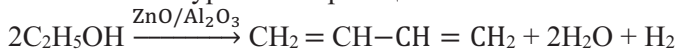
$$\eta(\text{C}_4\text{H}_6) = 75\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_4\text{H}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции:

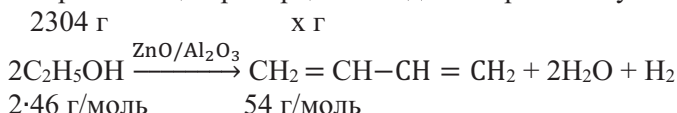


2. Находим массу раствора и этилового спирта:

$$m_{\text{р-ра}} = \rho \cdot V = 0,8 \text{ г/мл} \cdot 3000 \text{ мл} = 2400 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,96 \cdot 2400 \text{ г} = 2304 \text{ г}$$

3. При помощи пропорции находим теоретическую массу дивинила:



$$\frac{x \text{ г}}{54 \text{ г/моль}} = \frac{2304 \text{ г}}{92 \text{ г/моль}}$$
$$x = \frac{2304 \text{ г} \cdot 54 \text{ г/моль}}{92 \text{ г/моль}} = 1352 \text{ г}$$

4. Вычисляем массу практического выхода:

$$m_{\text{пр.}}(\text{C}_4\text{H}_6) = \eta(\text{C}_4\text{H}_6) \cdot m_{\text{теор.}} = 0,75 \cdot 1352 \text{ г} = 1014 \text{ г}$$

**Ответ:** 1014 г.

**Задача № 3.** Рассчитайте массу карбида кальция, содержащего 20% примесей, который потребуется для получения из него двухстадийным синтезом 12,5 г винилхлорида, если массовая доля выхода на каждой стадии синтеза составляет 80%.

Дано:

$$V_{\text{прим.}} = 20 \%$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}) = 12,5 \text{ г}$$

Найти:

$$m_{\text{карб.}} = ?$$

Решение задачи № 3.

1. Составляем уравнение реакции и находим массу примесей с помощью пропорции:

$$\begin{array}{r} x \text{ г} \qquad \qquad \qquad 12,5 \text{ г} \\ \text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_3\text{Cl} \\ 64 \text{ г/моль} \qquad \qquad \qquad 62,5 \text{ г/моль} \\ \hline \frac{x \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = \frac{12,5 \text{ г}}{62,5 \text{ г/моль}} \\ x = \frac{12,5 \text{ г} \cdot 64 \text{ г/моль}}{62,5 \text{ г/моль}} = 12,8 \text{ г} \end{array}$$

2. Находим массовую долю и теоретическую массу карбида кальция:

$$\omega(\text{CaC}_2) = 100\% - 20\% = 80\%$$

$$m_{\text{теор.}}(\text{CaC}_2) = \frac{m_{\text{пр.}}}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{12,8 \text{ г}}{0,8 \cdot 0,8} = 20 \text{ г}$$

3. Находим массу карбида кальция:

$$m_{\text{карб.}} = \frac{m(\text{CaC}_2)}{\omega(\text{CaC}_2)} = \frac{20 \text{ г}}{0,8} = 25 \text{ г}$$

**Ответ:** 25 г.

**Задача № 4.** Рассчитайте массу уксусного альдегида  $\text{CH}_3\text{CHO}$ , который можно получить из 104 г ацетиленов по реакции Кучерова, учитывая, что массовая доля выхода альдегида составляет 85%.

Дано:

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = 104 \text{ г}$$

$$\eta(\text{CH}_3\text{CHO}) = 85\%$$

Найти:

$$m(\text{CH}_3\text{CHO}) = ?$$

Решение задачи № 4.

1. Составляем уравнение реакции и при помощи пропорции определяем теоретическую массу:

$$\begin{array}{r} 104 \text{ г} \qquad \qquad \qquad x \text{ г} \\ \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{[\text{Hg}^{2+}]} \text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} \\ 26 \text{ г} \\ \hline \frac{104}{26} = \frac{x}{44}; x = 176 \text{ г} \end{array}$$

2. Находим массу уксусного альдегида:

$$m(\text{CH}_3\text{CHO}) = m_{\text{теор.}} \cdot \eta(\text{CH}_3\text{CHO}) = 176 \text{ г} \cdot 0,85 = 149,6 \text{ г}$$

**Ответ:** 149,6 г.

**Задача № 5.** Рассчитайте массу бромной воды с массовой долей брома 3,2%, которую обесцветит ацетилен, полученный из 40 г карбида кальция, содержащего 20% примесей.

Дано:

$$\omega(\text{Br}_2) = 3,2\%$$

$$V_{\text{прим.}} = 20\%$$

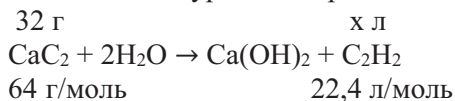
$$m(\text{CaC}_2) = 40 \text{ г}$$

Найти:

$$m_{\text{р-ра}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 5.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим массовую долю и массу карбида кальция:

$$\omega(\text{CaC}_2) = 100\% - 20\% = 80\%$$

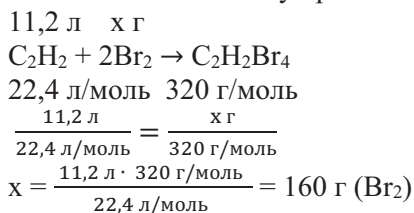
$$m(\text{CaC}_2) = 0,8 \cdot 40 \text{ г} = 32 \text{ г}$$

3. Определяем объем карбида кальция, составляя пропорцию:

$$\frac{\text{х г}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{32 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}}$$

$$\text{х} = \frac{32 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ г/моль}}{64 \text{ г/моль}} = 11,2 \text{ л}$$

4. Рассчитываем массу брома:



5. Рассчитываем массу раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = \frac{m(\text{Br}_2)}{\omega(\text{Br}_2)} = \frac{160 \text{ г}}{0,032} = 5000 \text{ г} = 5 \text{ кг}$$

**Ответ:** 5 кг

**Задача № 6.** Какую массу брома может присоединить смесь ацетилена с метаном объемом 25 л (н. у.)? Объемная доля метана в смеси составляет 20%.

Дано:

$$V_{\text{см.}} = 25 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = 20\%$$

Найти:

$$m(\text{Br}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 6.

1. Определяем массовую долю и объем ацетилена:

$$\omega(\text{CaC}_2) = 100\% - 20\% = 80\%$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 25 \text{ л} \cdot 0,8 = 20 \text{ л}$$

2. Составляем уравнение реакции и определяем массу брома через пропорцию:

$$\begin{array}{l}
 20 \text{ л} \quad \text{х г} \\
 \text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4 \\
 22,4 \text{ л/моль} \quad 320 \text{ г/моль} \\
 \frac{20 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{\text{х г}}{320 \text{ г/моль}} \\
 \text{х} = \frac{20 \text{ л} \cdot 320 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 285,7 \text{ г}
 \end{array}$$

**Ответ:** 285,7 г.

## 5.2.4. Ароматические углеводороды (арены)

Средний уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу ацетилена, которую следует взять для получения бензола количеством вещества 1 моль, если массовая доля выхода продукта составляет 30%.

Дано:

$$n = 1 \text{ моль}$$

$$\eta = 30\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем реакцию получения бензола:



2. Определяем теоретическую массу и количество ацетилена:

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = 3n(\text{C}_6\text{H}_6) = 3 \text{ моль};$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = n \cdot M = 3 \text{ моль} \cdot 26 \text{ г/моль} = 78 \text{ г}$$

3. Находим массу:

$$m_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{m_{\text{пр.}}}{\eta(\text{C}_6\text{H}_6)} = \frac{78 \text{ г}}{0,3} = 260 \text{ г}$$

**Ответ:** 260 г.

**Задача № 2.** Рассчитайте массу бромбензола, который можно получить из 39 г бензола. Выход бромбензола составляет 64%.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 39 \text{ г}$$

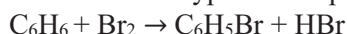
$$\eta(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) = 64\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Вычисляем молярные массы:

$$M(\text{C}_6\text{H}_6) = 12 \cdot 6 + 6 = 78 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) = 12 \cdot 6 + 5 + 80 = 157 \text{ г/моль}$$

3. Определяем массу через теоретический выход:

$$N = m_{(\text{практ.})} \cdot 100\% / m_{(\text{теор.})}$$

$$m_{(\text{теор.})} = M(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) \cdot m(\text{C}_6\text{H}_6) / M(\text{C}_6\text{H}_6) = 157 \text{ г/моль} \cdot 39 / 78 \text{ г/моль} = 78,5 \text{ г}$$

$$m_{(\text{практ.})} = m_{(\text{теор.})} \cdot n / 100\% = 78,5 \cdot 60\% / 100\% = 50,24 \text{ г}$$

**Ответ:** 50,24 г.

**Задача № 3.** Рассчитайте массу бензола, который потребуется для получения нитробензола массой 393,6 г, если массовая доля его выхода составляет 80%.

Дано:

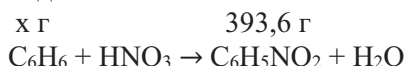
$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 393,6 \text{ г}$$

$$\eta = 80\%$$

Найти:  $m(\text{C}_6\text{H}_6)$  — ?

Решение задачи № 3.

1. Составляем уравнение реакции и вычисляем массу практического выхода бензола:



$$78 \text{ г/моль} \qquad \qquad \qquad 123 \text{ г/моль}$$

$$\frac{\text{х г}}{78 \text{ г/моль}} = \frac{393,6 \text{ г}}{123 \text{ г/моль}}$$

$$\text{х} = \frac{393,6 \text{ г} \cdot 78 \text{ г/моль}}{123 \text{ г/моль}} = 249,6 \text{ г}$$

2. Определяем массу теоретического выхода:

$$m_{\text{теор.}}(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{m_{\text{практ.}}}{\eta(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)} = \frac{249,6 \text{ г}}{0,8} = 312 \text{ г}$$

**Ответ:** 312 г.

## 5.2.5. Спирты и фенолы

### Начальный уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу пропилата натрия, который образуется при взаимодействии пропанола-1 массой 35 г с натрием массой 9,2 г.

Дано:

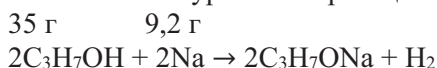
$$m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 35 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}) = 9,2 \text{ г}$$

Найти:  $m(\text{C}_3\text{H}_7\text{ONa})$  — ?

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции:

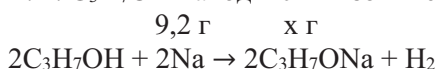


2. Находим количество вещества каждого реагента:

$$n(\text{Na}) = \frac{9,2 \text{ г}}{23 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{35 \text{ г}}{60 \text{ г/моль}} = 0,583 \text{ моль}$$

Т. к.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  находится в избытке, расчет ведем по Na:



$$2 \cdot 23 \text{ г/моль} \qquad 2 \cdot 82 \text{ г/моль}$$

$$\frac{9,2 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х г}}{164 \text{ г/моль}}$$



$$x = \frac{9,2 \text{ г} \cdot 164 \text{ г/моль}}{46 \text{ г/моль}} = 32,8 \text{ г}$$

**Ответ:** 32,8 г.

**Задача № 2.** Рассчитайте массу фенолята калия, который можно получить из гидроксида калия массой 20 г и фенола массой 20 г.

Дано:

$$m(\text{KOH}) = 20 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 20 \text{ г}$$

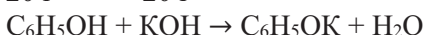
Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 2.**

1. Составляем уравнение реакции:

$$20 \text{ г} \quad 20 \text{ г}$$



2. Находим количество фенола и гидроксида калия:

$$n(\text{KOH}) = \frac{20 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,357 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{20 \text{ г}}{94 \text{ г/моль}} = 0,213 \text{ моль}$$

Т. к. KOH находится в избытке, расчет ведем по C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,213 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = n \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = 0,213 \text{ моль} \cdot 132 \text{ г/моль} = 28,1 \text{ г}$$

**Ответ:** 28,1 г.

**Задача № 3.** Вычислите массу фенолята натрия, полученного при взаимодействии фенола массой 9,4 г с натрием массой 1,61 г.

Дано:

$$m(\text{Na}) = 1,61 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 9,4 \text{ г}$$

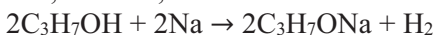
Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 3.**

1. Составляем уравнение реакции:

$$9,4 \text{ г} \quad 1,61 \text{ г}$$

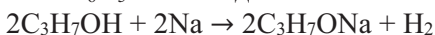


1. Вычисляем количество фенола и натрия:

$$n(\text{Na}) = \frac{1,61 \text{ г}}{23 \text{ г/моль}} = 0,07 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{9,4 \text{ г}}{94 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

Т. к. C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH находится в избытке, расчет ведем по Na



$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) = n(\text{Na}) = 0,07 \text{ моль}$$

2. Определяем массу:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) = n \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) = 0,07 \text{ моль} \cdot 116 \text{ г/моль} = 8,12 \text{ г}$$

**Ответ:** 8,12 г.

Средний уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу азотной кислоты, затраченной на нитрование фенола массой 18,8 г, в результате которого образуется 2,4,6-тринитрофенол.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 18,8 \text{ г}$$

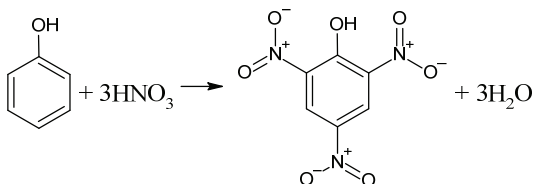
Найти:

$$m(\text{HNO}_3) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции:

$$18,8 \text{ г} \quad \text{х г}$$



2. При помощи пропорции находим массу азотной кислоты:

$$\frac{18,8 \text{ г}}{94 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х г}}{189 \text{ г/моль}}$$
$$\text{х} = \frac{18,8 \text{ г} \cdot 189 \text{ г/моль}}{94 \text{ г/моль}} = 37,8 \text{ г}$$

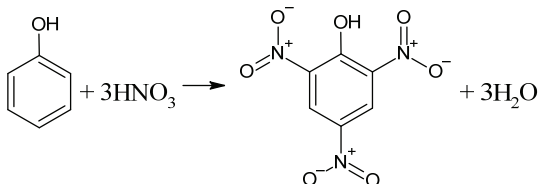
**Ответ:** 37,8 г.

**Задача № 2.** Рассчитайте массу азотной кислоты, затраченной на нитрование фенола массой 9,4 г, в результате которого образуется 2,4,6-тринитрофенол.

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции:

$$9,4 \text{ г} \quad \text{х г}$$



2. При помощи пропорции находим массу азотной кислоты:

$$\frac{9,4 \text{ г}}{94 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х г}}{189 \text{ г/моль}}$$
$$\text{х} = \frac{9 \text{ г} \cdot 189 \text{ г/моль}}{94 \text{ г/моль}} = 18,9 \text{ г}$$

**Ответ:** 18,9 г.

**Задача № 3.** Фенолят калия получен взаимодействием фенола массой 4,7 г и раствора массой 120 г с массовой долей KOH, равной 14%. Найдите массу фенолята калия.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 4,7 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = 120 \text{ г}$$

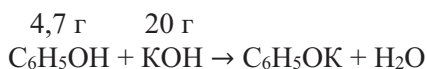
$$\omega(\text{KOH}) = 14\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составляем уравнение реакции:



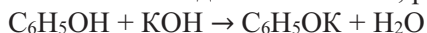
1. Находим количество веществ и массу гидроксида калия:

$$n(\text{KOH}) = \frac{16,8 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{4,7 \text{ г}}{94 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{KOH}) = 0,14 \cdot 120 \text{ г} = 16,8 \text{ г}$$

Т. к. KOH находится в избытке, расчет ведем по C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH



2. Вычисляем количество фенолята калия и его массу:

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = n \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 132 \text{ г/моль} = 6,6 \text{ г}$$

**Ответ:** 6,6 г.

**Задача № 4.** Составьте уравнения реакций, протекающих по схеме: метан → ацетилен → бензол → хлорбензол → фенол. Вычислите массу фенола, полученного из метана объемом 672 л (н. у.), если массовая доля выхода продукта составляет 40%.

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 672 \text{ л}$$

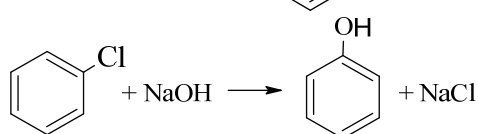
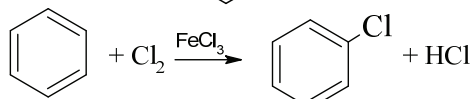
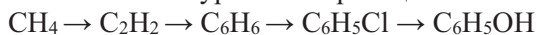
$$\eta = 40\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \text{ — ?}$$

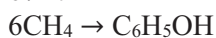
Решение задачи № 4.

1. Составляем уравнения реакций:



2. Пишем уравнение реакции и находим массу теоретического выхода фенола:

$$672 \text{ л} \quad x \text{ г}$$



$$6 \cdot 22,4 \text{ л/моль} \quad 94 \text{ г/моль}$$

$$\frac{672 \text{ г}}{134,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ г}}{94 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{672 \text{ г} \cdot 94 \text{ г/моль}}{134,4 \text{ л/моль}} = 470 \text{ г}$$

3. Практический выход равен:

$$m_{\text{практ.}} = \eta(C_6H_5OH) \cdot m_{\text{теор.}} = 0,4 \cdot 470 \text{ г} = 188 \text{ г}$$

**Ответ:** 188 г.

### 5.2.6. Альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты

#### Начальный уровень

**Задача № 1.** К раствору, содержащему 23 г муравьиной кислоты, прибавили 7 г оксида кальция. Рассчитайте массу образовавшейся соли.

Дано:

$$m(\text{НСООН}) = 23 \text{ г}$$

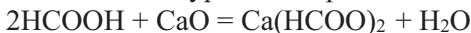
$$m(\text{СаО}) = 7 \text{ г}$$

Найти:

$$m_{\text{соли}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Найдем количество оксида кальция и муравьиной кислоты:

$$M(\text{НСООН}) = 2 \cdot 1 + 12 + 2 \cdot 16 = 2 + 12 + 32 = 46 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{НСООН}) = \frac{m}{M} = \frac{23 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

$$M(\text{СаО}) = 40 \cdot 1 + 16 = 56 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{СаО}) = \frac{7 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,125 \text{ моль}$$

3. Находим массу соли

$$x \text{ моль/1 моль} = 0,125 \text{ моль/1 моль}$$

$$M(\text{Са}(\text{НСОО})_2) = 40 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 16 \cdot 4 = 40 + 2 + 24 + 64 = 104 + 26 = 130 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{Са}(\text{НСОО})_2) = 0,125 \cdot 130 = 16,25 \text{ г}$$

**Ответ:** 16,25 г.

**Задача № 2.** Какую массу метанола можно получить из формальдегида массой 45 г, если массовая доля выхода продукта составляет 95%?

Дано:

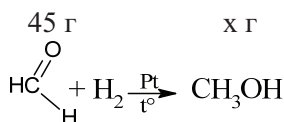
$$m(\text{CH}_2\text{O}) = 45 \text{ г}$$

$$\eta = 95\%$$

Найти:  $m(\text{CH}_3\text{OH})$  — ?

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции. Определим массу теоретического выхода метанола:



$$\frac{45 \text{ г}}{30 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{32 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{45 \text{ г} \cdot 32 \text{ г/моль}}{30 \text{ г/моль}} = 48 \text{ г}$$

2. Найдем массу практического выхода:

$$m_{\text{практ.}}(\text{CH}_3\text{OH}) = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 48 \text{ г} \cdot 0,95 = 45,6 \text{ г}$$

**Ответ:** 45,6 г.

**Задача № 3.** Какая масса муравьиной кислоты окислилась аммиачным раствором оксида серебра, если в результате реакции получено серебро количеством вещества 0,1 моль? Рассчитайте объем оксида углерода (IV), который при этом выделится.

Дано:

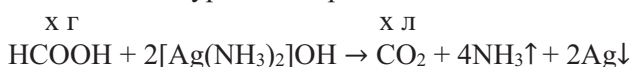
$$n(\text{Ag}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

Найти:

$$m(\text{HCOOH}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 3.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим количество вещества углекислого газа:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{HCOOH}) = 2/1n(\text{Ag}) = 0,05 \text{ моль}$$

3. Вычисляем массу муравьиной кислоты и объем углекислого газа:

$$m(\text{HCOOH}) = n \cdot M(\text{HCOOH}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 46 \text{ г/моль} = 2,3 \text{ г}$$

$$V(\text{CO}_2) = n \cdot V_m = 0,05 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1,12 \text{ л}$$

**Ответ:** 2,3 г; 1,12 л.

**Задача № 4.** На 200 г муравьиной кислоты подействовали: а) 50 г оксида натрия; б) 50 г гидроксида натрия. Вычислите, какая масса соли образовалась в каждом случае.

Дано:

$$m(\text{HCOOH}) = 200 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{O}) = 50 \text{ г}$$

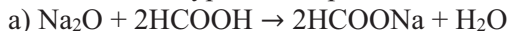
$$m(\text{NaOH}) = 50 \text{ г}$$

Найти:

$$m_{\text{соли}} \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 4.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим количества веществ:

$$n(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{50 \text{ г}}{62 \text{ г/моль}} = 0,806 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCOOH}) = \frac{200 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = 4,35 \text{ моль}$$

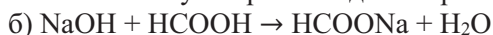
Т. к. HCOOH находится в избытке, расчет ведем по Na<sub>2</sub>O

3. Вычисляем массу соли:

$$n(\text{HCOONa}) = 2n(\text{Na}_2\text{O}) = 1,612 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCOONa}) = n \cdot M(\text{HCOONa}) = 1,612 \text{ моль} \cdot 68 \text{ г/моль} = 109,6 \text{ г}$$

4. Таким же путем решаем для второго вещества и находим массу:



$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{50 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 1,25 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCOOH}) = 4,35 \text{ моль}$$

**Ответ:** 109,6 г; 85 г.

**Задача № 5.** Рассчитайте массу фенолята натрия, который образуется при взаимодействии фенола массой 9,4 г с 50 г 12%-го раствора гидроксида натрия.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 9,4 \text{ г}$$

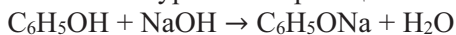
$$m(\text{NaOH}) = 50 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 5.**

1. Составим уравнение реакции:



2. Находим количество вещества фенола и массу гидроксида натрия:

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{9,4 \text{ г}}{94 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,12 \cdot 50 \text{ г} = 6 \text{ г}$$

3. Находим количество гидроксида натрия и фенолята натрия:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{6 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

Т. к. NaOH находится в избытке, расчет ведем по  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,1 \text{ моль}$$

4. Вычисляем массу:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) = n \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 116 \text{ г/моль} = 11,6 \text{ г}$$

**Ответ:** 11,6 г.

**Задача № 6.** Рассчитайте массу фенолята натрия, который может быть получен при взаимодействии фенола массой 4,7 г с раствором гидроксида натрия, содержащего 2,4 г NaOH.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 4,7 \text{ г}$$

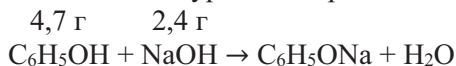
$$m(\text{NaOH}) = 2,4 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 6.**

1. Составляем уравнение реакции и найдем количества веществ:



$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{4,7 \text{ г}}{94 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{2,4 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,06 \text{ моль}$$

Т. к. NaOH находится в избытке, расчет ведем по  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,05 \text{ моль}$$

2. Вычисляем массу фенолята натрия:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) = n \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 116 \text{ г/моль} = 5,8 \text{ г}$$

**Ответ:** 5,8 г.

Средний уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу ацетилен, необходимого для получения ацетальдегида массой 11 г по реакции Кучерова, если массовая доля выхода альдегида составляет 90%.

Дано:

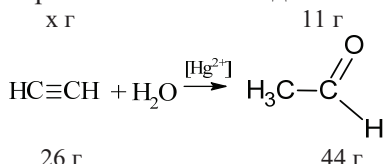
$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = 11 \text{ г}$$

$$\eta(\text{CH}_3\text{CHO}) = 90\%$$

Найти:  $m_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_2)$  — ?

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции и составим пропорцию для нахождения массы практического выхода:



$$\frac{26 \text{ г}}{x \text{ г}} = \frac{11 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{11 \text{ г} \cdot 26 \text{ г/моль}}{44 \text{ г/моль}} = 6,5 \text{ г}$$

2. Вычисляем теоретическую массу:

$$m_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{m_{\text{практ.}}}{\eta(\text{CH}_3\text{CHO})} = \frac{6,5 \text{ г}}{0,9} = 7,22 \text{ г}$$

**Ответ:** 7,22 г.

**Задача № 2.** Рассчитайте массу уксусного альдегида, который можно получить из 11,2 л ацетилен (н. у.) по реакции Кучерова, если массовая доля выхода альдегида составляет 90%.

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 11,2 \text{ л}$$

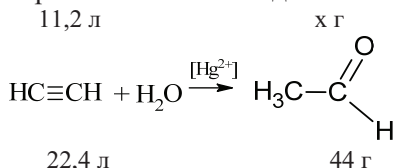
$$\eta(\text{CH}_3\text{CHO}) = 90\%$$

Найти:

$m_{\text{практ.}}$  — ?

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции и составим пропорцию для нахождения массы практического выхода:



$$\frac{22,4 \text{ л}}{11,2 \text{ л}} = \frac{x \text{ г}}{44 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{11,2 \text{ л} \cdot 44 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 22 \text{ г}$$

2. Находим практическую массу:

$$m_{\text{практ.}} = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 0,9 \cdot 22 \text{ г} = 19,8 \text{ г}$$

**Ответ:** 19,8 г.

**Задача № 3.** К раствору, содержащему 18,4 г муравьиной кислоты, прилили раствор, содержащий 28 г гидроксида калия. Рассчитайте массу образовавшейся соли.

Дано:

$$m(\text{НСООН}) = 18,4 \text{ г}$$

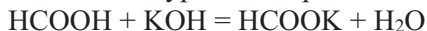
$$m(\text{КОН}) = 28 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{НСООК}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составим уравнение реакции:



2. Находим количества веществ:

$$n(\text{НСООН}) = \frac{m(\text{НСООН})}{M(\text{НСООН})} = \frac{18,4 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{КОН}) = \frac{m(\text{КОН})}{M(\text{КОН})} = \frac{28 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

3. Так как соотношение количеств веществ по уравнению 1:1, следовательно, НСООН в недостатке, а КОН в избытке. Значит, задача решается по недостатку:

$$n(\text{НСООН}) = n(\text{НСООК}) = 0,4 \text{ моль}$$

$$m(\text{НСООК}) = n(\text{НСООК}) \cdot M(\text{НСООК}) = 0,4 \text{ моль} \cdot 84 \text{ г/моль} = 33,6 \text{ г}$$

**Ответ:** 33,6 г.

**Задача № 4.** Вычислите массу чистой уксусной кислоты, затраченной на реакцию с раствором гидроксида натрия массой 120 г с массовой долей щелочи 25%.

Дано:

$$m(\text{NaOH}) = 120 \text{ г}$$

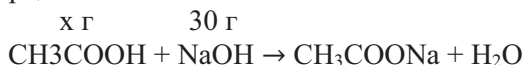
$$\omega = 25\%$$

Найти:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 4.

1. Составляем уравнение реакции и найдем массу кислоты при помощи пропорции:



$$60 \text{ г/моль} \quad 40 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,25 \cdot 120 \text{ г} = 30 \text{ г}$$

$$\frac{x \text{ г}}{60 \text{ г/моль}} = \frac{30 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{30 \text{ г} \cdot 60 \text{ г/моль}}{40 \text{ г/моль}} = 45 \text{ г}$$

**Ответ:** 45 г.

**Задача № 5.** Рассчитайте массу стеариновой кислоты  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ , которую можно получить из жидкого мыла, содержащего стеарат калия массой 96,6 г. Выход кислоты составляет 75%.

Дано:

$$m(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}) = 96,6 \text{ г}$$



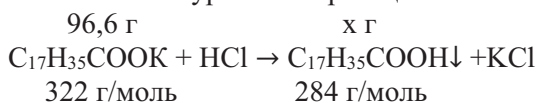
$$\eta = 75\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 5.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Пропорцией находим теоретическую массу стеариновой кислоты:

$$\frac{96,6 \text{ г}}{322 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{284 \text{ г/моль}}$$
$$x = \frac{96,6 \text{ г} \cdot 284 \text{ г/моль}}{322 \text{ г/моль}} = 85,2 \text{ г}$$

3. Находим практическую массу:

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}) = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 0,75 \cdot 85,2 \text{ г} = 63,9 \text{ г}$$

**Ответ:** 63,9 г.

**Задача № 6.** Рассчитайте массу оксида меди (II), который образуется при нагревании раствора этанала массой 55 г с гидроксидом меди (II). Массовая доля  $\text{CH}_3\text{COH}$  в растворе составляет 40%.

Дано:

$$m_{\text{р-ра}} = 55 \text{ г}$$

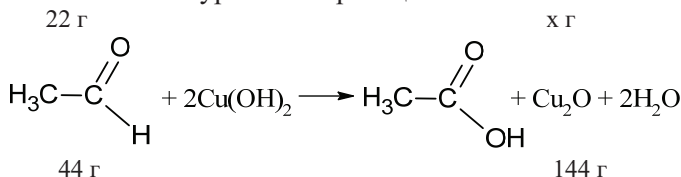
$$\omega(\text{CH}_3\text{COH}) = 40\%$$

Найти:

$$m(\text{Cu}_2\text{O}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 6.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Вычисляем массу  $\text{CH}_3\text{COH}$ :

$$m(\text{CH}_3\text{CHO}) = 0,4 \cdot 55 \text{ г} = 22 \text{ г}$$

3. Вычисляем массу оксида меди (II):

$$\frac{22 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{144 \text{ г/моль}}$$
$$x = \frac{22 \text{ г} \cdot 144 \text{ г/моль}}{44 \text{ г/моль}} = 72 \text{ г}$$

**Ответ:** 72 г.

**Задача № 7.** Рассчитайте массу уксусного альдегида, который можно получить при окислении этанола объемом 80  $\text{см}^3$  ( $\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$ ), если массовая доля его выхода составляет 90%.

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 80 \text{ см}^3$$

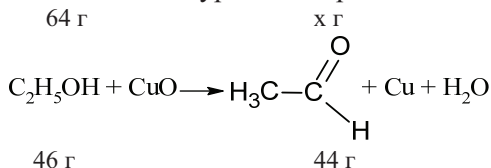
$$\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$$

$$\eta = 90\%$$

Найти:  $m_{\text{практ.}}(\text{CH}_3\text{CHO})$  — ?

Решение задачи № 7.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим массу этанола:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \rho \cdot V = 80 \text{ см}^3 \cdot 0,8 \text{ г/см}^3 = 64 \text{ г}$$

3. При помощи пропорции находим теоретическую массу уксусного альдегида:

$$\frac{64 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х г}}{44 \text{ г/моль}}$$
$$\text{х} = \frac{64 \text{ г} \cdot 44 \text{ г/моль}}{46 \text{ г/моль}} = 61,22 \text{ г}$$

4. Находим практическую массу:

$$m_{\text{практ.}}(\text{CH}_3\text{CHO}) = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 0,9 \cdot 61,22 = 55,1 \text{ г}$$

**Ответ:** 55,1 г.

**Задача № 8.** Рассчитайте массу бромэтана, который образуется при взаимодействии этилового спирта массой 92 г с избытком бромоводорода. Массовая доля выхода продукта реакции составляет 85%.

Дано:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 92 \text{ г}$$

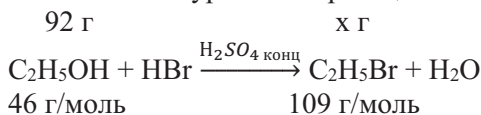
$$\eta = 85\%$$

Найти:

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 8.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Вычисляем теоретическую массу бромэтана

$$\frac{92 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х г}}{109 \text{ г/моль}}$$
$$\text{х} = \frac{92 \text{ г} \cdot 109 \text{ г/моль}}{46 \text{ г/моль}} = 218 \text{ г}$$

3. Находим практическую массу:

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}) = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 0,85 \cdot 218 \text{ г} = 185,3 \text{ г}$$

**Ответ:** 185,3 г.

### 5.2.7. Сложные эфиры. Жиры

#### Начальный уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу метилацетата, который можно получить из метанола массой 16 г и уксусной кислоты массой 27 г.

Дано:

$$m(\text{CH}_3\text{OH}) = 16 \text{ г}$$

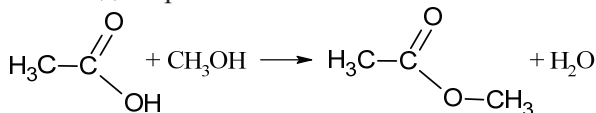
$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 27 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции и пишем известные данные. Находим количество каждого реагента:



$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{27}{60} = 0,45 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{16}{32} = 0,5 \text{ моль}$$

2. Определяем количество метилацетата и его массу:

Т. к.  $\text{CH}_3\text{OH}$  находится в избытке, расчет ведем по  $\text{CH}_3\text{COOH}$

$$n(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,45 \text{ моль}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = n \cdot M(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 0,45 \text{ моль} \cdot 74 \text{ г/моль} = 33,3 \text{ г}$$

**Ответ:** 33,3 г.

**Задача № 2.** Рассчитайте массу глицерина, образующегося при щелочном омылении жира (триолеата) массой 221 г.

Дано:

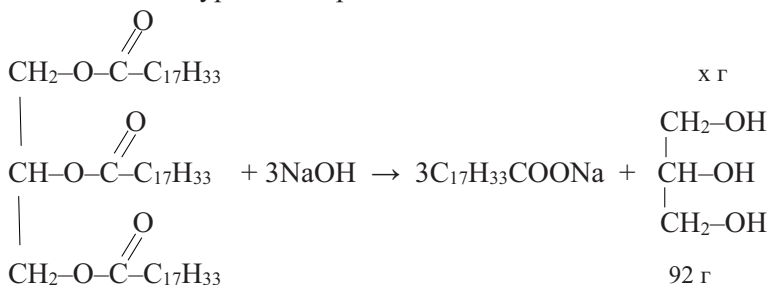
$$m_{\text{триол.}} = 221 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции:



2. При помощи пропорции находим массу глицерина:

$$\frac{221 \text{ г}}{884 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{92 \text{ г/моль}}$$
$$x = \frac{221 \text{ г} \cdot 92 \text{ г/моль}}{884 \text{ г/моль}} = 23 \text{ г}$$

**Ответ:** 23 г.

**Задача № 3.** При восстановлении этилового эфира масляной кислоты образуются два спирта: один из них содержит столько атомов углерода, сколько их в исходной кислоте, а другой – сколько их в молекуле спирта. Напишите

уравнение реакции и рассчитайте, какие массы спиртов образуются в результате восстановления эфира массой 58 г.

Дано:

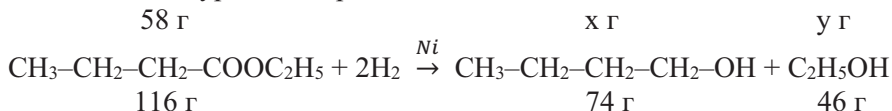
$$m_{\text{эф.}} = 58 \text{ г}$$

Найти:

$$m_{\text{спиртов}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составляем уравнение реакции:



2. С помощью пропорции находим их массы:

$$\frac{58 \text{ г}}{116 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{74 \text{ г/моль}}$$
$$x = \frac{58 \text{ г} \cdot 74 \text{ г/моль}}{116 \text{ г/моль}} = 37 \text{ г}$$

$$\frac{58 \text{ г}}{116 \text{ г/моль}} = \frac{y \text{ г}}{74 \text{ г/моль}}$$
$$y = \frac{58 \text{ г} \cdot 74 \text{ г/моль}}{116 \text{ г/моль}} = 23 \text{ г}$$

**Ответ:** 37 г; 23 г.

### Средний уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу этилацетата, который можно получить при взаимодействии этанола массой 1,61 г и уксусной кислоты массой 1,8 г. Массовая доля выхода эфира равна 75%.

Дано:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1,61 \text{ г}$$

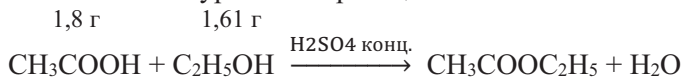
$$\eta = 75\%$$

Найти:

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Определяем количество реагентов:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{1,8}{60} = 0,03 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{1,61}{46} = 0,035 \text{ моль}$$

Т. к.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  находится в избытке, расчет ведем по  $\text{CH}_3\text{COOH}$

$$n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,03 \text{ моль}$$

3. Вычисляем теоретическую и практическую массы выхода:

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = n \cdot M(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 0,03 \text{ моль} \cdot 88 \text{ г/моль} = 2,64 \text{ г}$$

$$m_{\text{практ.}} = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 0,75 \cdot 2,64 \text{ г} = 1,98 \text{ г}$$

**Ответ:** 1,98 г.

**Задача № 2.** Рассчитайте массу чистого этилового спирта, который необходимо взять для получения 37,4 г этилацетата, если массовая доля выхода эфира составляет 85%.

Дано:

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 37,4 \text{ г}$$

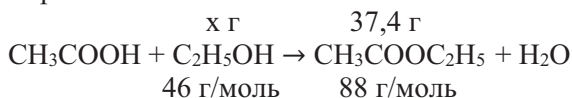
$$\eta = 85\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции и находим практическую массу этилового спирта:



$$\frac{37,4 \text{ г}}{88 \text{ г/моль}} = \frac{\text{х г}}{46 \text{ г/моль}}$$
$$\text{х} = \frac{37,4 \text{ г} \cdot 46 \text{ г/моль}}{88 \text{ г/моль}} = 19,55 \text{ г}$$

2. Вычисляем теоретическую массу этилового спирта:

$$m_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m_{\text{практ.}}}{\eta(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5)} = \frac{19,55 \text{ г}}{0,85} = 23 \text{ г}$$

**Ответ:** 23 г.

**Задача № 3.** Рассчитайте массу этилацетата, который образуется при взаимодействии 32 г уксусной кислоты с 56 г этилового спирта, если массовая доля выхода эфира составляет 80%.

Дано:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 32 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 56 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 56 \text{ г}$$

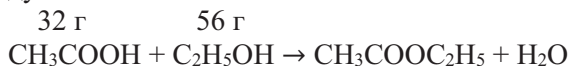
$$\eta = 80\%$$

Найти:

$$m_{\text{практ.}}(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составляем уравнение реакции и находим количество реагентов и продукта:



$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{56 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = 1,217 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{32 \text{ г}}{60 \text{ г/моль}} = 0,533 \text{ моль}$$

Т. к.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  находится в избытке, расчет ведем по  $\text{CH}_3\text{COOH}$

$$n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,533 \text{ моль}$$

2. Аналогично находим теоретическую и практическую массы выхода:

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = n \cdot M(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 0,533 \text{ моль} \cdot 88 \text{ г/моль} = 46,9 \text{ г}$$

$$m_{\text{практ.}}(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 0,8 \cdot 46,9 \text{ г} = 3,75 \text{ г}$$

**Ответ:** 37,5 г.

**Задача № 4.** Рассчитайте массу жира, который потребуется для получения 36,8 г глицерина (путем щелочного омыления), если учесть, что жир представляет собой чистый тристеарат и массовая доля омыления жира составляет 80%.

Дано:

$$\omega(\text{омыления жира}) = 80\%$$

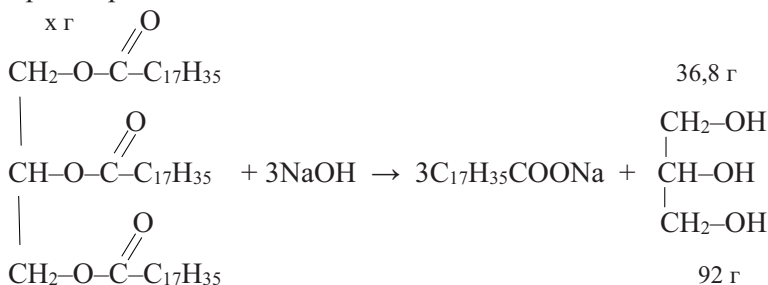
$$m(\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3) = 36,8 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{жира}) = ?$$

Решение задачи № 4.

1. Составляем уравнение реакции и с помощью пропорции определяем массу тристеарата:



$$\frac{x}{890} = \frac{36,8}{92}$$

$$x = 356 \text{ г}$$

$$m_{\text{теор.}}(\text{жира}) = \frac{m(\text{практ.})}{w(\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3)} = \frac{356}{0,8} = 445 \text{ г}$$

**Ответ:** 445 г.

## 5.2.8. Крахмал, целлюлоза

Средний уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу этилового спирта, который можно получить из еловых опилок массой 100 кг, содержащих 57% целлюлозы.

Дано:

$$m_{\text{опилк.}} = 100 \text{ кг}$$

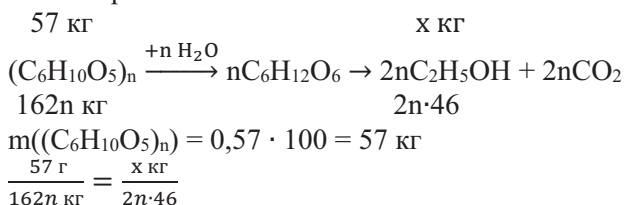
$$\omega_{\text{цел.}} = 57\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = ?$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции и с помощью пропорции находим массу этилового спирта:



$$x = \frac{57 \text{ г} \cdot 2n \cdot 46}{162n \text{ кг}} = 32,37 \text{ кг}$$

**Ответ:** 32,37 кг.

**Задача № 2.** Рассчитайте массу глюкозы, которую можно получить из крахмала массой 200 г, содержащего 5% примесей, если массовая доля выхода продукта составляет 95%.

Дано:

$$m_{\text{крахм.}} = 200 \text{ г}$$

$$V_{\text{прим.}} = 5\%$$

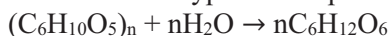
$$\eta = 95\%$$

Найти:

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 2.**

1. Составляем уравнение реакции:

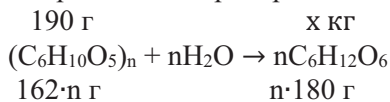


2. Массовая доля и масса крахмала равны:

$$\omega_{\text{крахм.}} = 100\% - 5\% = 95\%$$

$$m_{\text{крахм.}} = 200 \text{ г} \cdot 0,95 = 190 \text{ г}$$

3. При помощи пропорции находим теоретическую массу выхода продукта:



$$\frac{190 \text{ г}}{162 \cdot n \text{ г}} = \frac{x \text{ кг}}{n \cdot 180 \text{ г}}$$

$$x = \frac{190 \text{ г} \cdot n \cdot 180 \text{ г}}{162 \cdot n \text{ г}} = 211,11 \text{ г}$$

4. Находим при помощи формулы практический выход

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 0,95 \cdot 211,11 \text{ г} = 200,56 \text{ г}$$

**Ответ:** 200,56 г.

**Задача № 3.** Рассчитайте массу глюкозы, которая получается из картофеля массой 252 кг, в котором массовая доля крахмала составляет 25%, если массовая доля выхода глюкозы составляет 90%.

Дано:

$$m_{\text{карт.}} = 252 \text{ кг}$$

$$\omega_{\text{крахм.}} = 25\%$$

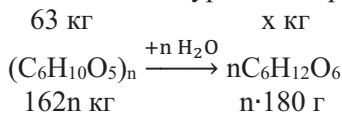
$$\eta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 90\%$$

Найти:

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 3.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Масса крахмала и теоретическая масса выхода глюкозы равны:

$$m_{\text{крахм.}} = 252 \text{ кг} \cdot 0,25 = 63 \text{ кг}$$

$$\frac{63 \text{ кг}}{162n \text{ кг}} = \frac{x \text{ кг}}{n \cdot 180 \text{ г}}$$

$$x = \frac{63 \text{ кг} \cdot n \cdot 180 \text{ г}}{162n \text{ кг}} = 70 \text{ кг}$$

3. Практический выход:

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 0,9 \cdot 70 \text{ кг} = 63 \text{ кг}$$

**Ответ:** 63 кг.

## 5.2.9. Спирты, альдегиды, карбоновые кислоты, углеводы

### Начальный уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу пропилата натрия, который образуется при взаимодействии пропанола-1 массой 30 г с натрием массой 9,2 г.

Дано:

$$m(\text{Na}) = 9,2 \text{ г}$$

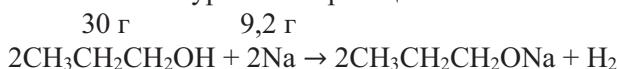
$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) = 30 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{C}_3\text{H}_7\text{ONa}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Определяем количества реагентов:

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{30 \text{ г}}{60 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}) = \frac{9,2 \text{ г}}{23 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

Т. к.  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  находится в избытке, расчет ведем по Na

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{ONa}) = n(\text{Na}) = 0,4 \text{ моль}$$

3. Находим массу пропилата натрия:

$$m(\text{C}_3\text{H}_7\text{ONa}) = n \cdot M(\text{C}_3\text{H}_7\text{ONa}) = 0,4 \text{ моль} \cdot 82 \text{ г/моль} = 32,8 \text{ г}$$

**Ответ:** 32,8 г.

### Средний уровень

**Задача № 1.** Рассчитайте массу кислоты и массу спирта, которые необходимы для получения уксуснометилового эфира массой 29,6 г, если массовая доля его выхода составляет 80%.

Дано:

$$m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 29,6 \text{ г}$$

$$\eta = 80\%$$

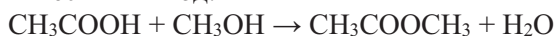
Найти:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) \text{ — ?}$$

$$m(\text{CH}_3\text{OH}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции, определяем количества веществ и теоретический выход:



$$n(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = \frac{29,6}{74} = 0,4 \text{ моль}$$



$$n_{\text{теор.}} = \frac{n(\text{практ.})}{n} = \frac{0,4}{0,8} = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{CH}_3\text{OH}) = n_{\text{практ.}}(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 0,5 \text{ моль}$$

2. Найдем массу кислоты и спирта:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = n \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,5 \text{ моль} \cdot 60 \text{ г/моль} = 30 \text{ г}$$

$$m(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,5 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 16 \text{ г}$$

**Ответ:** кислоты 30 г и спирта 16 г.

**Задача № 2.** Рассчитайте массу глюкозы, которая потребуется для получения 11,2 л этилена (н. у.), в результате двух последовательных процессов — спиртового брожения и дегидратации образующегося спирта. Выход этилена составляет 50%.

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = 11,2 \text{ л}$$

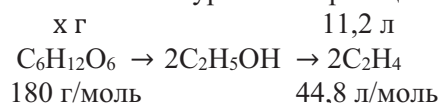
$$\eta = 50\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции:



1. Практическая масса глюкозы равна:

$$\frac{x \text{ г}}{180 \text{ г/моль}} = \frac{11,2 \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{11,2 \text{ л} \cdot 180 \text{ г/моль}}{44,8 \text{ л/моль}} = 45 \text{ г}$$

2. Теоретическую массу глюкозы находим:

$$m_{\text{теор.}} = \frac{m_{\text{практ.}}}{\eta(\text{C}_2\text{H}_4)} = \frac{45 \text{ г}}{0,5} = 90 \text{ г}$$

**Ответ:** 90 г.

**Задача № 3.** Рассчитайте массу глюкозы, которая подверглась спиртовому брожению, если при этом выделилось столько же оксида углерода (IV) (н. у.), сколько его образуется при полном сгорании 16 г метилового спирта.

Дано:

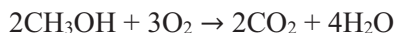
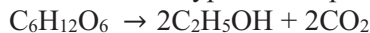
$$m(\text{CH}_3\text{OH}) = 16 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составляем уравнения реакций:



2. Находим количество каждого вещества:

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{16 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{1}{2} n(\text{CO}_2) = 0,25 \text{ моль}$$

3. Масса глюкозы равна:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = n \cdot M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,25 \text{ моль} \cdot 180 \text{ г/моль} = 45 \text{ г}$$

**Ответ:** 45 г.

**Задача № 4.** Рассчитайте массу сахарозы, которую нужно подвергнуть гидролизу, чтобы из образующейся при этом глюкозы получить 27 г молочной кислоты, если молочнокислое брожение протекает с выходом продукта 50%.

Дано:

$$m(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}) = 27 \text{ г}$$

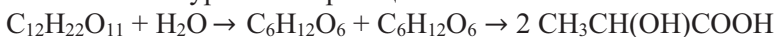
$$\eta = 50\%$$

Найти:

$$m_{\text{теор.}} = ?$$

**Решение задачи № 4.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим количество веществ:

$$n(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}) = \frac{27 \text{ г}}{90 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{1}{2} n(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}) = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,15 \text{ моль}$$

3. Находим практическую и теоретическую массы сахарозы:

$$m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = n \cdot M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,15 \text{ моль} \cdot 342 \text{ г/моль} = 51,3 \text{ г}$$

$$m_{\text{теор.}} = \frac{m_{\text{практ.}}}{\eta} = \frac{51,3 \text{ г}}{0,5} = 102,6 \text{ г}$$

**Ответ:** 102,6 г.

**Задача № 5.** Рассчитайте массу этилового спирта, который можно получить из древесных опилок массой 200 кг, содержащих 55% целлюлозы. Массовая доля выхода продукта на каждой стадии производства составляет 60%.

Дано:

$$m_{\text{опилок}} = 200 \text{ кг}$$

$$\omega_{\text{цел.}} = 55\%$$

$$\eta = 60\%$$

Найти:

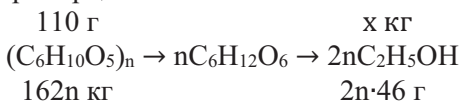
$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = ?$$

**Решение задачи № 5.**

1. Рассчитаем массу целлюлозы:

$$m_{\text{цел.}} = 0,55 \cdot 200 \text{ кг} = 110 \text{ кг}$$

2. Теоретическая масса этилового спирта определяется по схеме и с помощью пропорции:



$$x = \frac{110 \text{ г} \cdot \frac{x \text{ кг}}{2n \cdot 46 \text{ г}}}{162n \text{ кг}} = 64,47 \text{ кг}$$

3. Масса практическая равна:

$$m_{\text{практ.}} = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 0,6 \cdot 64,47 \text{ кг} \cdot 0,6 = 22,49 \text{ кг}$$

**Ответ:** 22,5 кг.

**Задача № 6.** Массовая доля крахмала в клубнях картофеля в среднем составляет 24%. Рассчитайте массу глюкозы, которую можно получить из картофеля, выращенного на площади 15 га, если урожай с 1 га составляет 285 ц. Массовая доля выхода глюкозы составляет 90%.

Дано:

$$\omega_{\text{крахм.}} = 24\%$$

$$m_{\text{ур.}} = 285 \text{ ц}$$

$$\eta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 90\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \text{ — ?}$$

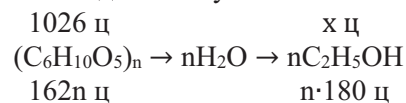
**Решение задачи № 6.**

1. Находим массы картофеля и крахмала:

$$m_{\text{карт.}} = 15 \cdot 285 \text{ ц} = 4275 \text{ ц}$$

$$m_{\text{крахм.}} = 0,24 \cdot 4275 \text{ ц} = 1026 \text{ ц}$$

2. Находим массу глюкозы:



$$\frac{1026 \text{ ц}}{162n \text{ ц}} = \frac{\text{x ц}}{n \cdot 180 \text{ ц}}$$

$$x = \frac{1026 \text{ ц} \cdot n \cdot 180 \text{ ц}}{162n \text{ ц}} = 1140 \text{ ц}$$

3. Находим практическую массу глюкозы, которую можно получить:

$$m_{\text{практ.}} = \eta \cdot m_{\text{теор.}} = 0,9 \cdot 1140 \text{ ц} = 1026 \text{ ц}$$

**Ответ:** 1026 ц = 102,6 т.

### Высокий уровень

**Задача № 1.** К смеси ацетилен и этилена объемом 150 мл прибавили водород объемом 350 мл. Смесь газов пропустили над нагретым платиновым катализатором, после чего ее объем стал равен 250 мл (н. у). Вычислите, какую массу водного раствора с массовой долей брома 3% может обесцветить исходная смесь ацетилен и этилена.

Дано:

$$V = 150 \text{ мл}$$

$$V_1(\text{H}_2) = 350 \text{ мл}$$

$$V' = 250 \text{ мл}$$

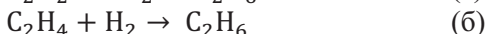
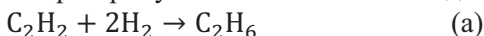
$$\omega(\text{Br}_2) = 3\%$$

Найти:

$$m_{\text{р-ра}} \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 1.**

1. При пропускании смеси газов над катализатором происходят реакции:



Даже если бы в исходной смеси находился только ацетилен, то для его гидрирования потребовался бы водород объемом 300 мл, следовательно, водород взят в избытке, а ацетилен и этилен полностью превращаются в этан по реакциям (а) и (б).

2. Из уравнения (а) и (б) видно, что объем полученного этана равен объему исходной смеси ацетилена и этилена, т. е.

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 150 \text{ мл}$$

3. Определяем объем водорода, который не вступил в реакцию:

$$V_2(\text{H}_2) = V - V(\text{C}_2\text{H}_6);$$

$$V_2(\text{H}_2) = (250 - 150) \text{ мл} = 100 \text{ мл}$$

Следовательно, в реакцию вступил водород объемом:

$$V(\text{H}_2) = V_1(\text{H}_2) - V_2(\text{H}_2);$$

$$V(\text{H}_2) = (350 - 100) \text{ мл} = 250 \text{ мл}$$

4. Пусть объем ацетилена в исходной газовой смеси равен  $V(\text{C}_2\text{H}_2)$ , тогда объема этилена составит:

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = V - V(\text{C}_2\text{H}_2);$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = [150 - V(\text{C}_2\text{H}_2)] \text{ мл}$$

Объем водорода, который прореагировал с ацетиленом, равен  $V_a(\text{H}_2)$ .

5. С этиленом прореагировал водород объемом:

$$V_6(\text{H}_2) = V(\text{H}_2) - V_a(\text{H}_2);$$

$$V_6(\text{H}_2) = [250 - V_a(\text{H}_2)] \text{ мл}$$

6. Из уравнения реакции (а) следует:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{1}{2} V_a(\text{H}_2) \quad (\text{в})$$

7. На основании уравнения (б) записываем:

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = V_6(\text{H}_2) \quad \text{или}$$

$$150 - V(\text{C}_2\text{H}_2) = 250 - V_a(\text{H}_2) \quad (\text{г})$$

8. Решая систему уравнений (в) и (г), находим, что

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 100 \text{ мл} = 0,1 \text{ л}$$

Тогда объем этилена в смеси

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = V - V(\text{C}_2\text{H}_2)$$

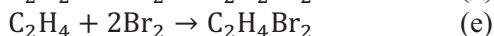
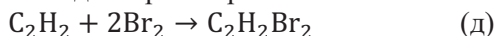
$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = (150 - 100) \text{ мл} = 50 \text{ мл} = 0,05 \text{ л}$$

9. Вычисляем количество веществ ацетилена и этилена в смеси:

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_2)}{V_m}; \quad n(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{0,1 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 4,464 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_4)}{V_m}; \quad n(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{0,05 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 2,232 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

10. Оба газа, находившиеся в смеси, могут реагировать с бромом, содержащимся в водном растворе:



11. Для осуществления реакции (д) требуется бром, который имеет такое же количество вещества:

$$n_{\text{д}}(\text{Br}_2) = 2n(\text{C}_2\text{H}_2);$$

$$n_{\text{д}}(\text{Br}_2) = 2 \cdot 4,464 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 8,928 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Аналогично находим:

$$n_e(\text{Br}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_4); \quad n_e(\text{Br}_2) = 2,232 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

12. Смесь газов может прореагировать с бромом, количество вещества и масса которого равны:

$$n(\text{Br}_2) = n_d(\text{Br}_2) + n_e(\text{Br}_2);$$

$$n(\text{Br}_2) = (8,928 \cdot 10^{-3} + 2,232 \cdot 10^{-3}) \text{ моль} = 1,116 \cdot 10^{-2} \text{ моль};$$

$$m(\text{Br}_2) = n(\text{Br}_2) \cdot M(\text{Br}_2);$$

$$m(\text{Br}_2) = 1,116 \cdot 10^{-2} \text{ моль} \cdot 160 \text{ г} = 1,856 \text{ г} (1,7856) \text{ г}$$

13. Вычисляем массу раствора брома, который может обесцветить исходная смесь газов:

$$m_{\text{р-ра}} = \frac{m(\text{Br}_2)}{\omega(\text{Br}_2)};$$

$$m_{\text{р-ра}} = \frac{1,7856}{0,03} = 59,52 \text{ г}$$

**Ответ:** 59,52 г.

**Задача № 2.** К смеси пропаналя и 2-метилпропаналя массой 1,3 г добавили избыток аммиачного раствора оксида серебра. Образовался металлический осадок массой 4,32 г. Определите массу пропаналя в образце смеси альдегидов.

Дано:

$$m(\text{пропаналя и 2-метилпропаналя}) = 1,3 \text{ г}$$

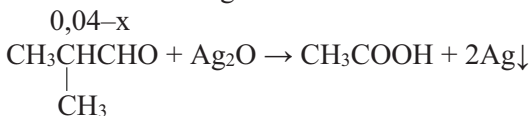
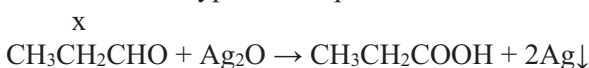
$$m(\text{осадка}) = 4,32 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим количества веществ серебра, пропаналя и 2-метилпропаналя:

$$n(\text{Ag}) = \frac{4,32 \text{ г}}{108 \text{ г/моль}} = 0,04 \text{ моль}$$

$$n(\text{пр-ля}) = x/2 \text{ (моль)}$$

$$n(\text{2-метилпр-ля}) = \frac{(0,04 - x)}{2} \text{ (моль)}$$

3. Определяем массу каждого из них:

$$m(\text{пр-ля}) = 29 \text{ г}$$

$$m(\text{2-метилпр-ля}) = (0,04 - x) \cdot 36 = 1,44 \cdot 36 \text{ г}$$

$$29x + 1,44 - 36x = 1,3$$

$$7x = 0,14$$

$$x = 0,02$$

$$m(\text{пр-ля}) = 29 \cdot 0,02 = 0,58 \text{ г}$$

**Ответ:** 0,58 г.

**Задача № 3.** При каталитическом гидрировании смеси пропаналя и этанала массой 19 г получили смесь соответствующих спиртов массой 19,8 г. Какая масса пропаналя подвергнута каталитическому гидрированию?

Дано:

$$m_{\text{см.}} = 19 \text{ г}$$

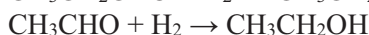
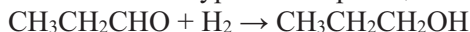
$$m_{\text{спиртов}} = 19,8 \text{ г}$$

Найти:

$$m_{(\text{пр-ля})} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Выражаем массы пропанола и этанола:

$$\text{Пусть } m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = x \text{ г;}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 19,8 - x$$

3. Определяем количества веществ:

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{x}{60 \text{ моль}}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{(19,8 - x)}{46 \text{ моль}}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = \frac{x}{60 \text{ моль}}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 0,97 x$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = \frac{(19,8 - x)}{46 \text{ моль}}$$

4. Определяем массу этанала:

$$m(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = (19,8 - x) \cdot 44 / 46 = (19,8 - x) \cdot 0,96 = 18,94 - 0,96 x$$

$$0,97 x + 18,94 - 0,96 x = 19$$

$$0,01 x = 0,06$$

$$x = 6$$

5. Определяем массу пропаналя, подвергшегося каталитическому гидрированию:

$$m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 0,97 \cdot 6 = 5,82 \text{ г}$$

**Ответ:** 5,8 г.

**Задача № 4.** Спирт массой 2,07 г перевели в пар и пропустили через трубку с оксидом меди (II) массой 19,6 г. Твердый остаток из трубки частично растворили в соляной кислоте, на что был израсходован раствор объемом 139 мл (массовая доля HCl 10%, плотность 1,05 г/мл). Определите, какой альдегид получен при окислении спирта. Вычислите массу альдегида, учитывая, что выход его составил 70%.

Дано:

$$m_{(\text{спирта})} = 2,07 \text{ г}$$

$$m(\text{CuO}) = 19,6 \text{ г}$$

$$V(\text{HCl}) = 139 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{HCl}) = 10\%$$

$$\rho(\text{HCl}) = 1,05 \text{ г/мл}$$

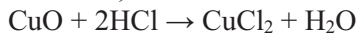
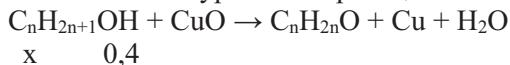
$$\eta(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}) = 70\%$$

Найти:

$m_{\text{практ.}}(\text{альдегида}) - ?$

Решение задачи № 4.

1. Составляем уравнение реакции:



2. Определяем массу хлороводорода:

$$m_{\text{р}}(\text{HCl}) = 139 \cdot 1,05 = 145,95 \text{ г}$$

$$m(\text{HCl}) = 145,95 \cdot 0,1 = 14,6 \text{ г}$$

3. Находим количество хлороводорода:

$$n(\text{HCl}) = \frac{14,6 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ (моль)}$$

$$x = 0,2 \text{ моль}$$

4. Находим массу оксида меди:

$$m_{\text{ост.}}(\text{CuO}) = 0,2 \cdot 80 = 16 \text{ г}$$

$$m_{\text{(практ. со спиртом)}}(\text{CuO}) = 19,6 - 16 = 3,6 \text{ г}$$

5. Находим количества вещества оксида меди:

$$n_{\text{практ.}}(\text{CuO}) = \frac{3,6 \text{ г}}{80 \text{ г/моль}} = 0,045 \text{ моль}$$

$$n_{\text{(спирта)}} = 0,045 \text{ моль}$$

$$M_{\text{г(спирта)}} = \frac{2,07 \text{ г}}{0,045 \text{ моль}} = 46 \text{ г/моль}$$

$$14n = 46 - 18$$

$$n = 2$$

$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ , при  $n = 2$   $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  — этаналь

7. Находим его массу:

$$m_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = 44 \cdot 0,245 = 198 \text{ г}$$

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = 1,98 \cdot 0,7 = 1,386 \text{ г}$$

**Ответ:** 1,386 г.

Задача № 5. При нагревании смеси муравьиной и уксусной кислот массой 13,6 г с избытком этанола в присутствии концентрированной серной кислоты получили смесь сложных эфиров массой 20,6 г. Какая масса муравьиной кислоты вступила в реакцию?

Дано:

$$m_{\text{(см.)}} = 13,6 \text{ г}$$

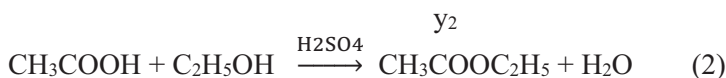
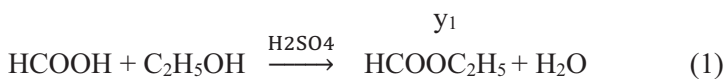
$$m_{\text{(эфиров)}} = 20,6 \text{ г}$$

Найти:

$$m(\text{НСООН}) - ?$$

Решение задачи № 5.

1. Записываем уравнения реакций смеси кислот с этанолом и производим обозначения:



$$\text{Смесь (1) + (2) = 13,6 г}$$

$$x \text{ г} - \text{НСООН}$$

$$(13,6 \text{ г} - x) - \text{СН}_3\text{СООН}$$

$$y_1 + y_2 = 20,6 \text{ г}$$

2. Определяем молекулярные массы веществ

$$M(\text{НСООН}) = 46 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{СНООС}_2\text{Н}_5) = 74 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{СН}_3\text{СООН}) = 60 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{СН}_3\text{СООС}_2\text{Н}_5) = 88 \text{ г/моль}$$

3. Составляем пропорции и вычисляем

$$46 \text{ г НСООН} - 74 \text{ г НСООС}_2\text{Н}_5$$

$$x - y_1$$

$$y_1 = 74 x / 46 = 1,608 \text{ г}$$

$$60 \text{ г СН}_3\text{СООН} - 88 \text{ г СН}_3\text{СООС}_2\text{Н}_5$$

$$13,6 - x - y_2$$

$$y_2 = 88(13,6 - x) / 60 = 17,58$$

$$74 x / 46 + 88(13,6 - x) / 60 = 20,6$$

4. Производим расчеты:

$$20,6 - 17,58 = 3,02 + 1,608 = 4,628 \text{ г}$$

$$x = 4,6 \text{ г НСООН}$$

**Ответ:** 4,6 г НСООН.

**Задача № 6.** При окислении неизвестного кислородосодержащего органического соединения массой 5,75 г образовалась уксусная кислота. Эту кислоту сожгли, получив газ, который прореагировал с раствором гидроксида калия объемом 80 мл и плотностью 1,25 г/мл, с образованием средней соли. Массовая доля КОН в этом растворе равна 28%. Какое вещество взято для окисления? Какая масса уксусной кислоты образовалась?

Дано:

$$m_{\text{в-ва}} = 5,75 \text{ г}$$

$$V(\text{КОН}) = 80 \text{ мл}$$

$$\rho(\text{КОН}) = 1,25 \text{ г/мл}$$

$$\omega(\text{КОН}) = 28\%$$

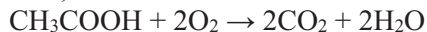
Найти:

$$m(\text{СН}_3\text{СООН}) \text{ — ?}$$

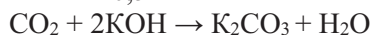
**Решение задачи № 6.**

1. Составляем уравнения реакций:

$$0,25$$



$$0,5$$



2. Находим массы раствора и гидроксида калия:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{КОН}) = 80 \text{ мл} \cdot 1,25 \text{ г/мл} = 100 \text{ г}$$

$$m(\text{КОН}) = 100 \cdot 0,28 = 28 \text{ г}$$

3. Находим количество вещества каждого реагента:

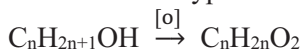
$$n(\text{КОН}) = \frac{28 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$



$$n(\text{CO}_2) = 0,25 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,125 \text{ моль}$$

4. Составляем уравнение реакции и находим количество вещества:



$$x = 0,125 \text{ (моль)}; M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}) = 5,75 / 0,125 = 46 \text{ г/моль}$$

$$14n + 18 = 46$$

$$14n = 28$$

$$n = 2$$

5. Составляем уравнение реакции и находим массу:



$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \cdot 0,125 = 7,5 \text{ г}$$

**Ответ:** для окисления взят этанол, масса  $\text{CH}_3\text{COOH} = 7,5 \text{ г}$ .

**Задача № 7.** Непредельный углеводород, который реагирует с растворами солей серебра и меди (I), пропустили через нагретую трубку с активированным углем, получив жидкость объемом 39,44 мл и плотностью 0,89 г/мл. Это вещество не реагирует с бромной водой, но взаимодействует с бромом в присутствии бромида железа (III). Какой углеводород был взят? Какая масса бромпроизводного образуется, если ко всему полученному веществу добавить избыток брома в присутствии железных опилок?

Дано:

$$V_{\text{(жидк.)}} = 39,44 \text{ мл}$$

$$\rho = 0,89 \text{ г/мл}$$

Найти:

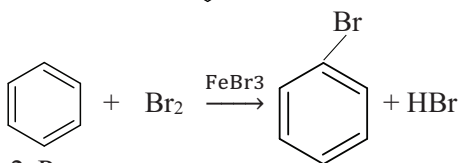
$$\text{C}_x\text{H}_y \text{ — ?}$$

$$m_{\text{(Br-произв.)}} \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 7.**

1. В условии задачи жидкость — это бензол.

Составляем уравнение реакции:



2. Рассчитываем массу и количество вещества:

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 39,44 \text{ мл} \cdot 0,89 \text{ г/мл} = 35,1 \text{ г}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{35,1 \text{ г}}{78 \text{ г/моль}} = 0,45 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) = 0,45 \text{ моль} \cdot 157 \text{ г/моль} = 70,65 \text{ г}$$

**Ответ:** ацетилен; 70,65 г.

**Задача № 8.** Из бензола синтезом в две стадии получили азотсодержащее органическое соединение, которое легко взаимодействует с бромной водой, образуя трибромпроизводное. При реакции этого азотсодержащего соединения с избытком бромоводорода образовалась соль массой 46,98 г. Какое соединение

было получено синтезом в две стадии из бензола? Какая масса бензола вступила в реакцию, если выход продуктов на каждой из трех стадий синтеза равен 75%?

Дано:

$$m_{\text{соли}} = 46,98 \text{ г}$$

$$\eta = 75\%$$

Найти:

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 8.

1. Рассчитываем массу и количество вещества:

$$n_{\text{(соли)}} = \frac{46,98 \text{ г}}{174 \text{ г/моль}} = 0,27 \text{ моль}$$

$$n_{\text{(анилина)}} = \frac{0,27 \text{ моль}}{0,75} = 0,36 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = \frac{0,36 \text{ моль}}{0,75} = 0,48 \text{ моль}$$

2. Рассчитываем количество вещества и массу бензола:

$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{0,48 \text{ моль}}{0,75} = 0,64 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,64 \text{ моль} \cdot 78 \text{ г/моль} = 49,92 \text{ г}$$

**Ответ:** получен анилин; бензол массой 49,92 г.

**Задача № 9.** Кислородсодержащее органическое соединение X, получаемое при гидролизе жиров, реагирует с гидроксидом меди (II), образуя вещество ярко-синего цвета. Соединение X может быть получено также при каталитическом окислении пропилена. К образцу вещества X добавили избыток натрия, собрав с выходом 70% водорода объемом 4,704 л (н. у.). Какая масса пропилена потребуется для получения данного образца вещества X, если выход продукта при каталитическом окислении составляет 80%? Назовите соединение X.

Дано:

$$V(\text{H}_2) = 4,704 \text{ л}$$

$$\eta(\text{H}_2) = 70\%$$

$$\eta(x) = 80\%$$

Найти:

$$x \text{ — ?}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 9.

1. Рассчитываем теоретический объем водорода:

$$V_{\text{теор.}}(\text{H}_2) = \frac{4,704 \text{ л}}{0,7} = 6,72 \text{ л}$$

2. Определяем количество вещества:

$$n(\text{CH}_2) = \frac{6,72 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$n_{\text{(глицер.)}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_6) = \frac{0,2 \text{ моль}}{2,8} = 0,25 \text{ моль}$$

3. Рассчитываем массу пропилена:

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,25 \text{ моль} \cdot 42 \text{ г/моль} = 10,5 \text{ г}$$

**Ответ:** x — глицерин; пропилен массой 10,5 г.

**Задача № 10.** При сжигании смеси двух изомерных органических соединений образовался азот объемом 5,376 л (н. у.). Массовая доля азота в исходных веществах равна 31,1%. Рассчитайте массу исходной смеси веществ, напишите их структурные формулы и дайте им названия.

Дано:

$$V(\text{N}_2) = 5,376 \text{ л}$$

$$\omega(\text{N}) = 31,1\%$$

Найти:

$$m_{\text{см.}} \text{ — ?}$$

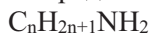
Решение задачи № 10.

1. Проводим расчеты, используя формулы:

$$\omega(\text{N}) = (\text{Ar}(\text{N}) \cdot \text{инд.}) / \text{Mr}_{(\text{в-ва})}$$

$$\text{Mr}_{(\text{в-ва})} = \frac{14}{0,311} = 45$$

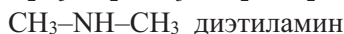
2. Предположим, что это амин:



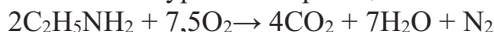
$$14n + 17 = 45$$

$$14n = 28$$

$$n = 2$$



3. Составим уравнение реакции:



4. Рассчитаем массу и количество вещества:

$$n(\text{N}_2) = \frac{5,376 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,24 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 2 \cdot 0,24 \text{ моль} = 0,48 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,48 \text{ моль} \cdot 45 \text{ г/моль} = 21,6 \text{ г}$$

**Ответ:** 21,6 г.

**Задача № 11.** При гидролизе сложного эфира образовалась уксусная кислота, для нейтрализации которой потребовалось 90,1 мл 10%-го раствора гидроксида натрия (плотность 1,11 г/мл). Пары образовавшегося спирта пропустили над оксидом фосфора (V), а полученное при этом вещество присоединило бром. Получено бромпроизводное массой 47 г. Определите, какой эфир был подвергнут гидролизу и его массу.

Дано:

$$V(\text{NaOH}) = 90,1 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 10\%$$

$$\rho(\text{NaOH}) = 1,11 \text{ г/мл}$$

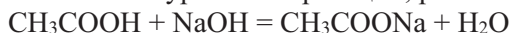
$$m_{(\text{Br-произв.})} = 47 \text{ г}$$

Найти:

$$m_{(\text{эфира})} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 11.

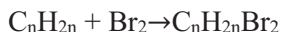
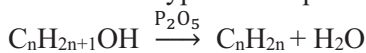
1. Составим уравнение реакции, рассчитаем массу и количество вещества:



$$m_{\text{р}}(\text{NaOH}) = 100 \text{ г}; m(\text{NaOH}) = 10 \text{ г}$$

$n = 0,25$  (моль);  $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,25$  моль

2. Составим уравнения реакций:



$n(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) = 0,25$  моль

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) = \frac{47 \text{ г}}{0,25 \text{ моль}} = 188 \text{ г/моль}$$

$$14n = 188 - 160 = 28$$

$$n = 2$$

3. Определим вещество:

$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  – этилацетат

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 0,25 \text{ моль} \cdot 88 \text{ г/моль} = 22 \text{ г}$$

**Ответ:**  $m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 22 \text{ г}$ .

### 5.3. Задачи на определение массовой доли продукта

#### 5.3.1. Предельные углеводороды

##### Средний уровень

**Задача № 1.** При нитровании 4,48 л этана (н. у.) азотной кислотой получили 12 г нитроэтана  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ . Вычислите массовую долю выхода продукта.

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 4,48 \text{ л}$$

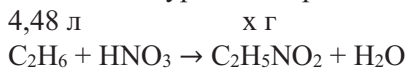
$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2) = 12 \text{ г}$$

Найти:

$$\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции и проведем расчеты по формулам:



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 75 \text{ г/моль}$$

$$\frac{x \text{ г}}{75 \text{ г/моль}} = \frac{4,48 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{4,48 \text{ л} \cdot 75 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 15 \text{ г}$$

$$\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2) = \frac{12 \text{ г}}{15 \text{ г}} = 0,8 \text{ или } 80\%$$

**Ответ:** 80%.

**Задача № 2.** При термическом разложении метана количеством вещества 14 моль получен ацетилен  $\text{C}_2\text{H}_2$ , объем которого составил 120,95 л (н. у.). Вычислите объемную долю выхода ацетилена.

Дано:

$$n(\text{CH}_4) = 14 \text{ моль}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 120,95 \text{ л}$$

Найти:

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_2) \text{ — ?}$$

### Решение задачи № 2.

1. Составим уравнение реакции и проведем расчеты по формулам:



$$V_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{v(\text{CH}_4)}{2} = 7 \text{ моль}$$

2. Рассчитаем теоретический объем:

$$V_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_2) = 7 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 156,8 \text{ л}$$

$$\omega_{\text{вых.}}(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{100 \cdot 120,96 \text{ л}}{156,8 \text{ л}} = 77,14\%$$

**Ответ:** 77,14%.

## 5.3.2. Непредельные углеводороды, ацетиленовые

### Средний уровень

**Задача № 1.** Технический карбид кальция массой 20 г обработали избытком воды, получив ацетилен, при пропускании которого через избыток бромной воды образовался 1,1,2,2-тетрабромэтан массой 86,5 г. Определите массовую долю  $\text{CaC}_2$  в техническом карбиде.

Дано:

$$m(\text{CaC}_2) = 20 \text{ г}$$

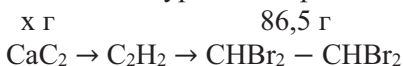
$$m(\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4) = 86,5 \text{ г}$$

Найти:

$$\omega(\text{CaC}_2) \text{ — ?}$$

### Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции и найдем массу карбида кальция:



$$64 \text{ г/моль} \qquad \qquad \qquad 346 \text{ г/моль}$$

$$\frac{x \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = \frac{86,5 \text{ г}}{346 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{86,5 \text{ г} \cdot 64 \text{ г/моль}}{346 \text{ г/моль}} = 16 \text{ г}$$

2. Массовая доля равна:

$$\omega(\text{CaC}_2) = \frac{m(\text{CaC}_2)}{m_{\text{карб.}}} = \frac{16 \text{ г}}{20 \text{ г}} = 0,8 \text{ или } 80\%$$

**Ответ:** 80%.

**Задача № 2.** Рассчитайте массовую долю кислорода, необходимого для полного сгорания 208 г ацетилена. Какая масса воздуха содержит эту массу кислорода? Массовая доля кислорода в воздухе составляет 23%.

Дано:

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = 208 \text{ г}$$

$$\omega(\text{O}_2) = 23\%$$

Найти:

$$m(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

$$m_{\text{возд.}} \text{ — ?}$$

### Решение задачи № 2.

Составляем уравнение реакции и при помощи пропорции находим неизвестные:

$$\begin{array}{r}
 208 \text{ г} \quad \text{х г} \\
 2\text{C}_2\text{H}_2 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \\
 2 \cdot 26 \text{ г/моль} \quad 5 \cdot 32 \text{ г/моль} \\
 \frac{\text{х г}}{5 \cdot 32 \text{ г/моль}} = \frac{208 \text{ г}}{2 \cdot 26 \text{ г/моль}} \\
 \text{х} = \frac{208 \text{ г} \cdot 5 \cdot 32 \text{ г/моль}}{2 \cdot 26 \text{ г/моль}} = 640 \text{ г (O}_2\text{)}
 \end{array}$$

$$m_{\text{возд}} = \frac{m(\text{O}_2)}{\omega(\text{O}_2)} = \frac{640 \text{ г}}{0,23} = 2783 \text{ г}$$

**Ответ:** 640 г O<sub>2</sub>; 2783 г воздуха.

**Задача № 3.** Из 1 кг технического карбида кальция при полном разложении его водой было получено 280 л ацетилена (н. у.). Рассчитайте массовую долю примесей, содержащихся в этом образце карбида кальция.

Дано:

$$m_{\text{т.к.}} = 20 \text{ кг}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 280 \text{ л}$$

Найти:

$$\omega_{\text{прим.}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составляем уравнение реакции и находим массу карбида кальция с помощью пропорции:

$$\begin{array}{r}
 \text{х г} \qquad \qquad \qquad 280 \text{ л} \\
 \text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \\
 64 \text{ г/моль} \qquad \qquad 22,4 \text{ л/моль} \\
 \frac{\text{х г}}{64 \text{ г/моль}} = \frac{280 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \\
 \text{х} = \frac{289 \text{ л} \cdot 64 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 800 \text{ г}
 \end{array}$$

2. Массовая доля равна:

$$m_{\text{прим.}} = 1000 - 800 = 200 \text{ г}$$

3. Массовая доля примесей:

$$\omega_{\text{прим.}} = \frac{200}{1000} = 0,2 \text{ или } 20\%$$

**Ответ:** 20%.

### 5.3.3. Ароматические углеводороды (арены)

Средний уровень

**Задача № 1.** При нитровании толуола массой 46 г получили 92 г 2,4,6-три-нитротолуола. Какова массовая доля выхода продукта?

Дано:

$$m_{\text{тол.}} = 46 \text{ г}$$

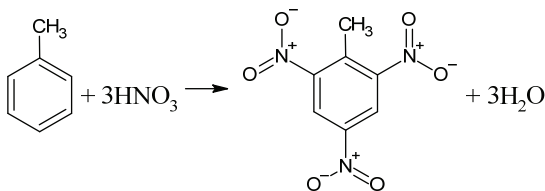
$$m = 92 \text{ г}$$

Найти:

$$\eta_{\text{прод.}} \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции:



2. Масса и массовая доля выхода продукта равны:

$$\frac{46 \text{ г}}{92 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{227 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{46 \text{ г} \cdot 227 \text{ г/моль}}{92 \text{ г/моль}} = 113,5 \text{ г}$$

$$\eta(\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3) = \frac{92 \text{ г/моль}}{113,5 \text{ г}} = 0,81 \text{ или } 81\%$$

**Ответ:** 81%.

**Задача № 2.** При нитровании бензола массой 78 г получили нитробензол массой 105 г. Какова массовая доля выхода нитробензола?

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 78 \text{ г}$$

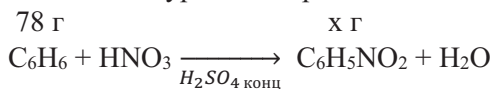
$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 105 \text{ г}$$

Найти:

$$\eta(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 2.**

1. Составим уравнение реакции:



$$78 \text{ г/моль} \qquad \qquad \qquad 123 \text{ г/моль}$$

2. Определим массу нитробензола:

$$\frac{78 \text{ г}}{78 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{123 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{78 \text{ г} \cdot 123 \text{ г/моль}}{78 \text{ г/моль}} = 123 \text{ г} (\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)$$

1. Массовая доля равна:

$$\eta(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} = \frac{105 \text{ г}}{123 \text{ г}} = 0,8537 \text{ или } 85,37\%$$

**Ответ:** 85,37%.

**Задача № 3.** Из ацетиленом объемом 25 л (н. у.) получен бензол массой 16 г. Какова массовая доля выхода бензола?

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 25 \text{ л}$$

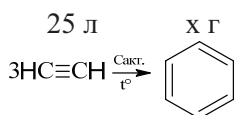
$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 16 \text{ г}$$

Найти:

$$\eta(\text{C}_6\text{H}_6) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 3.**

1. Составляем уравнение реакции и находим массовую долю бензола с помощью пропорции:



$$67,2 \text{ л} \quad \quad \quad 78 \text{ г}$$

$$\frac{25}{67,2} = \frac{x}{78}; \quad x = 29 \text{ г}$$

$$\eta(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} = \frac{16}{29} = 0,552 \text{ или } 55,2\%$$

**Ответ:** 55,2%.

**Задача № 4.** Из 6,72 л ацетилена (н. у.) получили 5 мл бензола ( $\rho = 0,88 \text{ г/мл}$ ). Рассчитайте массовую долю выхода бензола.

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 6,72 \text{ л}$$

$$V(\text{C}_6\text{H}_6) = 5 \text{ мл}$$

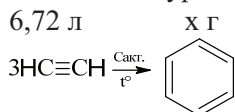
$$\rho = 0,88 \text{ г/мл}$$

Найти:

$$\eta(\text{C}_6\text{H}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 4.

1. Составим уравнение реакции:



$$67,2 \text{ л/моль} \quad 78 \text{ г/моль}$$

$$\frac{67,2 \text{ л}}{67,2 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ г}}{78 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{67,2 \text{ л} \cdot 78 \text{ г/моль}}{67,2 \text{ л/моль}} = 7,8 \text{ г}$$

2. Практическая масса равна:

$$m_{\text{практ.}}(\text{C}_6\text{H}_6) = \rho \cdot V = 0,88 \cdot 5 = 4,4 \text{ г}$$

3. Массовая доля выхода:

$$\eta(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{4,4 \text{ г}}{7,8 \text{ г}} = 0,564 \text{ или } 56,4\%$$

**Ответ:** 56,4%.

### 5.3.4. Спирты и фенолы

#### Средний уровень

**Задача № 1.** К 100 г водного раствора фенола прилили избыток бромной воды. При этом образовалось 26,48 г осадка. Рассчитайте массовую долю фенола в растворе.

Дано:

$$m_{\text{р-ра}} = 100 \text{ г}$$

$$m_{\text{осадк.}} = 26,48 \text{ г}$$

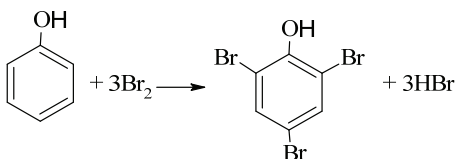
Найти:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции:





2. Находим количество вещества трибромфенола:

$$n(\text{трибромфенола}) = \frac{m(\text{осадка})}{M} = \frac{26,28 \text{ г}}{331 \text{ г/моль}} = 0,08 \text{ моль}$$

1. Находим массу фенола:

$$m(\text{фенола}) = n \cdot M = 0,08 \cdot 94 = 7,52 \text{ г},$$

3. Из этого следует:  $7,52/100 \cdot 100\% = 7,52\%$

**Ответ:** 7,52%.

**Задача № 2.** При бромировании фенола массой 28,2 г получен осадок массой 79,44 г. Вычислите массовую долю выхода продукта.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 28,2 \text{ г}$$

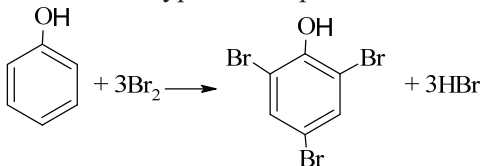
$$m_{\text{ос.}} = 79,44 \text{ г}$$

Найти:

$\omega(\text{выхода продукта})$  — ?

**Решение задачи № 2.**

1. Составим уравнение реакции:



2. Вычислим массовую долю вещества:

$$\frac{28,2 \text{ г}}{94 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{331 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{28,2 \text{ г} \cdot 331 \text{ г/моль}}{94 \text{ г/моль}} = 99,3 \text{ г}$$

$$\eta(\text{C}_6\text{H}_2\text{ONBr}_3) = \frac{79,44 \text{ г}}{99,3 \text{ г}} = 0,80 \text{ или } 80\%$$

**Ответ:** 80%.

**Задача № 3.** При действии избытка натрия на раствор пропилового спирта в бензоле массой 200 г выделился водород объемом 8,4 л (н. у.). Вычислите массовую долю спирта в растворе.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 200 \text{ г}$$

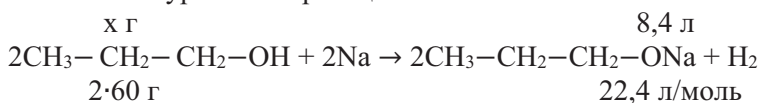
$$V(\text{H}_2) = 8,4 \text{ л}$$

Найти:

$\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})$  — ?

**Решение задачи № 3.**

1. Составим уравнение реакции:



2. Вычислим массовую долю спирта:

$$\frac{8,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ г}}{2 \cdot 60 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{8,4 \text{ л} \cdot 2 \cdot 60 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 45 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})}{m_{\text{р-р}}} = \frac{45 \text{ г}}{200 \text{ г}} = 0,225 \text{ или } 22,5\%$$

**Ответ:** 22,5%.

**Задача № 4.** При бромировании фенола массой 14,1 г получен осадок массой 39,73 г. Вычислите массовую долю выхода продукта.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 14,1 \text{ г}$$

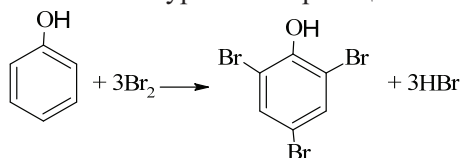
$$m_{\text{осадка}} = 39,73$$

Найти:

$$\omega(\text{продукта}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 4.**

1. Составим уравнение реакции:



2. Вычислим массу осадка при 100%-ном выходе:

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m}{M} = \frac{14,1 \text{ г}}{94 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль (где } 94 \text{ г/моль — молярная масса фенола)}$$

3. Исходя из уравнения реакции:

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = 0,15 \text{ моль}$$

4.  $m(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = 0,15 \cdot 331 = 49,65 \text{ г}$  (где 331 г/моль — молярная масса  $\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}$ )

5. Вычислим выход продукта от теоретически возможного, если образовалось всего 39,72 г.

Составим и решим пропорцию:

$$100 - 49,65 \quad x - 39,72$$

$$x = \frac{39,72}{49,65} = 80\%, \text{ где } x \text{ — это практический выход продукта реакции.}$$

**Ответ:** 80%.

**Задача № 5.** При взаимодействии раствора фенола в бензоле массой 200 г с избытком бромной воды получили бромпроизводное массой 66,2 г. Рассчитайте массовую долю фенола в растворе.

Дано:

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 200 \text{ г}$$

$$m_{\text{бромпроизв.}} = 66,2 \text{ г}$$

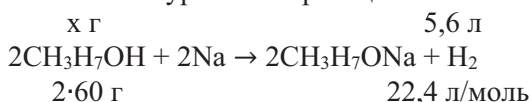
Найти:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \text{ — ?}$$



### Решение задачи № 2.

1. Составим уравнение реакции:



2. Рассчитываем массу спирта:

$$\frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{\text{х г}}{2 \cdot 60 \text{ г/моль}}$$
$$\text{х} = \frac{5,6 \text{ л} \cdot 2 \cdot 60 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 30 \text{ г}$$

3. Рассчитываем массовую долю:

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{30 \text{ г}}{200 \text{ г}} = 0,15 \text{ или } 15\%$$

**Ответ:** 15%.

**Задача № 3.** При восстановлении водородом уксусного альдегида массой 90 г получили 82 г этилового спирта. Определите массовую долю выхода спирта.

Дано:

$$m_{\text{альд.}} = 90 \text{ г}$$

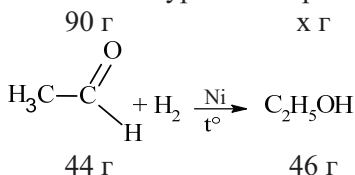
$$m_{\text{практ.}} = 82 \text{ г}$$

Найти:

$$\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \text{ — ?}$$

### Решение задачи № 3.

1. Составим уравнение реакции и найдем массу спирта:



$$\frac{90}{44} = \frac{\text{х}}{46}; \quad \text{х} = 94,09 \text{ г}$$

2. Рассчитываем массовую долю:

$$\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} = \frac{82 \text{ г}}{94,09 \text{ г}} = 0,8715 \text{ или } 87,15\%$$

**Ответ:** 87,1%.

## 5.3.6. Сложные эфиры. Жиры

**Задача № 1.** В результате взаимодействия уксусной кислоты массой 90 г с метанолом образовалось 100 г сложного эфира. Вычислите массовую долю выхода эфира.

Дано:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 90 \text{ г}$$

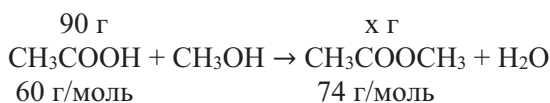
$$m_{\text{(эф.)}} = 100 \text{ г}$$

Найти:

$$\eta(\text{CH}_3\text{COOH}) \text{ — ?}$$

### Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции и проведем расчеты, используя формулы:



2. Рассчитываем массу спирта:

$$\frac{90 \text{ г}}{60 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{74 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{90 \text{ г} \cdot 74 \text{ г/моль}}{60 \text{ г/моль}} = 111 \text{ г}$$

$$\eta(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{100 \text{ г}}{111 \text{ г}} = 0,9 \text{ или } 90\%$$

**Ответ:** 90%.

**Задача № 2.** В результате взаимодействия 23 г муравьиной кислоты с метиловым спиртом получили 24 г сложного эфира. Вычислите массовую долю выхода эфира.

Дано:

$$m(\text{HCOOH}) = 23 \text{ г}$$

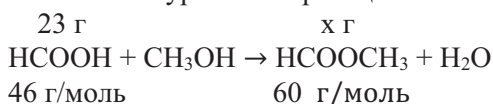
$$m(\text{сл.эф.}) = 24 \text{ г}$$

Найти:

$$\eta(\text{HCOOCH}_3) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 2.**

1. Составим уравнение реакции:



1. Найдем массу сложного эфира:

$$\frac{23 \text{ г}}{46 \text{ г/моль}} = \frac{x \text{ г}}{60 \text{ г/моль}}$$

$$x = \frac{23 \text{ г} \cdot 60 \text{ г/моль}}{46 \text{ г/моль}} = 30 \text{ г}$$

2. Массовая доля выхода эфира равна:

$$\eta(\text{HCOOCH}_3) = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} = \frac{24 \text{ г}}{30 \text{ г}} = 0,8 \text{ или } 80\%$$

**Ответ:** 80%.

**Задача № 3.** При взаимодействии 4,8 г метанола и 7,2 г уксусной кислоты получили 7,4 г сложного эфира. Рассчитайте массовую долю выхода эфира.

Дано:

$$m(\text{CH}_3\text{OH}) = 4,8 \text{ г}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 7,2 \text{ г}$$

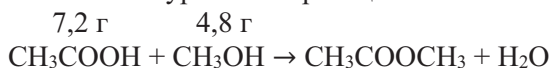
$$m(\text{сл.эфир.}) = 7,4 \text{ г}$$

Найти:

$$\eta(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 3.**

1. Составим уравнение реакции:



2. Количество вещества каждого реагента равно:

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{4,8 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль};$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{7,2 \text{ г}}{60 \text{ г/моль}} = 0,12 \text{ моль}$$

3. Т. к.  $\text{CH}_3\text{OH}$  находится в избытке, расчет ведем по  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

$$n(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,12 \text{ моль}$$

4. Масса эфира:

$$m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = n \cdot M(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 0,12 \cdot 74 = 8,88 \text{ г}$$

5. Массовая доля эфира:

$$\eta(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} = \frac{7,4 \text{ г}}{8,88 \text{ г}} = 0,833 \text{ или } 83,3\%$$

**Ответ:** 83,3%.

### 5.3.7. Углеводы

#### Средний уровень

**Задача № 1.** При гидролизе древесины массой 260 кг, массовая доля целлюлозы в которой составляет 50%, получили глюкозу массой 40 кг. Вычислите массовую долю выхода глюкозы.

Дано:

$$m_{\text{древ.}} = 260 \text{ кг}$$

$$\omega_{\text{цел.}} = 50\%$$

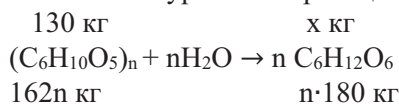
$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 40 \text{ кг}$$

Найти:

$$\eta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции:



2. Масса целлюлозы:

$$m_{\text{цел.}} = 0,5 \cdot 260 = 130 \text{ кг}$$

3. Теоретическая масса:

$$\frac{130 \text{ кг}}{162n \text{ кг}} = \frac{x \text{ кг}}{n \cdot 180 \text{ кг}}$$

$$x = \frac{130 \text{ кг} \cdot n \cdot 180 \text{ кг}}{162n \text{ кг}} = 144,44 \text{ кг}$$

4. Массовая доля глюкозы:

$$\eta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{40 \text{ кг}}{144,44 \text{ кг}} = 0,277 \text{ или } 27,7\%$$

**Ответ:** 27,7%.

#### Высокий уровень

**Задача № 1.** При сгорании смеси этана и циклопропана массой 8,8 г образовался оксид углерода (IV) объемом 13,44 л (н. у.). Определите массовые доли углеводородов в смеси.

Дано:

$$m_{\text{(смеси)}} = 8,8 \text{ г}$$

$$V(\text{CO}_2) = 13,44 \text{ л}$$

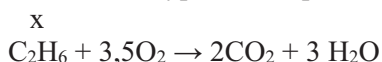
Найти:

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) \text{ — ?}$$

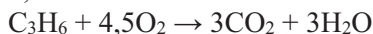
$$\omega(\text{C}_3\text{H}_6) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции:



$$0,6-x$$



2. Количество веществ:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{13,44 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,6 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_6) = x / 2 \text{ моль}; m(\text{C}_2\text{H}_6) = 15x \text{ г}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_6) = (0,6-x) / 3; m(\text{C}_3\text{H}_6) = (0,6-x) \cdot 42/3 = 8,4 - 14x \text{ г}$$

$$15x + 8,4 - 14x = 8,8$$

$$x = 0,4$$

3. Массовые доли веществ:

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{15 \cdot 0,4}{8,8} = 68,2\%$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_6) = 31,8\%$$

**Ответ:** 68,2% — C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>; 31,8% — C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>.

**Задача № 2.** Метан объемом 8,96 л (н. у.) подвергли хлорированию. В результате получили смесь хлороформа и тетрахлорида углерода массой 54,7 г. Вычислите массовую долю хлороформа в продукте хлорирования.

Дано:

$$V(\text{CH}_4) = 8,96 \text{ л}$$

$$m(\text{CHCl}_3; \text{CCl}_4) = 54,7 \text{ г}$$

Найти:

$$\omega(\text{CHCl}_3) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 2.

1. Составим уравнение реакции:



2. Определяем количества веществ:

$$n(\text{CH}_4) = \frac{8,96 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{CHCl}_3) = 0,2 \text{ моль}$$

3. Определяем массу и массовую долю:

$$m(\text{CHCl}_3) = 0,2 \cdot 119,5 = 23,9 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CHCl}_3) = \frac{23,9 \text{ г}}{54,7 \text{ г}} = 43,7\%$$

**Ответ:** 43,7%.

**Задача № 3.** К смеси метанола и этанола массой 11 г добавили избыток металлического натрия. В результате реакции выделился газ объемом 3,36 л (н. у.). Чему равны массовые доли спиртов в смеси?

Дано:

$$m(\text{см.}) = 11 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2) = 3,36 \text{ л}$$

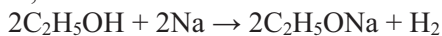
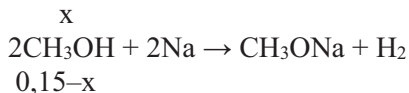
Найти:

$$\omega(\text{CH}_3\text{OH}) \text{ — ?}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 3.

1. Составим уравнение реакции:



2. Определяем количества веществ:

$$n(\text{H}_2) = \frac{3,36 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = 2x \text{ моль}$$

$$m(\text{CH}_3\text{OH}) = 64x$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = (0,15-x) \cdot 2 = 0,3 - 2x$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 13,8 - 92x$$

$$64x + 13,8 - 92x = 11$$

$$28x = 2,8$$

$$x = 0,1$$

3. Массовые доли веществ (спиртов):

$$\omega(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{(64 \cdot 0,1)}{11} = 58,2\%$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 100\% - 58,2\% = 41,8\%$$

**Ответ:** метанола — 58,2%; этанола — 41,8%.

**Задача № 4.** При нейтрализации смеси пальмитиновой и стеариновой кислот массой 106,6 г получили смесь пальмитата натрия и стеарата натрия массой 115,4 г. Определите массовые доли кислот в исходной смеси.

Дано:

$$m(\text{см.}) = 106,6 \text{ г}$$

$$m(\text{см. солей}) = 115,4 \text{ г}$$

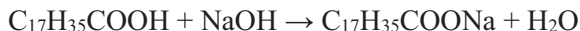
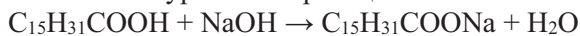
Найти:

$$\omega(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}) \text{ — ?}$$

$$\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 4.

1. Составим уравнения реакций:



2. Находим количества веществ и массу:

$$m(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}) = x \text{ г}$$

$$n(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}) = \frac{x}{278 \text{ моль}}$$

$$m(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}) = \frac{(x \cdot 256)}{278} = 0,92x$$

$$n(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}) = \frac{(115,4 - x)}{306}$$

$$m(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}) = \frac{(115 - x) \cdot 284}{306} = 107,1 - 0,928x$$



$$0,921x + 107,1 - 0,928x = 106,6$$

$$0,07x = 0,5$$

$$x = 71,4$$

$$\omega(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}) = \frac{71,4 \cdot 0,92}{106,6} = 62\%$$

$$\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}) = 100\% - 62\% = 38\%$$

**Ответ:** пальмитиновая кислота — 62%, стеариновая кислота — 38%.

**Задача № 5.** Сожгли смесь метиламина и этиламина массой 10,7 г, получив азот объемом 3,36 л (н. у.). Определите массовые доли аминов в смеси.

Дано:

$$m_{\text{см.}} = 10,7 \text{ г}$$

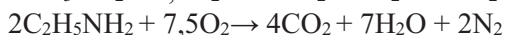
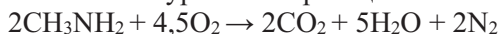
$$V(\text{N}_2) = 3,36 \text{ л}$$

Найти:  $\omega(\text{CH}_3\text{NH}_2)$  — ?

$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2)$  — ?

Решение задачи № 5.

1. Составим уравнения реакций:



2. Определим количества и массу веществ:

$$n(\text{N}_2) = \frac{3,36 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 2x$$

$$m(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 62x$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,3 - 0,2x$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 13,5 - 90x$$

$$62x + 13,5 - 90x = 10,7$$

$$28x = 2,8$$

$$x = 0,1$$

3. Определим массовые доли веществ:

$$\omega(\text{CH}_3\text{NH}_2) = \frac{6,2}{10,7} = 57,9\%$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 100 - 57,9 = 42,1\%$$

**Ответ:** метиламина — 57,9%; этиламина — 42,1%.

**Задача № 6.** При взаимодействии смеси этиламина и диэтиламина массой 26,4 г с хлороводородом получили смесь солей массой 41 г. Определите массовые доли аминов в исходной смеси.

Дано:

$$m_{\text{см.}} = 26,4 \text{ г}$$

$$m_{\text{солей}} = 41 \text{ г}$$

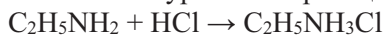
Найти:

$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2)$  — ?

$\omega((\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH})$  — ?

Решение задачи № 6.

1. Составим уравнения реакций:



2. Определим массу и количества веществ:

$$m[(C_2H_5)_2NH_2]Cl = x \text{ (г)}$$

$$m[(C_2H_5)_2NH_2]Cl = 41 - x \text{ г}$$

$$n[(C_2H_5)_2NH_2]Cl = \frac{x \text{ г}}{81,5}$$

$$n[(C_2H_5)_2NH_2]Cl = \frac{(41 - x)}{109,5}$$

$$m[(C_2H_5)_2NH_2]Cl = \frac{45x}{81,5} = 0,55x$$

$$m[(C_2H_5)_2NH_2]Cl = \frac{(41 - x)73}{109,5} = 27,47 - 0,67x$$

$$0,55x + 27,47 - 0,67x = 26,4$$

$$0,12x = 1,07$$

$$x = 8,92$$

3. Определим массовые доли веществ:

$$\omega(C_2H_5NH_2) = \frac{(8,9 \cdot 0,55)}{26,4} = 18\%$$

$$\omega((C_2H_5)_2NH) = 100\% - 18\% = 82\%$$

**Ответ:** этиламина — 18%; диэтиламина — 82%.

**Задача № 7.** Имеется смесь фенола и 4-бромфенола. К образцу этой смеси массой 4,4 г прибавили избыток брома. В результате реакции образовался 2,4,6-трибромфенол массой 9,93 г. Определите массовую долю 4-бромфенола в исходной смеси.

Дано:

$$m(\text{смеси}) = 4,4 \text{ г}$$

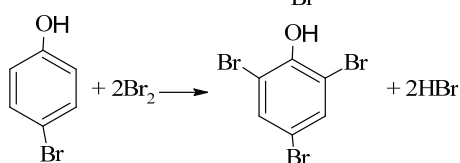
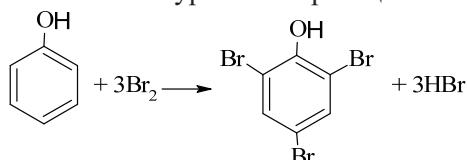
$$m(2,4,6\text{-трибромфенола}) = 9,93 \text{ г}$$

Найти:

$$\omega(2,4,6\text{-трибромфенола}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 7.**

1. Составим уравнения реакций:



2. Определим массы веществ:

$$n(\text{трибромфен.}) = \frac{9,93}{331} = 0,03 \text{ моль}$$

$$m(C_6H_5OH) = 94x \text{ г}$$

$$m(C_6H_4OHBr) = 5,19 - 173x \text{ г}$$

$$94x + 5,19 - 173x = 4,4$$

$$x = 0,01$$

3. Определим массовую долю вещества:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_4\text{ОНBr}) = \frac{(5,19 - 1,73)}{4,4} = 0,786 = 78,6\%$$

**Ответ:** 78,6 %.

**Задача № 8.** Смесь изомерных пропиловых спиртов массой 3,6 г подвергли окислению (окислитель взят в избытке, расщепления углеродного скелета не происходило), получив после отделения воды и избытка окислителя смесь двух органических веществ массой 3,8 г. Определите массовые доли спиртов в исходной смеси.

Дано:

$$m_{(\text{смеси})} = 3,6 \text{ г}$$

$$m_{(\text{в-в})} = 3,8 \text{ г}$$

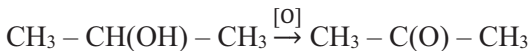
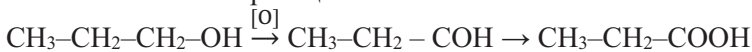
Найти:

$$\omega(\text{пропан-1-ола}) \text{ — ?}$$

$$\omega(\text{пропан-2-ола}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 8.**

1. Составим схемы реакций:



2. Определим массы и количества веществ:

$$m_{(\text{пропанола})} = x \text{ г}$$

$$m_{(\text{ацетона})} = 3,8 - x \text{ г}$$

$$n_{(\text{пропановой кислоты})} = \frac{x}{74}$$

$$n_{(\text{ацетона})} = \frac{(3,8 - x)}{58}$$

$$m_{(\text{пропан-1-ола})} = \frac{60x}{74} = 0,80x \text{ г}$$

$$m_{(\text{пропан-2-ола})} = 3,9 - 1,03x$$

$$0,8x + 3,9 - x = 3,6$$

$$0,2x = 0,3$$

$$x = 1,5$$

3. Определяем массовые доли веществ:

$$\omega_{(\text{пропан-1-ола})} = \frac{1,5 \cdot 0,8}{3,6} = 33,3\%$$

$$\omega_{(\text{пропан-2-ола})} = \frac{3,9 - 1,5}{3,6} = 66,7\%$$

**Ответ:** 33,3% пропанола-1 и 66,7% пропанола-2.

**Задача № 9.** Для нейтрализации смеси муравьиной и уксусной кислот массой 8,3 г потребовался раствор с массовой долей гидроксида натрия 15% массой 40 г. Чему равна массовая доля уксусной кислоты в смеси кислот?

Дано:

$$m_{(\text{см. кислот})} = 8,3 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 15\%$$

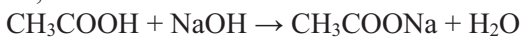
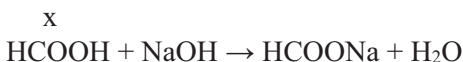
$$m_{\text{р}}(\text{NaOH}) = 40 \text{ г}$$

Найти:

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 9.

1. Составим уравнения реакций:



2. Определим массы и количества веществ:

$$m(\text{NaOH}) = 40 \cdot 0,15 = 6 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{6}{40} = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCOOH}) = 46x \text{ г}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 9 - 60x \text{ г}$$

$$46x + 9 - 60x = 8,3$$

$$14x = 0,7$$

$$x = 0,05$$

3. Определим массовые доли веществ:

$$\omega(\text{HCOOH}) = \frac{(46 \cdot 0,05)}{8,3} = 27,7\%$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 100 - 27,7\% = 72,3\%$$

**Ответ:** 72,3%.

**Задача № 10.** Сплав натрия и калия массой 12,3 г прореагировал с раствором фенола в бензоле массой 200 г, массовая доля фенола в котором равна 23,5%. Какой объем водорода выделился в результате реакции? Объем рассчитайте при нормальных условиях. Вычислите массовую долю натрия в сплаве.

Дано:

$$m(\text{Na, K}) = 12,3 \text{ г}$$

$$m_p(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 200 \text{ г}$$

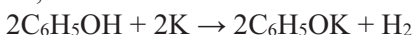
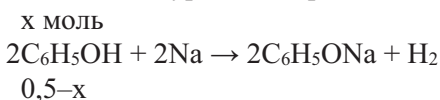
$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 23,5\%$$

Найти:  $V(\text{H}_2)$  — ?

$\omega(\text{Na})$  — ?

Решение задачи № 10.

1. Составим уравнения реакций:



2. Определим массы и количества веществ:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 200 \cdot 23,5\% = 47 \text{ г}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{47}{94} = 0,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}) = 23x \text{ г}$$

$$m(\text{K}) = (0,05 - x) 39 = 19,5 - 39x \text{ г}$$

$$23x + 19,5 - 39x = 12,3$$

$$16x = 7,2$$

$$x = 0,45$$

3. Определим массовую долю и количество вещества:

$$\omega(\text{Na}) = \frac{0,45 \cdot 23}{12,3} = 84,15\%$$

$$n_{\text{общ.}}(\text{H}_2) = 0,225 + 0,025 = 0,25 \text{ моль}$$

4. Объем вещества:

$$V(\text{H}_2) = 0,25 \cdot 22,4 = 5,6 \text{ л}$$

**Ответ:** 5,6 л; 84,15%.

**Задача № 11.** При сжигании смеси этанола и пропанола-1 массой 21,2 г образовался оксид углерода (IV), на поглощение которого затратили раствор объемом 200,5 мл с массовой долей гидроксида натрия 30% и плотностью 1,33 г/мл. При взаимодействии  $\text{CO}_2$  со щелочью образовалась средняя соль. Чему равна массовая доля этанола в исходной смеси спиртов?

Дано:

$$m_{\text{(см.)}} = 21,2 \text{ г}$$

$$V(\text{NaOH}) = 200,5 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 30\%$$

$$\rho(\text{NaOH}) = 1,33 \text{ г/мл}$$

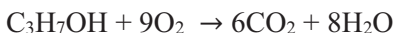
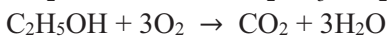
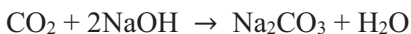
Найти:

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 11.**

1. Составим уравнения реакций:

1 моль 2 моль



2. Определим массу раствора гидроксида калия:

$$m(\text{NaOH}) = 1,33 \cdot 200,5 \cdot 0,3 \approx 80 \text{ г}$$

3. Определим молекулярные массы веществ:

$$M(\text{CO}_2) = 12 + 16 \cdot 2 = 44 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 12 \cdot 2 + 1 \cdot 5 + 16 + 1 = 46 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 12 \cdot 3 + 1 \cdot 7 + 16 + 1 = 60 \text{ г/моль}$$

4. Пусть  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  —  $x$ , а  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  —  $y$ , тогда  $2x \cdot 44 + 3y \cdot 44$ ,

где  $2x \cdot 44$  —  $m(\text{CO}_2)$  на сжигание  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

$3y \cdot 44$  —  $m(\text{CO}_2)$  на сжигание  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$

Составляем систему уравнений и производим расчеты:

$$\begin{cases} 46x + 60y = 21,2 \\ 2x \cdot 44 + 3y \cdot 44 = 44 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 46x + 60y = 21,2 \\ y = \frac{1-2x}{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 46x + 60\left(\frac{1-x}{3}\right) = 21,2 \\ y = \frac{1-2x}{3} \end{cases};$$

$$46x + 60\left(\frac{1-x}{3}\right) = 21,2; 6x = 1,2; x = 0,2$$

0,2 моль  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

5. Находим массу и массовую долю этанола:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 9,2 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{9,2}{21,2} \approx 0,43 = 43,4\%$$

**Ответ:** 43,4%.

**Задача № 12.** На нейтрализацию 7,6 г смеси муравьиной и уксусной кислот израсходовано 35 мл 20%-го гидроксида калия (плотность 1,20 г/мл). Рассчитайте массу уксусной кислоты и ее массовую долю в исходной смеси кислот.

Дано:

$$m_{\text{см.}} = 7,6 \text{ г}$$

$$V(\text{KOH}) = 35 \text{ мл } 20\%$$

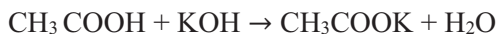
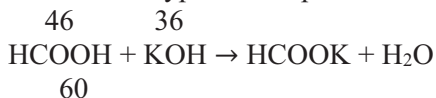
$$\rho(\text{KOH}) = 1,20 \text{ г/мл}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = ?$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = ?$$

Решение задачи № 12.

1. Напишем уравнения реакций взаимодействия кислот с KOH:



2. Рассчитаем массу раствора KOH и массу количества вещества KOH в этом растворе:

$$m_{\text{р-ра}} = 35 \cdot 1,2 = 42 \text{ г}$$

$$m(\text{KOH}) = 42 \cdot 0,2 = 8,4 \text{ г}$$

$$\frac{8,4 \text{ г}}{56 \text{ г}} = 0,15 \text{ моль}$$

3. Определяем количество вещества кислот в смеси:

$$V(\text{HCOOH}) + V(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,15 \text{ моль}$$

4. Определяем массу уксусной кислоты в исходной смеси и рассчитаем ее массовую долю:

$$m(60 + (7,6 - m)/46) = 0,15; m = 30 \text{ г}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) \text{ в смеси кислот}$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{3,0}{7,6} = 0,395 \text{ или } 39,5\%.$$

**Ответ:**  $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 3 \text{ г}$ ,  $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 39,5\%$ .

**Задача № 13.** При сжигании смеси циклогексана и бензола выделился газ, который пропустили через избыток раствора гидроксида бария. При этом выпал осадок массой 147,8 г. На bromирование того же количества смеси в присутствии бромида железа (III) затратили раствор брома в тетрахлориде углерода массой 80 г, массовая доля брома в которой равна 10%. Определите массовые доли углеродов в исходной смеси.

Дано:

$$m_{\text{ос-ка}} = 147,8 \text{ г}$$

$$m_{\text{р.}}(\text{Br}_2) = 80 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Br}_2) = 10\%$$

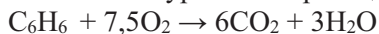
Найти:

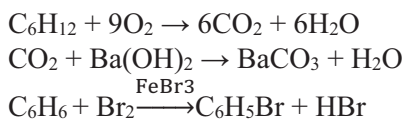
$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{12}) = ?$$

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

Решение задачи № 13.

1. Составим уравнения реакций:





2. Определим массы и количества веществ реагентов:

$$n(\text{BaCO}_3) = \frac{147,8}{197} = 0,75 \text{ моль};$$

$$n(\text{CO}_2) = 0,75 \text{ моль}$$

$$m(\text{Br}_2) = 80 \cdot 0,1 = 8 \text{ (г)};$$

$$n(\text{Br}_2) = \frac{8 \text{ г}}{160} = 0,05 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,05 \text{ моль}; m(\text{C}_6\text{H}_6) = 78 \cdot 0,05 = 3,9 \text{ г}$$

$$n_1(\text{CO}_2) = 0,3 \text{ моль}; n_2(\text{CO}_2) = 0,75 - 0,3 = 0,45 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 0,075 \text{ моль}; m(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 0,075 \cdot 84 = 6,3 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}, \text{C}_6\text{H}_6) = 6,3 + 3,9 = 10,2 \text{ г}$$

3. Массовые доли:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{12}) = \frac{6,3 \text{ г}}{10,2 \text{ г}} = 0,618\% = 61,8\%$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_6) = 100\% - 61,8\% = 38,2\%$$

**Ответ:** циклогексана 61,8%, бензола 38,2%.

**Задача № 14.** Углеводород А, реагирующий с выделением осадка с аммиачным раствором оксида серебра массой 18 г, подвергли каталитическому гидрированию, получив смесь двух соединений – Б и В. Вещество В присоединяет бром, реагируя с бромной водой. Масса полученного бромпроизводного равна 6,06 г, массовая доля брома в этом бромпроизводном равна 79,2%. Определите структурные формулы А, Б и В и назовите их. Рассчитайте массовые доли соединений Б и В в их смеси, полученной при каталитическом гидрировании вещества А.

Дано:

$$m([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}) — 18 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) — 6,06 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) — 79,2\%$$

Найти:

Формула А — ?

Формула Б — ?

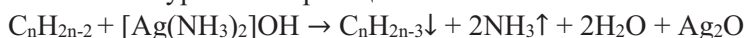
Формула В — ?

$\omega(\text{Б})$  — ?

$\omega(\text{В})$  — ?

**Решение задачи № 14.**

1. Составим уравнения реакций:

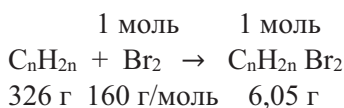


$$40 \text{ г/моль} \quad 231,6 \text{ г/моль}$$

$$x \text{ г} \quad 18 \text{ г}$$

$$x = \frac{40 \text{ г/моль} \cdot 18 \text{ г}}{231,6 \text{ г/моль}} \approx 3,12 \text{ г}$$





2. Находим молярные массы и массы веществ:

$$m(\text{Br}_2) = 6,06 \text{ г} \cdot 0,792 = 4,82 \text{ г}$$

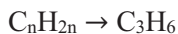
$$n(\text{Br}_2) = 0,03 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 1,26 \text{ г}$$

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0,03 \text{ моль}$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = \frac{1,26 \text{ г}}{0,03 \text{ моль}} = 42 \text{ г/моль}$$

3. Следовательно, 42 г/моль принадлежит



Производными  $\text{C}_3\text{H}_6$  являются  $\text{C}_3\text{H}_4$  и  $\text{C}_3\text{H}_8$

4. Определим молярные массы и массовые доли веществ:

$$M(\text{C}_3\text{H}_4) = 40 \text{ г/моль}; n(\text{C}_3\text{H}_4) = 0,0775 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,0775 - 0,03 = 0,0475 \text{ моль}; m(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,0475 \cdot 44 = 2,09 \text{ г}$$

$$m(\text{см.}) = 1,26 + 2,09 = 3,35 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{2,09 \text{ г}}{3,35} = 0,624 \approx 62,4\%$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_6) = \frac{1,26 \text{ г}}{3,35} = 0,376 \approx 37,6\%$$

**Ответ:** А —  $\text{C}_3\text{H}_4$  — пропин, Б —  $\text{C}_3\text{H}_8$  — пропан — 62,4 %, В —  $\text{C}_3\text{H}_6$  — пропен — 37,6%.

**Задача № 15.** Два углеводорода А и Б, имеющие циклическое строение, являются соседними членами одного гомологического ряда. Массовая доля углерода в обоих веществах А и Б составляет 85,71%. Относительная плотность смеси А и Б по водороду составляет 29,4. Определите формулы углеводородов А и Б. К какому гомологическому ряду они относятся? Изобразите структурные формулы изомеров веществ А и Б. Рассчитайте массовые доли газов в их смеси.

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 85,71\%$$

$$D_{\text{по H}_2(\text{см. А и В})} = 29,4$$

Найти:

Формула А — ?

Формула Б — ?

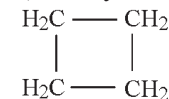
Решение задачи № 15.

1. Углеводороды А и Б являются циклоалканами, т. к.:

$$\omega(\text{C}) = \frac{12n}{14n} = 0,8571\%$$

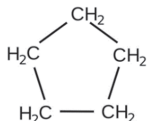
$$M_{\text{г(см.)}} = 29,4 \cdot 2 = 58,8$$

Циклобутан:





Циклопентан:



$$58,8 = Mr(C_4H_8) \cdot x + Mr(C_5H_{10}) (1-x)$$

$$58,8 = 56x + 70 - 70x$$

$$x = 0,8$$

$$\omega(C_4H_8) = 80 \%$$

$$\omega(C_5H_{10}) = 100\% - \omega(C_4H_8) = 100\% - 80\% = 20\%$$

$$\omega(C_5H_{10}) = 20\%$$

**Ответ:** А — циклобутан 80%, Б — циклопентан 20%.

## 5.4. Задачи на нахождение молекулярной формулы

### 5.4.1. Предельные углеводороды

#### Начальный уровень

**Задача № 1.** Найдите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором составляет 83,3%. Относительная плотность паров этого вещества по водороду равна 36.

Дано:

$$\omega_{(\text{углев.})} = 83,3\%$$

$$D_{\text{по H}_2}(C_xH_y) = 39$$

Найти:

$$C_xH_y \text{ — ?}$$

Решение задачи № 1.

1. Находим массовую долю водорода:

$$\omega(H) = 100\% - 83,3\% = 16,7\%$$

2. Находим простейшую формулу вещества:

$$x:y = \frac{83,3}{12} : \frac{16,7}{1} = 6,942:16,7 = 1:2,4 = 5:12$$

3. Находим истинную формулу:

$$Mr(C_5H_{12}) = 72$$

$$M_{r \text{ ист.}} = 36 \cdot 2 = 72$$

$C_5H_{12}$  — истинная формула

**Ответ:**  $C_5H_{12}$ .

**Задача № 2.** Найдите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля водорода в котором составляет 15,79%. Относительная плотность паров этого вещества по воздуху равна 3,39.

Дано:

$$\omega(H_2) = 15,79\%$$

$$D_{\text{по возд.}}(C_xH_y) = 3,39$$

Найти:  $C_xH_y$  — ?

Решение задачи № 2.

1. Находим массовую долю углерода  $C_xH_y$ :

$$\omega(C) = 100\% - 15,79\% = 84,21\%$$

2. Находим истинную и простейшую формулы:

$$x:y = \frac{84,21}{12} : \frac{15,79}{1} = 7,02:15,79 = 1:2,25 = 4:9$$

$C_4H_9$  — простейшая формула

$$M_r(C_4H_9) = 57$$

$$M_{r \text{ ист.}} = 3,93 \cdot 29 = 114$$

$$\frac{M_{\text{гист.}}}{M_r(C_2H_5)} = \frac{58}{29} = 2$$

$C_8H_{18}$  — истинная формула

**Ответ:**  $C_8H_{18}$ .

**Задача № 3.** Найдите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором составляет 81,8%. Относительная плотность вещества по азоту равна 1,57.

Дано:

$$\omega(C) = 81,8\%$$

$$D_{\text{по азоту}}(C_xH_y) = 1,57$$

Найти:

$C_xH_y$  — ?

**Решение задачи № 3.**

1. Находим массовую долю водорода:

$$\omega(H) = 100\% - 81,8\% = 18,2\%$$

2. Находим простейшую и истинную формулы:

$$x:y = \frac{81,8}{12} : \frac{18,2}{1} = 6,817:18,2 = 3:8$$

$C_3H_8$  — простейшая формула

$$M_r(C_3H_8) = 44$$

$$M_{r \text{ ист.}} = 1,57 \cdot 28 = 44$$

$C_3H_8$  — истинная формула

**Ответ:**  $C_3H_8$ .

### Средний уровень

**Задача № 1.** Найдите молекулярную формулу органического вещества, если известно, что массовая доля углерода в нем составляет 51,89%, водорода — 9,73% и хлора — 38,38%. Относительная плотность паров этого вещества по воздуху равна 3,19.

Дано:

$$\omega(C) = 51,89\%$$

$$\omega(H) = 9,73\%$$

$$\omega(Cl) = 38,38\%$$

$$D_{\text{по возд.}}(C_xH_yCl_z) = 3,19$$

Найти:

$C_xH_yCl_z$  — ?

**Решение задачи № 1.**

Находим простейшую, а затем и истинную формулу:

$$C_xH_yCl_z; x:y:z = \frac{51,89}{12} : \frac{9,73}{1} : \frac{38,38}{35,5} = 4,32:9,73:1,08 = 4:9:1$$

$C_4H_9Cl$  — простейшая формула

$$M_r(C_4H_9Cl) = 92,5$$

$$M_{\text{г ист.}} = 3,19 \cdot 29 = 92,5$$

$\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$  — истинная формула

**Ответ:**  $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$ .

**Задача № 2.** При сжигании углеводорода массой 29 г образовалось 88 г оксида (IV) и 45 г воды. Относительная плотность вещества по воздуху равна 2. Найдите молекулярную формулу углеводорода.

Дано:

$$m(\text{C}_x\text{H}_y) = 29 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 88 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 45 \text{ г}$$

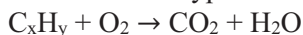
$$D_{\text{по возд.}}(\text{C}_x\text{H}_y) = 2$$

Найти:

$$\text{C}_x\text{H}_y \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 2.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим массы элементов:

$$m(\text{C}) = \frac{12}{44} \cdot 88 = 24 \text{ г}$$

$$m(\text{H}) = \frac{2}{18} \cdot 45 = 5 \text{ г}$$

3. Определяем простейшую формулу.

$$x:y = \frac{24}{12} : \frac{5}{1} = 2:5$$

4. Находим истинную формулу.

$\text{C}_2\text{H}_5$  — простейшая формула

$$M_{\text{г}}(\text{C}_2\text{H}_5) = 24 + 5 = 29 \text{ г}$$

$$M_{\text{г(ист.)}} = 29 \cdot 2 = 58$$

$$\frac{M_{\text{г(ист.)}}}{M_{\text{г}}(\text{C}_2\text{H}_5)} = \frac{58}{29} = 2$$

$\text{C}_4\text{H}_{10}$  — истинная формула

**Ответ:**  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .

**Задача № 3.** При сжигании углеводорода объемом 2,24 л получили 13,2 г оксида углерода (IV) и 7,2 г воды. Относительная плотность углеводорода по водороду равна 22. Найдите молекулярную формулу углеводорода.

Дано:

$$V(\text{C}_x\text{H}_y) = 2,24 \text{ л}$$

$$m(\text{CO}_2) = 13,2 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 7,2 \text{ г}$$

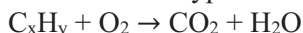
$$D_{\text{по H}_2}(\text{C}_x\text{H}_y) = 22$$

Найти:

$$\text{C}_x\text{H}_y \text{ — ?}$$

**Решение задачи № 3.**

1. Составляем уравнение реакции:



2. Находим массы элементов:

$$m(\text{C}) = \frac{12}{44} \cdot 13,2 = 0,8 \text{ г}$$

$$m(\text{H}) = \frac{2}{18} \cdot 7,2 = 5 \text{ г}$$

3. Определяем простейшую формулу:

$$x:y = \frac{3,6}{12} : \frac{0,8}{1} = 0,3:0,8 = 3:8$$

$\text{C}_3\text{H}_8$  – простейшая формула

4. Находим истинную формулу:

$$M_r(\text{C}_3\text{H}_8) = 44$$

$$M_{r(\text{ист.})} = 22 \cdot 2 = 44$$

$\text{C}_3\text{H}_8$  – истинная формула

**Ответ:**  $\text{C}_3\text{H}_8$ .

**Задача № 4.** Найдите молекулярную формулу гомолога метана, если известно, что масса 5,6 л (н. у.) этого вещества составляет 18 г. Напишите структурные формулы всех его изомеров.

Дано:

$$m_{(\text{в-ва})} \text{ — } 18 \text{ г}$$

$$V_{(\text{в-ва})} \text{ — } 5,6 \text{ л}$$

Найти:

Структурные формулы вещества и их изомеров.

Решение задачи № 4.

1. Составляем пропорцию, находим молярную массу:

$$5,6 \text{ л — } 18 \text{ г}; \quad 22,4 \text{ л — } M;$$

2. Находим молекулярную формулу:

$$M = \frac{22,4 \text{ л/моль} \cdot 18 \text{ г}}{5,6 \text{ л}} = 72 \text{ г/моль}$$

$$\text{C}_n\text{H}_{2n+2} = 72$$

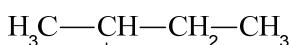
$$14n + 2 = 72$$

$$n = 5$$

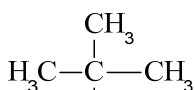
$\text{C}_5\text{H}_{12}$  – пентан

3. Записываем формулы изомеров:

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  н-пентан



2-метилбутан



2,2-диметилпропан

**Ответ:**  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ .

**Задача № 5.** При горении 1 моль газообразного алкана (н. у.) образовалось 22,4 л оксида углерода (IV) и 36 г воды. Найдите молекулярную формулу алкана и рассчитайте, какой объем кислорода потребуется для полного сгорания 5 л этого вещества.

Дано:

$$n(\text{C}_k\text{H}_{2k+2}) = 1 \text{ моль}$$

$$V(\text{CO}_2) = 22,4 \text{ л}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 36 \text{ г}$$

$$V(\text{C}_k\text{H}_{2k+2}) = 5 \text{ л}$$

Найти:

$$M_r(\text{C}_k\text{H}_{2k+2}) \text{ — ?}$$

$$V(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

Решение задачи № 5.

1. Составим уравнение реакции:



2. Определим количество вещества.

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{22,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1 \text{ моль}$$

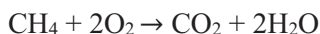
$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{36 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль}$$

$$\frac{k}{k+1} = \frac{1}{2}$$

$$k = 1; \quad \text{CH}_4$$

3. Составим уравнение реакции, и с помощью пропорции найдем объем.

$$5 \text{ л} \quad x \text{ л}$$



$$22,4 \text{ л/моль} \quad 44,8 \text{ л/моль}$$

$$\frac{5 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$

$$x = \frac{5 \text{ л} \cdot 44,8 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 10 \text{ л}$$

**Ответ:** CH<sub>4</sub>; 10 л.

**Задача № 6.** При сжигании углеводорода массой 3,2 г образовалось 9,9 г оксида углерода (IV) и 4,5 г воды. Относительная плотность паров этого вещества по водороду равна 64. Найдите молекулярную формулу углеводорода.

Дано:

$$m(\text{C}_x\text{H}_y) = 3,2 \text{ г}$$

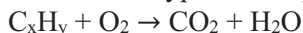
$$m(\text{CO}_2) = 9,9 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 4,5 \text{ г}$$

Найти: C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> — ?

Решение задачи № 6.

1. Составим уравнение реакции:



2. Находим массы веществ:

$$m(\text{C}) = \frac{12}{44} \cdot 9,9 = 2,7 \text{ г}$$

$$m(\text{H}) = \frac{2}{18} \cdot 4,5 = 0,5 \text{ г}$$

3. Определяем простейшую формулу и истинную формулу углеводорода:

$$x:y = \frac{2,7}{12} : \frac{0,5}{1} = 0,225:0,5 = 9:20$$

C<sub>9</sub>H<sub>20</sub> – простейшая формула

$$M_r(C_9H_{20}) = 128 \text{ г}$$

$$M_{r \text{ ист.}} = 64 \cdot 2 = 128$$

$C_9H_{20}$  – истинная формула

**Ответ:**  $C_9H_{20}$ .

#### 5.4.2. Непредельные углеводороды. Ацетиленовые

##### Начальный уровень

**Задача № 1.** 10,5 г алкена присоединяют 5,6 л бромоводорода (н. у.). Определите молекулярную формулу алкена.

Дано:

$$m_{\text{(алкена)}} = 10,5 \text{ г}$$

$$V(HBr) = 5,6 \text{ л}$$

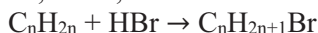
Найти:

Формула алкена — ?

Решение задачи № 1.

1. Составим уравнение реакции и с помощью пропорции определим формулу алкена:

$$10,5 \text{ г} \quad 5,6 \text{ л}$$



$$14n \text{ г} \quad 22,4 \text{ л/моль}$$

$$\frac{10,5 \text{ г}}{14n \text{ г}} = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$n = 3; C_3H_6 \text{ – пропен}$$

**Ответ:**  $C_3H_6$ .

**Задача № 2.** Найдите молекулярную формулу алкена, 7 г которого присоединяет 16 г брома.

Дано:

$$m_{\text{(алкена)}} = 7 \text{ г}$$

$$m(Br_2) = 16 \text{ г}$$

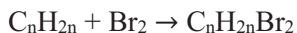
Найти:

Формула алкена — ?

Решение задачи № 2.

1. Составим уравнение реакции и с помощью пропорции определим формулу алкена:

$$7 \text{ г} \quad 16 \text{ г}$$



$$14n \text{ г} \quad 160 \text{ г/моль}$$

$$\frac{7 \text{ г}}{14n \text{ г}} = \frac{16 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}}$$

$$n = 5; C_5H_{10} \text{ – пентен}$$

**Ответ:**  $C_5H_{10}$ .

**Задача № 3.** Алкен нормального строения содержит двойную связь у второго атома углерода. Образец этого алкена массой 45,5 г присоединяет 14,56 л водорода (н. у.). Найдите молекулярную формулу этого алкена.

Дано:

$$m_{\text{(алкена)}} = 45 \text{ г}$$

$$V(H_2) = 14,56 \text{ л}$$

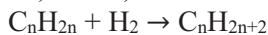
Найти:

Формула алкена — ?

Решение задачи № 3.

1. Составим схему реакции и с помощью пропорции определим формулу алкена:

45,5 г 14,56 л



14n г 22,4 л/моль

$$\frac{45,5 \text{ г}}{14n \text{ г}} = \frac{14,56 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

n = 5; C<sub>5</sub>H<sub>10</sub> – пентен

CH<sub>3</sub> – CH = CH – CH<sub>2</sub> – CH<sub>3</sub> пентен-2

**Ответ:** C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>.

**Задача № 4.** Диеновый углеводород массой 5,4 г прореагировал с 4,48 л хлороводорода (н. у.). Найдите молекулярную формулу углеводорода.

Дано:

$$m(\text{углеводорода}) = 5,4 \text{ г}$$

$$V(\text{HCl}) = 4,48 \text{ л}$$

Найти:

Формула углеводорода — ?

Решение задачи № 4.

1. Составим уравнение реакции и с помощью пропорции определим формулу углеводорода:

5,4 г 4,48 л



14n–2 г 44,8 л/моль

$$\frac{5,4 \text{ г}}{14n-2 \text{ г}} = \frac{4,48 \text{ л}}{44,8 \text{ л/моль}}$$

14n = 56;

n = 4; C<sub>4</sub>H<sub>6</sub> — бутадиен

CH<sub>2</sub> = CH – CH = CH<sub>2</sub>

**Ответ:** C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>.

**Задача № 5.** Алкин массой 13 г занимает объем 11,2 л (н. у.). Массовая доля водорода в нем составляет 7,7%. Найдите его молекулярную формулу.

Дано:

$$m(\text{алкин}) = 13 \text{ г}$$

$$V(\text{алкин}) = 11,2 \text{ л}$$

$$\omega(H_2) = 7,7\%$$

Найти:

Формула алкина — ?

Решение задачи № 5.

C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub> — алкин

14n — 2 г — 22,4 л

13 г — 11,2 л

14n = 28

$$n = 2$$

$C_2H_2$  – ацетилен

$$\omega(H) = \frac{2 \cdot 1}{26} = 0,077 \text{ или } 7,7\%$$

**Ответ:**  $C_2H_2$ .

**Задача № 6.** Найдите молекулярную формулу алкина, массовая доля углерода в котором составляет 90%. Относительная плотность его по водороду равна 20.

Дано:

$$\omega(C) = 90\%$$

$$D_{\text{по } H_2} (\text{алкина}) = 20$$

Найти:

Формула алкина — ?

**Решение задачи № 6.**

$$M_r(C_nH_{2n-2}) = 14n - 2 = 20 \cdot 2$$

$$n = 3$$

$C_3H_4$  — пропин;

$$\omega(C) = \frac{3 \cdot 12}{40} = 0,9 \text{ или } 90\%$$

**Ответ:**  $C_3H_4$ .

**Задача № 7.** Найдите молекулярную формулу алкина, массовая доля водорода в котором составляет 11,1%. Относительная плотность его по воздуху равна 1,863.

Дано:

$$\omega(H_2) = 11,1\%$$

$$D_{\text{по возд}} (\text{алкина}) = 1,863$$

Найти:

Формула алкина — ?

**Решение задачи № 7.**

Находим молекулярную формулу алкина:

$$M_r(C_nH_{2n+2}) = 14n - 2 = 1,863 \cdot 29$$

$$14n = 56; \quad n = 4$$

$C_4H_6$  — бутин;

$$\omega(H) = \frac{6 \cdot 1}{54} = 0,111 \text{ или } 11,1\%$$

**Ответ:**  $C_4H_6$ .

### Средний уровень

**Задача № 1.** При сжигании алкена массой 0,7 г образовались оксид углерода (IV) и вода количеством вещества по 0,05 моль каждое. Относительная плотность паров этого вещества по азоту равна 2,5. Найдите молекулярную формулу алкена.

Дано:

$$m(\text{алкин}) = 0,7 \text{ г}$$

$$n(H_2O) = 0,05 \text{ моль}$$

$$D_{\text{по } N_2} (\text{паров}) = 1,863$$

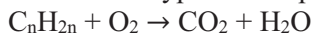
Найти:

Формула алкена — ?



### Решение задачи № 1.

Составляем уравнение реакции и определяем формулу алкена:



$$m(C) = 12 \cdot 0,05 = 0,6 \text{ г}$$

$$m(H) = 2 \cdot 1 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ г;}$$



$$x:y = \frac{0,6}{12} : \frac{0,1}{1} = 1:2$$

$CH_2$  — простейшая формула

$$M_r(CH_2) = 14 \text{ г}$$

$$M_r(\text{ист.}) = 28 \cdot 2,5 = 70$$

$$\frac{M_r(\text{ист.})}{M_r(CH_2)} = \frac{70}{14} = 5$$

$C_5H_{10}$  — истинная формула

**Ответ:**  $C_5H_{10}$ .

**Задача № 2.** Найдите молекулярную формулу алкена, массовая доля углерода в котором составляет 85,7%. Относительная плотность этого алкена по азоту равна 2.

Дано:

$$\omega(C) = 85,7\%$$

$$D_{\text{по } N_2}(\text{алкена}) = 2$$

Найти:

Формула алкена — ?

### Решение задачи № 2.

Определяем формулу алкена:

$C_nH_{2n}$ ;  $CH_2$  — простейшая формула

$$M_r(CH_2) = 14; \quad M_r(\text{ист.}) = 2 \cdot 28 = 56;$$

$$\frac{M_r(\text{ист.})}{M_r(CH_2)} = \frac{56}{14} = 4$$

$C_4H_8$  — истинная формула

$$\omega(C) = \frac{4 \cdot 12}{12 \cdot 4 + 8} = 85,71\%$$

**Ответ:**  $C_4H_8$ .

**Задача № 3.** Найдите молекулярную формулу алкена, массовая доля водорода в котором составляет 14,3%. Относительная плотность этого вещества по водороду 21.

Дано:

$$\omega(H_2) = 14,3\%$$

$$D_{\text{по } H_2}(\text{алкена}) = 21$$

Найти:

Формула алкена — ?

### Решение задачи № 3.

Определяем формулу алкена:

$C_nH_{2n}$ ;  $CH_2$  — простейшая формула

$$M_r(CH_2) = 14; \quad M_r(\text{ист.}) = 21 \cdot 2 = 42;$$

$$\frac{M_r(\text{ист.})}{M_r(CH_2)} = \frac{42}{14} = 3$$

$C_3H_6$  – истинная формула

$$\omega(H) = 14,3\%$$

**Ответ:**  $C_3H_6$ .

**Задача № 4.** Найдите молекулярную формулу алкена, массовая доля углерода в котором составляет 85,7%. Относительная плотность паров этого вещества по оксиду углерода (IV) равна 1,593.

Дано:

$$\omega(C) = 85,7\%$$

$$D_{\text{по } CO_2} (\text{паров в-ва}) = 1,593$$

Найти:

Формула алкена — ?

**Решение задачи № 4.**

Определяем формулу алкена:

$$M_{\Gamma} (\text{ист.}) = 1,593 \cdot 44 = 70;$$



$$14n = 70$$

$$n = 5$$

$C_5H_{10}$  – истинная формула

$$\omega(C) = \frac{5 \cdot 12}{70} = 85,7\%$$

**Ответ:**  $C_5H_{10}$ .

**Задача № 5.** При сжигании алкена массой 11,2 г получили 35,2 г оксида углерода (IV) и 14,4 г воды. Относительная плотность алкена по воздуху 1,93. Найдите молекулярную формулу алкена.

Дано:

$$m(C_nH_{2n}) = 11,2 \text{ г}$$

$$m(CO_2) = 35,2 \text{ г}$$

$$D_{\text{по возд.}} (\text{алкена}) = 1,93$$

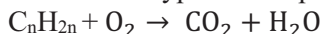
$$m(H_2O) = 14,4 \text{ г}$$

Найти:



**Решение задачи № 5.**

Составляем уравнение реакции и определяем формулу алкена:



$$m(C) = \frac{12 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} \cdot 35,2 \text{ г} = 9,6 \text{ г}$$

$$m(H) = \frac{2 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} \cdot 14,4 \text{ г} = 1,6 \text{ г} \quad C_xH_y$$

$$x:y = \frac{9,6}{12} : \frac{1,6}{1} = 1:2 \quad CH_2 \text{ — простейшая формула}$$

$$M_{\Gamma}(CH_2) = 14; \quad M_{\Gamma} (\text{ист.}) = 1,93 \cdot 29 = 56$$

$$\frac{M_{\Gamma} (\text{ист.})}{M_{\Gamma}(CH_2)} = \frac{56}{14} = 4$$

$C_4H_8$  – истинная формула

**Ответ:**  $C_4H_8$ .

**Задача № 6.** Неизвестный алкен массой 7 г присоединяет бромоводород, объем которого равен объему метана (н. у.) массой 2 г. Найдите молекулярную формулу алкена.

Дано:

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 7 \text{ г}$$

Найти:

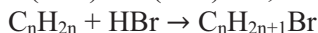


Решение задачи № 6.

Находим объем метана и по схеме реакции определяем формулу алкена:

$$V(\text{CH}_4) = V_m = \frac{m}{M} \cdot V_m = \frac{2 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 2,8 \text{ л}$$

$$V(\text{HBr}) = V(\text{CH}_4) = 2,8 \text{ л}$$



$$\frac{7 \text{ г}}{14n} = \frac{2,8 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}$$

$$n = 4$$

$\text{C}_4\text{H}_8$  – бутен

**Ответ:**  $\text{C}_4\text{H}_8$ .

**Задача № 7.** Найдите молекулярную формулу алкадиена, если при сжигании 2 г его образовалось 2,12 г воды и 6,48 г оксида углерода (IV). Относительная плотность паров этого вещества по водороду 34.

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 2,12 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 6,48 \text{ г}$$

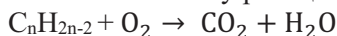
$$D_{\text{по H}_2}(\text{алкадиена}) = 34$$

Найти:

Формула алкадиена — ?

Решение задачи № 7.

Составляем схему реакции и находим формулу алкадиена:



$$m(\text{C}) = \frac{12}{44 \text{ г/моль}} \cdot 6,48 \text{ г} = 1,767 \text{ г}$$

$$m(\text{H}) = \frac{2}{18 \text{ г/моль}} \cdot 2,12 \text{ г} = 0,233 \text{ г};$$

$\text{C}_x\text{H}_y$

$$x:y = \frac{1,767}{12\text{г}} : \frac{0,233}{1} = 0,147:0,233 = 5:8;$$

$\text{C}_5\text{H}_8$  – простейшая формула

$$M_r(\text{C}_5\text{H}_8) = 68$$

$$M_r(\text{ист.}) = 34 \cdot 2 = 68$$

$\text{C}_5\text{H}_8$  – истинная формула

**Ответ:**  $\text{C}_5\text{H}_8$ .

**Задача № 8.** При сжигании алкина массой 5,2 г выделилось 8,96 л (н. у.) оксида углерода (IV) и 3,6 г воды. Относительная плотность этого вещества по водороду равна 13. Найдите молекулярную формулу алкина.

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 3,6 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 5,2 \text{ г}$$

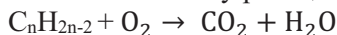
$$D_{\text{по H}_2} (\text{алкина}) = 13$$

Найти:

Формула алкина — ?

Решение задачи № 8.

Составляем схему реакции и находим формулу алкина:



$$m(\text{C}) = \frac{8,96 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 12 \text{ г/моль} = 4,8 \text{ г}$$

$$m(\text{H}) = \frac{2}{18 \text{ г/моль}} \cdot 3,6 \text{ г} = 0,4 \text{ г}$$



$$x:y = \frac{4,8}{12\text{г}} : \frac{0,4}{1} = 1:1$$

CH — простейшая формула

$$M_r(\text{CH}) = 13$$

$$M_r(\text{ист.}) = 13 \cdot 2 = 26$$

$$\frac{M_r(\text{ист.})}{M_r(\text{CH}_2)} = \frac{26}{13} = 2$$

$\text{C}_2\text{H}_2$  — истинная формула

**Ответ:**  $\text{C}_2\text{H}_2$ .

**Задача № 9.** Найдите молекулярную формулу ароматического углеводорода, если при сжигании 3,9 г его образовалось 13,2 г оксида углерода (IV) и 2,7 г воды.

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 2,7 \text{ г}$$

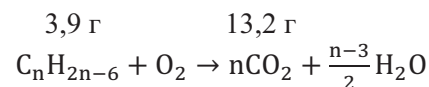
$$m(\text{CO}_2) = 13,2 \text{ г}$$

Найти:

Формула аромат. углеводорода — ?

Решение задачи № 9.

Составляем схему реакции и находим формулу ароматического углеводорода:



$$14n-6 \qquad n \cdot 44 \text{ г}$$

$$\frac{3,9 \text{ г}}{14n-6} = \frac{13,2 \text{ г}}{44n}$$

$$171,6n = 184,8n - 79,2$$

$$13,2n = 79,2$$

$$n = 6$$

$\text{C}_6\text{H}_6$  — бензол

**Ответ:**  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

**Задача № 10.** Найдите молекулярную формулу сложного эфира, который содержит (по массе) 54,4% углерода, 36,4% кислорода и 9,2% водорода. Относительная плотность его паров по водороду равна 44. Напишите структурные формулы всех сложных эфиров, отвечающих этой молекулярной формуле.

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 54,4\%$$

$$\omega(\text{O}) = 36,4\%$$

$$D_{\text{по Н}_2} (\text{паров сл. эфира}) = 44$$

Найти:

Формулы сложных эфиров — ?

Решение задачи № 10.

1. Составляем общую формулу сложного эфира, находим простейшую формулу и находим формулу сложного эфира:

$$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z;$$

$$x: y: z = \frac{54,4}{12} : \frac{9,2}{1} : \frac{36,4}{16} = 4,53: 9,2: 2,275 = 2: 4: 1$$

$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  — простейшая формула

$$M_r(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = 2 \cdot 1 = 44$$

$$M_r(\text{ист.}) = 44 \cdot 2 = 88$$

$$\frac{M_r(\text{ист.})}{M_r(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})} = \frac{88}{44} = 2$$

**Ответ:**  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ;  $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$ ,  $\text{HCOOCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$ .

### Высокий уровень

**Задача № 1.** При окислении одноосновной органической кислоты образовались две другие кислоты (одноосновная и двухосновная). Образец двухосновной кислоты, выделенной из смеси, массой 6,49 г, оттитровали раствором щелочи (массовая доля  $\text{KOH}$  4%, плотность 1,035 г/мл), при этом затрачен раствор объемом 148,8 мл. Об исходной кислоте также известно, что она имеет неразветвленную углеродную цепь и присоединяет бром (массовая доля брома в полученном бромпроизводном равна 53%). Определите формулу исходной и полученной кислот, напишите уравнение реакции.

Дано:

$$m(\text{двухосн. кислоты}) = 6,49 \text{ г}$$

$$\omega(\text{KOH}) = 4\%$$

$$\rho(\text{р-р KOH}) = 1,035 \text{ г/мл}$$

$$V(\text{KOH}) = 148,8 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{Br}_2) = 53\%$$

Найти:

Формулы исход. и получ. кислот — ?

Решение задачи № 1.

Тот факт, что кислота присоединяет бром и окисляется с образованием двух кислот, указывает на ее непредельный характер. Окисление таких кислот и разрыв углеродной цепи происходит по месту кратной связи.

Учитывая неразветвленность углеродной цепи, представляем формулу исходной кислоты в следующем виде:



Составляем уравнение реакции окисления кислоты:



$\rightarrow \text{H}-(\text{CH}_2)_p-\text{COOH} + \text{HOOC}-(\text{CH}_2)_q-\text{COOH}$ , т. е. образуется предельная одноосновная и предельная двухосновная кислоты.

Известно, что исходная кислота (обозначаем ее буквой А) присоединяет бром:  $A + Br_2 \rightarrow ABr_2$

Если выбрать образец полученного бромпроизводного количеством вещества 1 моль [ $n(ABr_2) = 1$  моль], то можно записать:

$$\begin{aligned}n(Br) &= 2n(ABr_2); & n(Br) &= 2 \text{ моль}; \\m(Br) &= n(Br) \cdot M(Br); & m(Br) &= 2 \cdot 80 \text{ г} = 160 \text{ г}; \\m(ABr_2) &= n(ABr_2) \cdot M(ABr_2) = n(ABr_2)[M(A) + 2M(Br)];\end{aligned}$$

$$m(ABr_2) = 1[M(A) + 2 \cdot 80] \text{ г} = [M(A) + 160] \text{ г};$$

$$\omega_{(\text{массовая доля})}(Br) = m(Br) \cdot 100 / m(ABr_2);$$

$$53 = 160 \cdot 100 / M(A) + 160.$$

Решая полученное уравнение, вычисляем молярную массу кислоты:

$$M(A) \approx 142 \text{ г/моль}$$

С другой стороны, используя написанную выше формулу кислоты, можно представить ее молярную массу в следующем виде:

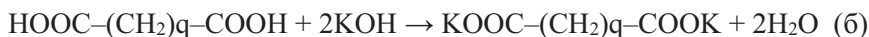
$$M(A) = M(C) \cdot (3+p+q) + M(O) \cdot 2 + M(H) \cdot (4+2p+2q)$$

$$M(A) = [12(3+p+q) + 16 \cdot 2 + 1(4+2p+2q)] \text{ г/моль} = (14p+14q+72) \text{ г/моль}$$

Отсюда получаем:

$$14p+14q+72 = 142 \quad (\text{а})$$

Записываем уравнение реакции двухосновной кислоты с гидроксидом калия:



Вычисляем массу раствора KOH, массу и количество вещества гидроксида калия, пошедшего на титрование:

$$m = V \cdot \rho$$

$$M = 148,8 \cdot 1,035 \text{ г} \approx 154 \text{ г}$$

$$m(KOH) = \frac{m \cdot \omega(KOH)}{100}$$

$$m(KOH) = 154 \cdot 4 / 100 \text{ г} = 6,16 \text{ г}$$

$$n(KOH) = \frac{m(KOH)}{M(KOH)}$$

$$n(KOH) = \frac{6,16}{56 \text{ моль}} = 0,11 \text{ моль}$$

Молярную массу двухосновной кислоты (обозначаем ее буквой Q) можно представить в следующем виде:

$$M(Q) = M(C) \cdot (2+q) + M(O) \cdot 4 + M(H) \cdot (2+2q)$$

$$M(Q) = [12(2+q) + 16 \cdot 4 + 1(2+2q)] \text{ г/моль} = (14q+90) \text{ г/моль}$$

Рассчитываем количество вещества кислоты Q, взятой для титрования:

$$n(Q) = \frac{m(Q)}{M(Q)}$$

$$n(Q) = \frac{6,49}{14q+90 \text{ моль}}$$

Из уравнения реакции (б) следует:

$$\frac{n(Q)}{n(KOH)} = \frac{1}{2}$$

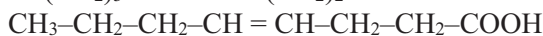
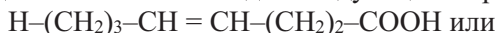
$$n(Q) = \frac{1}{2n(KOH)}$$

$$n(Q) = 1/2 \cdot 0,11 \text{ моль} = 0,055 \text{ моль}$$

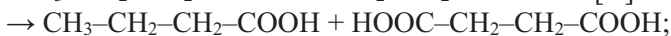
Получаем уравнение:

$$6,49/14q + 90 = 0,055$$

Решая систему уравнений (а) и (б), находим, что  $q = 2$ ,  $p = 3$ , т. е. формула исходной кислоты выглядит следующим образом:



Записываем уравнения реакций с участием этой кислоты (реакции окисления и бромирования):



**Задача № 2.** Образец органического вещества массой 4,3 г сожгли в кислороде. Продуктами реакции являются оксид углерода (IV) объемом 6,72 л (н. у.) и вода массой 6,3 г. Относительная плотность паров исходного вещества по водороду равна 43. Определите формулу вещества.

Дано:

$$m(\text{в-ва}) = 4,3 \text{ г}$$

$$V(\text{CO}_2) = 6,72 \text{ л}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 6,3 \text{ г}$$

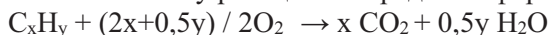
$$D_{\text{ по H}_2} (\text{исх. в-ва}) = 43$$

Найти:

Формулу вещества — ?

Решение задачи № 2.

Составим схему реакции и определим формулу вещества:



$$M_r(\text{в-ва}) = 43 \cdot 2 = 86$$

$$n(\text{C}_x\text{H}_y) = \frac{4,3}{86} = 0,05 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ моль}$$

$$\frac{0,05}{1} = \frac{0,35}{x} \quad x = 6$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{6,3}{18} = 0,35 \text{ моль}$$

$$\frac{0,05}{1} = \frac{0,35}{y}$$

$$y = 14$$



**Ответ:**  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ .

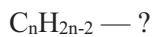
**Задача № 3.** Ацетиленовый углеводород имеет пять углеродных атомов в главной цепи. Он не реагирует с аммиачным раствором оксида серебра (I). При взаимодействии углеводорода с избытком брома в реакцию вступило 32 г брома и образовался продукт массой 40,2 г. Определите, какой углеводород был взят, напишите его структурную формулу.

Дано:

$$m(\text{Br}_2) = 32 \text{ г}$$

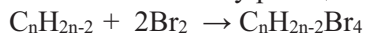
$$m_{(\text{Br-произв.})} = 40,2 \text{ г}$$

Найти:



Решение задачи № 3.

1. Составим схему реакции и определим формулу углеводорода:



$$n(\text{Br}_2) = \frac{32 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{Br}_4) = 0,1 \text{ моль}$$

$$M_r(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{Br}_4) = \frac{40,2 \text{ г}}{0,1 \text{ моль}} = 402 \text{ г/моль}$$

$$14n - 2 + 320 = 402$$

$$14n = 84$$

$$n = 6$$



**Ответ:** 4-метилпентин-2.



# ОТВЕТЫ

## ЧАСТЬ 1

### Предельные углеводороды

#### Начальный уровень

1. 11782,9 л
2. 80,95 л
3. 11,2 л
4. 6,45 л
5. 285,7 л
6. 35 л – кислород, 166,7 л – воздух
7. 3,36 л
8. 77,14%

#### Средний уровень

1. 406 л
2. 39,6 м<sup>3</sup>
3. 9,17 м<sup>3</sup>
4. СН<sub>4</sub>; 10 л
5. 30%
6. 10,64 л
7. 718,9 л

### Непредельные углеводороды

#### Начальный уровень

1. 71,43 л
2. 18,2 л
3. 1235 м<sup>3</sup>
4. 56% С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub> и 44% С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>
5. 56% С<sub>3</sub>Н<sub>6</sub> и 44% С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub>
6. 93,75%
7. 419 л
8. 28 л

#### Средний уровень

1. 1000 л
2. 171,4 л
3. 11,9 л
4. 149,6 л
5. 1000 л
6. 44,8% С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub> и 55,2% С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>
7. 33,6% С<sub>4</sub>Н<sub>8</sub> и 66,4% С<sub>4</sub>Н<sub>10</sub>
8. 821,3 мл
9. 89,3%
10. 39,9 л
11. 41,4 л
12. 89,25 л

13. 80 л
14. 18,67%  $C_2H_4$  и 81,33%  $C_2H_6$
15. 25,2 л

### **Ароматические углеводороды (арены)**

#### Начальный уровень

1. 112 л

#### Средний уровень

1. 3,7 мл

### **Спирты и фенолы**

#### Начальный уровень

1. 16,3 мл
2. 2,24 л
3. 14,6 л
4. 1,12 л

### **Альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, сложные эфиры. Жиры**

#### Начальный уровень

1. 1,12 л
2. 331,52 л
3. 14,1 мл
4. 59,5 мл

#### Средний уровень

1. 7,4 л
2. 7,47 л
3. 413,1 л

### **Углеводы**

#### Начальный уровень

1. 59,73 л
2. 112 л

#### Средний уровень

1. 8,5 л

#### Высокий уровень

1. 43,83 м<sup>3</sup>
2. Метана — 90%; этана — 5%
3. 18 г; 14,56 л
4. 8,96 л
5. 34,08 л
6. 7 л
7. 80,9 л
8. 5,04 л
9. 61,2 л
10. 84%
11. 2,92 м<sup>3</sup>
12. 134,4 мл
13. 50% этана, 16,7% этилена и 33,3% ацетилена

## ЧАСТЬ 2

### Начальный уровень

1. 24 г
2. 900 г
3. 57,6 г
4. 18 г
5. 27,5 г

### Средний уровень

1. 109,8 г
2. 52,4 г

### **Непредельные углеводороды**

#### Начальный уровень

1. 71,4 г
2. 500 г

#### **Ацетиленовые**

#### Начальный уровень

1. 10,5 г
2. 285,7 г
3. 45 г
4. 60 г

#### Средний уровень

1. 640 г кислорода, 2783 г воздуха
2. 1014 г
3. 25 г
4. 149,6 г
5. 5 кг
6. 285,7 г

### **Ароматические углеводороды (арены)**

#### Средний уровень

1. 260 г
2. 50,24 г
3. 312 г

### **Спирты и фенолы**

#### Начальный уровень

1. 32,8 г
2. 28,1 г
3. 8,12 г

#### Средний уровень

1. 37,8 г
2. 18,9 г
3. 6,6 г
4. 188 г

### **Альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты**

#### Начальный уровень

1. 16,25 г
2. 45,6 г

3. 2,3 г; 1,12 л
4. 109,68 г; 85 г
5. 11,6 г
6. 5,8 г

Средний уровень

1. 7,22 г
2. 19,8 г
3. 33,6 г
4. 45 г
5. 63,9 г
6. 72 г
7. 55,1 г
8. 185,3 г

**Сложные эфиры. Жиры**

Начальный уровень

1. 33,3 г
2. 23 г
3. 37 г, 23 г

Средний уровень

1. 1,98 г
2. 23 г
3. 37,5 г
4. 445 г

**Крахмал, целлюлоза**

Средний уровень

1. 32,37 кг
2. 200,56 г
3. 63 кг

**Спирты, альдегиды, карбоновые кислоты, углеводы**

Начальный уровень

1. 32,8 г

Средний уровень

1. Кислоты 30 г, спирта 16 г
2. 90 г
3. 45 г
4. 102,6 г
5. 22,5 кг
6. 102,6 т

Высокий уровень

1. 59,52 г
2. 0,58 г
3. 5,8 г
4. 1,386 г
5. 4,6 г
6. Этанол; 7,5 г

7. Ацетилен; 70,65 г
8. Получен анилин; бензол массой 49,92 г
9. x — глицерин, пропилен массой 10,5 г
10. 21,6 г
11. 22 г

### ЧАСТЬ 3

#### **Предельные углеводороды**

##### Средний уровень

1. 80%
2. 77,14%

#### **Непредельные углеводороды. Ацетиленовые**

##### Средний уровень

1. 80%
2. 640 г O<sub>2</sub>; 2782,6 г воздуха
3. 20%

#### **Ароматические углеводороды (арены)**

##### Средний уровень

1. 81%
2. 85,37%
3. 55,17%
4. 56,4%

#### **Спирты и фенолы**

##### Средний уровень

1. 7,52%
2. 80%
3. 22,5%
4. 80%
5. 9,4%

#### **Альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты**

1. 81,8%
2. 15%
3. 87,1%

#### **Сложные эфиры. Жиры**

1. 90%
2. 80%
3. 83,3%

#### **Углеводы**

##### Средний уровень

1. 27,7%

##### Высокий уровень

1. 68,2% — C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>; 31,8% — C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>
2. 43,7%
3. Метанол — 58,2%; этанол — 41,8%

4. Пальмитиновая кислота — 62%; стеариновая кислота — 38%
5. Метиламин — 57,9%; этиламин — 42,1%
6. Этиламин — 18%; диэтиламин — 82%
7. 78,6%
8. 33,3% пропанол-1 и 66,7% пропанол-2
9. 72,3%
10. 5,6 л; 84,15%
11. 43,4%
12. 3 г; 39,5%
13. Циклогексан 61,8%; бензол 38,2%
14. Пропан 62,4%, пропен 37,6%
15. Циклобутан 80%, циклопентан 20%

## ЧАСТЬ 4

### Предельные углеводороды

#### Начальный уровень

1.  $C_5H_{12}$
2.  $C_8H_{18}$
3.  $C_3H_8$

#### Средний уровень

1.  $C_4H_9Cl$
2.  $C_4H_{10}$
3.  $C_3H_8$
4.  $C_5H_{12}$
5.  $CH_4$ ; 10 л
6.  $C_9H_{20}$

### Непредельные углеводороды. Ацетиленовые

#### Начальный уровень

1.  $C_3H_6$
2.  $C_5H_{10}$
3.  $C_5H_{10}$
4.  $C_4H_6$
5.  $C_2H_2$
6.  $C_3H_4$
7.  $C_4H_6$

#### Средний уровень

1.  $C_5H_{10}$
2.  $C_4H_8$
3.  $C_3H_6$
4.  $C_5H_{10}$
5.  $C_4H_8$
6.  $C_4H_8$
7.  $C_5H_8$
8.  $C_2H_2$

9. C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

10. C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>

Высокий уровень

1. CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH = CH-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH + 4[O] →

→ CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH + HOOC-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH;

CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH = CH-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH + Br<sub>2</sub> →

→ CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CHBr-CHBr-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH

2. C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>

3. 4-метилпентин-2

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артемов, А. В.* Школьные олимпиады. Химия. 8–11 классы / В. А. Артемова, С. С. Дербина. — М. : Айрис, 2009. — 237 с.
2. *Вивюрский, В. Я.* Вопросы, упражнения и задачи по органической химии с ответами и решениями: 10–11 кл. / В. Я. Вивюрский. — М. : Гуманит. издат. центр «ВЛАДОС», 2002. — 688 с.
3. Химия. Сборник олимпиадных задач 9–11 классы. Школьный и муниципальный этапы / В. Н. Доронькин, А. Г. Бережная, Т. В. Сажнева [и др.]. — Ростов-на-Дону : Регион, 2012. — 280 с.
4. *Егоров, А. С.* Все типы расчетных задач по химии для подготовки к ЕГЭ / А. С. Егоров. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2003. — 312 с.
5. *Рябов, М. А.* 375 проверочных заданий по химии для поступающих в вузы / М. А. Рябов. — М. : Нива России, 1998. — 140 с.
6. *Турчен, Д. Н.* Химия. Расчетные задачи / Д. Н. Турчен. — М. : Экзамен, 2009. — 400 с.
7. *Ямбушев, Ф. Д.* Органическая химия. Задачи и упражнения / Ф. Д. Ямбушев. — Казань, 2001.
8. *Ямбушев, Ф. Д.* Органическая химия. Лабораторный практикум / Ф. Д. Ямбушев. — Казань, 2006.
9. *Ямбушев, Ф. Д.* Методика решения задач по органической химии : методические указания / Ф. Д. Ямбушев. — Казань : Каз. ун-т, 2015. — 30 с.
10. *Ямбушев, Ф. Д.* Практикум по решению задач курса органической химии : методические указания / Ф. Д. Ямбушев. — Казань : Каз. ун-т, 2015. — 34 с.



*Фарид Джамалетдинович ЯМБУШЕВ*

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ  
ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.  
РАЗВИВАЮЩИЕ ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ**  
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Зав. редакцией литературы  
по химии, пищевой биотехнологии  
и технологии продуктов питания *Т. В. Карпенко*  
Ответственный редактор *Т. С. Спирина*  
Подготовка макета *Н. Ю. Горшкова*  
Корректор *Е. П. Филатова*  
Выпускающий

ЛР № 065466 от 21.10.97  
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028 от 14.04.2016 г.,  
выдан ЦГСЭН в СПб

**Издательство «ЛАНЬ»**

lan@lanbook.ru; www.lanbook.com  
196105, Санкт-Петербург, пр-кт Ю. Гагарина, д. 1, лит. А.  
Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72.  
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Подписано в печать \_ . .24.  
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печать офсетная/цифровая. Усл. п. л. 13,33. Тираж \_ экз.

Заказ № .

Отпечатано в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета  
в АО «Т8 Издательские Технологии».  
109316, г. Москва, Волгоградский пр-кт, д. 42, к. 5.