

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Казанский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Отделение довузовского образования

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

И.М. Ямалтеев



*И.М. Ямалтеев*  
\_\_\_\_\_ 2025 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ  
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
«ХИМИЯ»**

Форма обучения:	Очная
Факультет:	отделение довузовского образования
Курс:	учащиеся десятых классов общеобразовательных организаций
Семестр:	октябрь – май
Практические (семинарские, лабораторные практикумы) занятия	112 часов
Всего	112 часов

2025 год

Органическая химия является одним из важнейших разделов химии. Она прямо или косвенно участвует в формировании мировоззрения человека, определяет его подход к окружающему миру, его понимание наблюдаемых явлений. Значительное место в дополнительной общеобразовательной программе отводится решению тестовых заданий, задач как качественного, так и количественного характера. Данный предмет может дополнить, углубить знания по предмету, способствовать удовлетворению познавательных интересов учащихся.

Дополнительная общеобразовательная программа предназначена для слушателей отделения довузовского образования воскресной формы обучения, обучающихся в десятых классах общеобразовательных организаций.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРЕДМЕТА

### ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Особенности строения атома углерода. Электронное облако и орбиталь, их формы: s, p. Электронное и электронно-графические формулы атома углерода в нормальном и возбужденном состояниях. Понятие о гибридизации атомных орбиталей, валентные состояния атома углерода ( $sp$ ,  $sp^2$  и  $sp^3$ ). Валентность. Понятие первичного, вторичного, третичного и четвертичного атома углерода.

Электронная природа химической связи. Пространственная структура молекул. Простые и кратные связи,  $\sigma$ - и  $\pi$ -связи. Механизмы образования и разрыва ковалентной связи. Теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова и ее развитие в XX в. Основные положения органической химии.

Классификация химических реакций в органической химии.

Классы органических соединений: многообразие соединений углерода и его причины; основные принципы классификации. Понятия: родоначальная структура, функциональная группа, заместители, общая формула класса, гетерофункциональные соединения. Гомологические ряды классов органических соединений, гомологическая разность.

Номенклатура органических веществ: систематическая (заместительная) рациональная и тривиальная. Основные принципы построения названий в систематической номенклатуре. Основные правила номенклатуры IUPAC для органических соединений.

Алканы: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение. Галогеналканы. Индукционный эффект.

Понятие о циклоалканах: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение.

Алкены: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение.

Алкадиены. Сопряженные алкадиены: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение. Мезомерный эффект.

Алкины: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение.

Ароматические углеводороды. Бензол и толуол: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение. Правила ориентации в бензольном ядре. Общие свойства о нафталине и антраcene. Стирол как важнейшее производное бензола.

Производные углеводородов. Функциональная группа. Спирты. Предельные одноатомные спирты: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение. Понятие о многоатомных спиртах на примере этандиола и пропантриола.

Простые эфиры: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение.

Фенолы. Фенол: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение. Понятие о двух- и трехатомных фенолах, их применение.

Альдегиды: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение.

Кетоны: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение.

Карбоновые кислоты. Предельные одноосновные кислоты: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение. Мыла как соли высших карбоновых кислот. Общие сведения об ангидридах и хлорангидридах карбоновых кислот.

Понятие о непредельных одноосновных кислотах, предельных двухосновных кислотах, ароматических кислотах. Первоначальное представление об оптической изомерии на примере молочной кислоты.

Сложные эфиры: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение. Полиметилметакрилат и полиэтилентерефталат.

Жиры как сложные эфиры глицерина и карбоновых кислот. Основные направления переработки и использования жиров.

Углеводы. Классификация углеводов. Общее представление о структуре молекул рибозы и дезоксирибозы как компонентов нуклеиновых кислот.

Глюкоза, фруктоза, сахароза, крахмал, целлюлоза: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение.

Азотсодержащие органические соединения. Алифатические амины: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение. Анилин как представитель ароматических аминов: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение.

Аминокислоты.  $\alpha$ -Аминокислоты: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение. Пептиды.

Белки: структура молекул, свойства, применение. Возможности получения белков вне живых организмов (in vitro).

Нуклеиновые кислоты. Понятие об азотсодержащих гетероциклических соединениях на примере пуриновых и пиримидиновых оснований, входящих в состав нуклеиновых кислот. Структура молекул нуклеиновых кислот. Принцип комплиментарности.

Азотсодержащие гетероциклические соединения. Номенклатура. Шестичленные и пятичленные ароматические гетероциклы; способы получения, свойства и применение.

Синтетические высокомолекулярные вещества: электронное и пространственное строение молекул, способы получения, свойства и применение.

Генетические связи между основными классами органических веществ.

## ТЕМЫ И СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЙ

**Структура занятий по химии включает:**

1. Опрос и разбор учебного материала по теме занятия
2. Решение задач и выполнение упражнений
3. Промежуточные контрольные работы и итоговая контрольная работа.

№ п/п	Темы практических занятий	Содержание занятия
1	Основные положения органической химии	Предмет органической химии. Строение электронных оболочек атомов элементов I и II периодов. Электронная орбиталь, s- и p-орбитали. Электронное строение атома углерода. Положение теории А.М. Бутлерова о четырехвалентности атома углерода. Основные положения органической химии. Образование ковалентной химической связи. Основные характеристики ковалентной связи: длина, энергия, полярность, поляризуемость, пространственная направленность. Гомолитический и гетеролитический разрыв ковалентной связи.
2.	Алканы	Гомологический ряд алканов: $sp^3$ -гибридизация, пространственное строение, физические свойства гомологов. Положение структурной теории об устойчивости углеродных цепей. Первоначальное представление о химическом строении как о порядке соединения атомов в молекуле.

		<p>Изомерия углеродного скелета.  Конформации молекул алканов.  Номенклатура алканов.  Получение алканов. Химические свойства алканов: горение, хлорирование, нитрование, термическое разложение, изомеризация. Механизм реакции <math>S_R</math>.  Правило замещение атомов водорода в молекулах разветвленных алканов.</p>
3	Галогенопроизводные алканов – циклоалканы	<p>Галогенопроизводные алканов.  Индукционный эффект. Свойства галогеналканов. Механизм реакции <math>S_{N1}</math> и <math>S_{N2}</math>. Химическое строение как порядок связывания атомов в молекулах.  Строение молекул циклоалканов.  Пространственная изомерия и номенклатура циклоалканов.  Получение циклоалканов. Химические свойства циклоалканов: реакции присоединения и замещения.  Положение теории А.М. Бутлерова о зависимости свойств веществ от химического строения.  Применение циклоалканов.</p>
4	Алкены, химические свойства.	<p>Гомологический ряд алкенов: <math>sp^2</math>-гибридизация, пространственное строение молекул, <math>\sigma</math>- и <math>\pi</math>-связи, изомерия углеродного скелета и положения двойной связи, геометрическая изомерия. Алкены и циклоалканы как изомеры. Номенклатура алкенов.</p>
5	Алкены, получение.	<p>Получение алкенов. Физические свойства алкенов. Химические свойства алкенов: горение, присоединение водорода, галогенов, воды, галогеноводородов, окисление, полимеризация, алкилирование.  Правило В.В. Марковникова.  Генетические связи между алканами и алкенами.  Применение алкенов.</p>
6	Алкадиены, химические свойства.	<p>Гомологический ряд алкадиенов.  Классификация. Номенклатура. Изомерия углеродного скелета и положения связей.</p>

		<p>Строение молекул алкадиенов: <math>\pi</math>-<math>\pi</math>-сопряжение. Катионы аллильного типа, их особенности Алкины и алкадиены как изомеры. Физические свойства.</p> <p>Химические свойства сопряженных диенов: присоединение, полимеризация, окисление. Реакция Дильса-Альдера.</p> <p>Природный каучук, его строение и свойства.</p>
7	Алкадиены, получение.	Получение алкадиенов. Физические свойства алкадиенов. Применение алкадиенов.
8	Алкины, химические свойства.	Гомологический ряд алкинов. $sp$ -гибридизация, пространственное строение молекул, $\sigma$ - и $\pi$ -связи, изомерия углеродного скелета и положения тройной связи. Химические свойства ацетилена и его гомологов: горение, присоединение водорода, галогенов, воды, галогеноводородов, полимеризация, окислительная поликонденсация.
9	Алкины, получение.	Получение ацетилена и его гомологов. Кислотные свойства ацетилена. Применение алкинов. Генетические связи между алканами, алкенами и алкинами.
10	Бензол. Ароматические углеводороды.	Бензол. Структурная формула. Электронное строение молекулы бензола. Получение бензола. Физические свойства бензола. Химические свойства бензола: присоединения водорода и хлора, бромирование нитрование, алкилирование, сульфирование. Механизм реакции $S_E$ .
11	Гомологи бензола. Химические свойства.	Гомологи бензола. Взаимное влияние атомов в молекуле толуола. Правила ориентации в бензольном ядре. Орто- мета- и пара-изомеры.
12	Гомологи бензола, получение.	Стирол как важнейшее производное бензола: получение из этилбензола, строение молекулы, полимеризация. Общие сведения о нафталине и антрацене. Генетические связи между углеводородами.
13	Контрольная работа.	Контрольная работа по пройденному материалу.
14	Предельные одноатомные спирты.	Строение молекул предельных одноатомных спиртов. Функциональная группа $-OH$ и ее

		<p>электронное строение. Водородная связь. Изомерия углеродного скелета и положения функциональной группы. Первичные, вторичные и третичные спирты. Номенклатура спиртов.</p> <p>Химические свойства спиртов: горение, взаимодействие с щелочными металлами, галогеноводородами, внутримолекулярная дегидратация, межмолекулярная дегидратация, окисление первичных и вторичных спиртов оксидом меди(II). Положение теории А.М. Бутлерова о зависимости свойств химических веществ от их строения.</p> <p>Метанол и этанол как важнейшие предельные одноатомные спирты: биологическое действие, области практического применения.</p>
15	Многоатомные спирты.	<p>Строение молекул многоатомных спиртов: этиленгликоля, глицерина и сорбита. Физические свойства. Химические свойства. Общие свойства с одноатомными спиртами. Особенности химических свойств многоатомных спиртов: 1) комплексообразование с гидроксидом меди (II); 2) взаимодействие глицерина с низшими карбоновыми и высшими жирными кислотами, азотной кислотой; 3) реакции отщепления (E) – дегидратация этиленгликоля до ацетальдегида; 4) окисление этиленгликоля до щавелевой кислоты.</p> <p>Получение этиленгликоля (из этилена реакцией Вагнера), глицерина (из галогенпроизводных углеводов), сорбита (восстановлением глюкозы).</p> <p>Простые эфиры. Общая формула. Физические и химические свойства. Способы получения.</p> <p>Расчетные задачи. Вывод молекулярной формулы кислородсодержащего органического вещества по продуктам горения.</p>
16	Фенолы	<p>Фенолы. Строение молекулы фенола. Взаимное влияние атомов в молекуле</p>

		<p>фенола. Гидроксильная группа как ориентант I рода.</p> <p>Получение фенола кумольным способом.</p> <p>Физические свойства фенола.</p> <p>Химические свойства фенола: взаимодействие с натрием, раствором щелочи, бромной водой, окисление, нитрование.</p> <p>Понятие о двух- и трехатомных фенолах, их применение.</p> <p>Расчетные задачи. Использование в расчетах понятия «массовая доля вещества».</p>
17	Альдегиды	<p>Карбонильная группа и ее особенности.</p> <p>Гомологические ряды альдегидов и кетонов.</p> <p>Номенклатура и изомерия альдегидов и кетонов.</p> <p>Получение альдегидов и кетонов. Получение уксусного альдегида гидратацией ацетилена и каталитическим окислением этилена.</p> <p>Общие свойства альдегидов и кетонов: присоединение водорода, воды, галогеноводородов, синильной кислоты, одноатомных спиртов, замещение галогенами атомов водорода при <math>\alpha</math>-углеродном атоме. Сходство и различие в свойствах альдегидов и кетонов. Окисление альдегидов свежесажженным гидроксидом меди(II). Реакция серебряного зеркала.</p> <p>Применение муравьиного, уксусного альдегидов, ацетона. Полимеризация метаналь. Поликонденсация формальдегида с фенолом.</p>
18	Кетоны.	<p>Карбоксильная группа, взаимное влияние карбоксильной группы и углеводородного скелета. Классификация карбоновых кислот.</p> <p>Гомологический ряд предельных одноосновных кислот. Номенклатура карбоновых кислот. Получение карбоновых кислот из алканов.</p> <p>Химические свойства предельных одноосновных карбоновых кислот: взаимодействие с металлами, оксидами металлов, щелочами, спиртами. Зависимость силы кислоты от строения ее молекулы.</p>
19	Предельные одноатомные карбоновые кислоты.	<p>Карбоксильная группа, взаимное влияние карбоксильной группы и углеводородного скелета. Классификация карбоновых кислот.</p> <p>Гомологический ряд предельных одноосновных кислот. Номенклатура карбоновых кислот. Получение карбоновых кислот из алканов.</p> <p>Химические свойства предельных одноосновных карбоновых кислот: взаимодействие с металлами, оксидами металлов, щелочами, спиртами. Зависимость силы кислоты от строения ее молекулы.</p>

		<p>Положение структурной теории о возможности установления строения органических веществ химическими методами (на примере окисления алкенов раствором перманганата калия в кислой среде). Мыла как натриевые (калиевые) соли высших карбоновых кислот. Механизм моющего действия мыла.</p> <p>Ангидриды и хлорангидриды карбоновых кислот.</p>
20	Непредельные монокарбоновые кислоты	<p>Непредельные карбоновые кислоты, их строение и свойства. Акриловая и олеиновая кислоты.</p> <p>Щавелевая кислота как представитель двухосновных карбоновых кислот.</p> <p>Молочная кислота: строение, свойства, получение. Понятие об оптической изомерии. Бензойная кислота. Фталевые кислоты.</p> <p>Строение молекул сложных эфиров. Реакция этерификации. Механизм реакции этерификации. Гидролиз сложных эфиров.</p> <p>Метилловый эфир акриловой кислоты. Полиметилметакрилат. Поликонденсация терефталевой кислоты и этиленгликоля. Полиэтилентерефталат.</p> <p>Генетические связи между углеводородами и их функциональными производными.</p>
21	Сложные эфиры.	<p>Жиры как сложные эфиры карбоновых кислот и глицерина. Жиры в природе. Гидролиз жира в живых организмах и в технике. Гидрирование жиров.</p> <p>Классификация углеводов. Рибоза и дезоксирибоза как представители пентоз.</p> <p>Глюкоза. Строение молекулы: альдегидная форма, циклические формы (<math>\alpha</math>- и <math>\beta</math>-глюкоза) как внутренние полуацетали. Таутомерия. Стереоизомеры. Химические свойства глюкозы: взаимодействие с гидроксидами металлов, реакция серебряного зеркала, взаимодействие со свежесажженным гидроксидом меди(II) при обычных условиях и при нагревании, восстановление,</p>

22	Жиры.	<p>спиртовое и молочнокислое брожение, химическая активность глюкозидного гидроксила.</p> <p>Фруктоза как изомер глюкозы.</p> <p>Сахароза: строение молекулы, физические свойства, химические свойства (образование сахаратов, гидролиз).</p> <p>Крахмал: строение молекулы, физические свойства, химические свойства (реакция с иодом, гидролиз).</p> <p>Целлюлоза: строение молекулы, физические свойства, химические свойства (образование сложных эфиров, гидролиз).</p> <p>Углеводы в природе. Биологическая роль углеводов. Применение углеводов и их производных.</p>
23	Контрольная работа.	Контрольная работа по пройденному материалу.
24	Амины.	<p>Амины. Классификация аминов. Предельные амины, строение их молекул. Амины как органические основания. Химические свойства алифатических аминов: горение, взаимодействие с водой и кислотами.</p> <p>Химические свойства анилина: реакции с кислотами, бромной водой, сульфирование.</p>
25	Анилин.	Ароматические амины. Анилин: строение молекулы, физические свойства. Получение анилина по реакции Н.Н. Зинина.
26	Аминокислоты. Белки.	<p>Аминокислоты. Строение молекул аминокислот. Оптическая изомерия.</p> <p>Биполярный ион. Химические свойства, обусловленные сочетанием карбоксильной и аминогруппы. <math>\alpha</math>-Аминокислоты, их значение в природе и применение.</p> <p>Пептиды и белки. Строение пептидов. Строение молекул белков: первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры. Свойства белков: цветные реакции, гидролиз, денатурация.</p>
27	Нуклеиновые кислоты	Нуклеиновые кислоты. Понятие об азотсодержащих гетероциклических соединениях. Пуриновые и пиримидиновые основания, входящие в состав нуклеиновых кислот.

		Нуклеозиды и нуклеотиды: состав и строение. Первичная и вторичная структура молекул ДНК. Принцип комплиментарности. Третичная структура молекул ДНК.
28	Углеводы.	Классификация углеводов. Моносахариды: глюкоза, фруктоза, рибоза и дезоксирибоза. Дисахариды: мальтоза, сахароза. Полисахара: крахмал, целлюлоза. Физические и химические свойства сахаров. Биологическая роль и применение в медицине.
29	Контрольная работа.	Контрольная работа по всему пройденному материалу.
30	Итоговые занятие	Разбор контрольной работы.

## ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ

Определяемые величины, размерность	Формула	№ фор- мулы
Молярная концентрация, моль/л	$C_M = \frac{n(\text{вещества})}{V(\text{раствора})}$	[1]
Массовая доля растворенного вещества X, %	$\omega(X) = \frac{m(\text{вещества X})}{m(\text{раствора})} \cdot 100$	[2]
Объемная доля газа X, %	$\varphi = \frac{V(X)}{V(X) + V(Y) + \dots}$	[3]
Массовая доля вещества X в смеси, %	$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(X) + m(Y) + \dots} \cdot 100$	[4]
Массовая доля элемента Э в соединении X, %	$\omega(\text{Э}) = \frac{n(\text{Э}) \cdot Ar(\text{Э})}{Mr(\text{вещества})} \cdot 100$	[5]
Масса раствора, г	$m(\text{раствора}) = m(X) + m(\text{растворителя})$	[6]
	$m(\text{раствора}) = V(\text{раствора}) \cdot \rho(\text{раствора})$	[7]
Количество вещества, моль	$v = \frac{m(X)}{M(X)}$	[8]
	$v = \frac{V(X)}{V_m}$ $V_m = 22,4 \text{ л/моль, при н.у.}$	[9]
Плотность газа X по газу Y	$D_Y(X) = \frac{M(X)}{M(Y)}$	[10]
Плотность вещества X, г/см <sup>3</sup> , г/мл	$\rho = \frac{m(X)}{V(X)}$	[11]
Выход продукта массовый, %	$\eta = \frac{m(\text{практическая})}{m(\text{теоретическая})} \cdot 100$	[12]

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ЗАДАЧ

#### 1. Определение молекулярной формулы по массовым долям

**Основные используемые формулы: [5]**

**Задание.**

Некоторое органическое вещество содержит по массе 11,97% азота, 51,28% углерода и 27,35% кислорода. Определите молекулярную формулу вещества.

**Решение**

Обозначим молекулярную формулу органического вещества А как C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>N<sub>z</sub>O<sub>w</sub> и вычислим процентное содержание водорода:

$$\omega(\text{H})\% = 100\% - 11,97\% - 51,28\% - 27,35\% = 9,4\%$$

Атомы в молекуле вещества А соотносятся между собой следующим образом:

$$x : y : z : w = 51,28/12 : 9,4/1 : 11,97/14 : 27,35/16 = 4,2733 : 9,4 : 0,855 : 1,7094 = 5 : 11 : 1 : 2$$

Молекулярная формула вещества А –  $C_5H_{11}NO_2$ .

## 2. Определение молекулярной формулы по плотности по газу

**Основные используемые формулы: [10]**

**Задание.**

Плотность предельного первичного амина по кислороду составляет 1,844. Установить формулу амина.

**Решение.**

Общая формула первичных предельных аминов имеет вид:  $C_nH_{2n+1}NH_2$

Определим молярную массу амина.

$M_r(R-NH_2) = M(O_2) \cdot D_{O_2} = 32 \cdot 1,844 = 59$  г/моль.

Аминогруппа  $NH_2$  имеет молярную массу 16 г/моль,

отсюда масса углеводородного радикала  $C_nH_{2n+1}$  составит  $59 - 16 = 43$  г/моль.

Определим его состав.

$$14n + 1 = 43$$

$$14n = 42, n = 3.$$

Это радикал пропила  $C_3H_7$ -

Искомое вещество - пропиламин, (либо изопропиламин)  $C_3H_7NH_2$ .

## 3. Определение простейшей и истинной формулы

**Основные используемые формулы: [5], [8]**

**Задание.**

В состав органического вещества входят углерод, водород и кислород, имеющие массовую долю в веществе соответственно 40%, 6,67% и 53,33% (масс.) Относительная плотность паров вещества по гелию составляет  $D_{He} = 15$ . Установить простейшую и истинную формулу вещества.

**Решение.**

Общая формула вещества  $C_xH_yO_z$ .

Взяв 100 граммов вещества, определим молярное отношение компонентов.

$$n(C) = m/Ar = 40/12 = 3,33 \text{ моль.}$$

$$n(H) = m/Ar = 6,67/1 = 6,67 \text{ моль.}$$

$$n(O) = m/Ar = 53,33/16 = 3,33 \text{ моль.}$$

$$\text{Отсюда, } x:y:z = 3,33:6,67:3,33 = 1:2:1$$

Простейшая формула  $CH_2O$ .

Определим молярную массу вещества.

$$M_r = Ar(He) \cdot D_{He} = 4 \cdot 15 = 60 \text{ г/моль.}$$

Молярная масса простейшей формулы ( $CH_2O$ ) составляет 30 г/моль, следовательно, индексы формулы нужно умножить на  $60/30 = 2$ .

Итак, истинная формула вещества -  $C_2H_4O_2$ ,

это может быть уксусная кислота  $CH_3COOH$ .

## 4. Определение молекулярной формулы по массе известного реагента

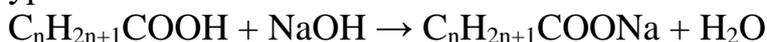
**Основные используемые формулы: [8]**

### **Задание.**

10,2 грамма предельной одноосновной карбоновой кислоты полностью нейтрализовано гидроксидом натрия массой 4 грамма. Установить формулу кислоты.

### **Решение.**

Общая формула предельных одноосновных карбоновых кислот имеет вид:  $C_nH_{2n+1}COOH$ . Со щелочами (напр., с NaOH) они реагируют по общему уравнению:



Из уравнения видно, что количества вещества реагентов относятся как 1:1  
 $n(C_nH_{2n+1}COOH) = n(NaOH)$ .

Тогда, в нашей задаче количество вещества кислоты равно:

$$n(C_nH_{2n+1}COOH) = n(NaOH) = m/Mr = 4/40 = 0,1 \text{ моль.}$$

Определим молярную массу кислоты:

$$Mr = m/n = 10,2/0,1 = 102 \text{ г/моль.}$$

Карбоксильная группа COOH имеет молярную массу 45 г/моль, отсюда масса углеводородного радикала  $C_nH_{2n+1}$  составит  $102 - 45 = 57$  г/моль.

Определим его состав.

$$14n + 1 = 57$$

$$14n = 56, n = 4.$$

Это радикал бутила  $C_4H_9$ -

Искомое вещество - пентановая (валериановая) кислота  $C_4H_9COOH$  либо ее изомеры.

## **5. Определение молекулярной формулы по продуктам горения**

**Основные используемые формулы: [5], [8], [9]**

### **5.1. Задание.**

При сгорании некоторой массы углеводорода образовалось 7,84 л. (н.у.) углекислого газа и 7,2 грамма воды. Определить формулу углеводорода.

### **Решение.**

Общая формула углеводородов  $C_xH_y$ .

Определим молярное соотношение компонентов.

$$n(C) = n(CO_2) = V/Vm = 7,84/22,4 = 0,35 \text{ моль.}$$

$$n(H) = 2 * n(H_2O) = m/Mr = 2 * (7,2/18) = 0,8 \text{ моль.}$$

$$x:y = 0,35:0,8 = 7:16.$$

Простейшая формула  $C_7H_{16}$ .

Она соответствует общей формуле класса предельных углеводородов  $C_nH_{2n+2}$  и, таким образом, является истинной формулой.

### **5.2. Задание.**

При сгорании 7,5 г органического вещества образовалось 11,2 л. оксида углерода IV и 13,5 г. воды, плотность этого вещества по метану составляет 1,875. О каком веществе идет речь?

**Решение.**

Молярная масса вещества составит  $M = d \cdot M(\text{CH}_4) = 1,875 \cdot 16 = 30$ .

В 11,2 л.  $\text{CO}_2$  содержится  $m = V/V_M = 11,2/22,4 = 0,5$  моль углерода (это 6 граммов).

В 13,5 г. воды содержится  $2 \cdot 13,5/18 = 1,5$  моль водорода (1,5 граммов).  $6 + 1,5 = 7,5$  г, что совпадает с исходной массой, то есть вещество содержит только С и Н.

Их отношение  $0,5:1,5 = 1:3$ .

Этому отношению соответствует этан  $\text{C}_2\text{H}_6$  ( $2:6 = 1:3$ ), который имеет  $M = 30$ , что мы установили в самом начале.

**5.3. Задание.**

Вещество содержит углерод, водород и хлор. При сгорании 1,434 г этого вещества образовалось 0,528 г оксида углерода (IV) и 0,108 воды. Плотность пара данного вещества по воздуху равна 4,12. Выведите его молекулярную формулу.

**Решение.**

Углерода в веществе было  $m(\text{C}) = 0,528(\text{Ar}(\text{C})/\text{Mr}(\text{CO}_2)) = 0,528(12/44) = 0,144$  г.

Водорода, по аналогии,  $0,108(2/18) = 0,012$  г.

Отсюда, хлора было  $1,434 - 0,144 - 0,012 = 1,278$  г.

Углерода  $0,144/12 = 0,012$  моль, водорода  $0,012/1 = 0,012$  моль, хлора  $1,278/35,5 = 0,036$  моль.

$\text{C}:\text{H}:\text{Cl} = 1:1:3$

$\text{CHCl}_3$

По плотности определим молярную массу вещества.

$4,12 \cdot 29 = 119,5$ .

Это совпадает с молярной массой хлороформа.

Ответ:  $\text{CHCl}_3$ .

**6. Определение состава и молекулярной формулы вещества по продуктам горения**

**Основные используемые формулы: [8], [9]**

**Задание.**

Сожгли 45,4 грамма неизвестного органического вещества. В результате выделилось: 31,36 л. (н.у.) углекислого газа, 6,72 л. азота и 9 граммов воды. Установить состав вещества, предположить его строение.

**Решение.**

Вещество, судя по продуктам горения, может иметь состав  $\text{C}_a\text{H}_b\text{N}_c$ , либо  $\text{C}_a\text{H}_b\text{N}_c\text{O}_d$ .

Определим молярное отношение и массы компонентов.

$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = V/V_m = 31,36/22,4 = 1,4$  моль.

Масса углерода  $m = \text{Ar} \cdot n = 12 \cdot 1,4 = 16,8$  грамма.

$n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = m/M_r = 2 \cdot (9/18) = 1$  моль.

Масса водорода  $m = A_r \cdot n = 1 \cdot 1 = 1$  грамм.

$n(\text{N}) = 2n(\text{N}_2) = 2V/V_m = 2 \cdot 6,72/22,4 = 0,6$  моль.

Масса азота  $m = A_r \cdot n = 14 \cdot 0,6 = 8,4$  грамма.

Сумма масс составит  $16,8 + 1 + 8,4 = 26,2$  г.

Это меньше массы исходного вещества, значит, в состав входит еще и кислород. Его масса составит  $45,4 - 26,2 = 19,2$  грамма,  $n(\text{O}) = m/A_r = 19,2/16 = 1,2$  моль.

Тогда,  $a:b:c:d = 1,4:1:0,6:1,2 = 7:5:3:6$ .

Искомая формула  $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$ .

Веществом такого состава может быть, например, 2,4,6-тринитрометилбензол.

$\text{C}_6\text{H}_2(\text{CH}_3)(\text{NO}_2)_3$ .

## ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

### Примерный вариант контрольной работы по теме: «Алканы и их галогенопроизводные, циклоалканы»

- В гибридизации в атомах углерода в алканах задействованы орбитали:  
1) одна s и одна p      2) одна s и две p      3) одна s и три p      4) две s и три p
- Связь C - H в молекулах алканов:  
1) ионная      2) ковалентная неполярная  
3) ковалентная слабополярная      4) ковалентная сильнополярная
- Число первичных, вторичных, третичных и четвертичных атомов углерода в молекуле 2,2,4-триметилпентана равно соответственно:  
1) 5, 1, 1, 1      2) 2, 1, 1, 1      3) 4, 1, 2, 1      4) 2, 3, 1, 1
- Укажите формулу предельного углеводорода:  
1)  $\text{C}_2\text{H}_6$       2)  $\text{C}_3\text{H}_4$       3)  $\text{C}_2\text{H}_2$       4)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$
- Гомологами являются вещества нормального строения:  
1)  $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$  и  $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$       2)  $\text{CH}_4$  и  $\text{C}_2\text{H}_4$       3)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  и  $\text{C}_6\text{H}_{14}$       4)  $\text{C}_3\text{H}_8$  и  $\text{C}_{10}\text{H}_{20}$
- Исключите лишнее вещество в ряду:  
1) 2,2-диметилбутан      2) 3-этилпентан  
3) н-гексан      4) 2-метилпентан
- Найдите пару изомеров:  
1) 2,2-диметилпропан и н-пропан      2) н-гексан и 2-метилбутан  
3) 2,3-диметилоктан и 2,3-диэтилгексан      4) метан и этан
- Выберите углеводород, плотность паров которого по водороду равна 8:  
1) метан      2) этан  
3) пропан      4) бутан
- Укажите алкан, 1 л которого при нормальных условиях весит 2,59 г:  
1) этан      2) пропан  
3) бутан      4) верного ответа среди перечисленных нет
- В результате реакции Вюрца из 2-йодбутана получается:



2. В схеме превращений:

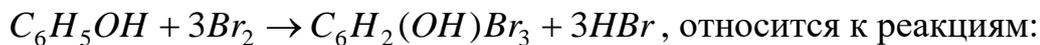


- 1) этин                      2) этан                      3) бромбензол              4) хлорэтен

3. Пропанол взаимодействует с веществом, формула которого:

- 1)  $H_2O$                       2)  $HBr$                       3)  $NaOH$                       4)  $CaO$

4. Химическая реакция, уравнение которой:



- 1) замещения              2) обмена                      3) этерификации              4) окисления

5. Верны ли следующие суждения о свойствах многоатомных спиртов:

А. Кислотные свойства многоатомных спиртов выражены гораздо слабее, чем у одноатомных спиртов.

Б. В отличие от одноатомных спиртов, многоатомные спирты вступают в реакцию с некоторыми основаниями, например, гидроксидом меди(II).

- 1) верно                      2) верно                      3) верны оба                      4) оба суждения  
только А                      только Б                      суждения                      неверны

6. Слабый раствор щелочи, окрашенный фенолфталеином, обесцвечивается при приливании к нему водного раствора:

- 1) этанола                      2) глицерина                      3) фенола                      4) метанола

7. Этанол может взаимодействовать с каждым из двух веществ, формулы которых:

- 1)  $Al$  и  $BaO$                       2)  $Ca$  и  $HBr$                       3)  $NaOH$  и  $O_2$                       4)  $H_2$  и  $HCl$

8. Верны ли следующие суждения о свойствах фенола:

А. Фенол вступает в реакцию с щелочными металлами.

Б. В отличие от одноатомных спиртов, фенол реагирует с растворами щелочей.

- 1) верно                      2) верно                      3) верны оба                      4) оба суждения  
только А                      только Б                      суждения                      неверны

9. Белая взвесь, оседающая в виде осадка, образуется при действии брома на:

- 1) этилен                      2) этанол                      3) фенол                      4) этиленгликоль

10. Фенол **не реагирует** с веществом, формула которого:

- 1)  $FeCl_3$                       2)  $HNO_3$                       3)  $NaOH$                       4)  $HCl$

11. Бутанол-2 и гидроксид калия образуются при взаимодействии:

- 1) 1-хлорбутана и    2) 1-хлорбутана и    3) 2-хлорбутана и    4) 2-хлорбутана и  
водного                      спиртового                      водного                      спиртового  
раствора  $KOH$                       раствора  $KOH$                       раствора  $KOH$                       раствора  $KOH$

12. И с азотной кислотой, и с гидроксидом меди(II) будет реагировать:

- 1) фенол                      2) глицерин                      3) этанол                      4) этилен

13. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



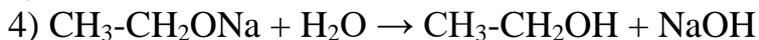
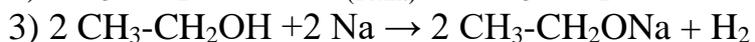
Укажите условия протекания реакций. Используйте структурные формулы органических веществ.

14. При действии избытка натрия на смесь этилового спирта и фенола выделилось 6,72 л водорода (н.у.). Для полной нейтрализации этой смеси потребовалось 20 мл 40%-го раствора гидроксида натрия (плотность 1,4 г/мл). Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

#### ОТВЕТЫ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	3	2	1	2	3	2	3	3	4	3	2

13. Ответ:



14. Ответ:  $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 35,87\%$ ,  $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 64,13\%$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Химия. Пособие-репетитор для поступающих в вузы. Под редакцией Егорова А.С. Ростов на Дону: Феникс, 2010.

2. Новошинский И.И., Новошинская Н.С. Химия. 8 класс. М.: Русское слово, 2008.

3. Новошинский И.И., Новошинская Н.С. Химия. 9 класс. М.: Русское слово, 2008.

4. Новошинский И.И., Новошинская Н.С. Химия. 10 класс. М.: Русское слово, 2009.

5. Габриелян Ю.С. Химия. 10 класс. М.: Дрофа, 2007.

6. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химия для школьников старших классов и поступающих в вузы. М.: Дрофа. 2001.

7. Новошинский И.И., Новошинская Н.С. Типы химических задач и способы их решения. М.: Русское слово, 2012.

8. Хомченко И.Г. Сборник задач и упражнений по химии. М.: Новая волна, 1996.

9. Биоорганическая химия Н.А. Тюкавкина