

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Фаррахов Айрат Закиевич
Должность: и.о. ректора
Дата подписания: 22.06.2026 14:23:16
Уникальный программный ключ:
cc9891c8e81e86c462aad3d6e9c4abb18fdb23f

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Центр профориентационной работы и довузовского образования

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

И.М. Ямалтеев

« 10 » июня 2026 г.



**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
«ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ХИМИИ»**

Форма обучения: дистанционная с вебинарами
Факультет: Центр профориентационной работы и довузовского образования

Курс: учащиеся десятого и одиннадцатого медицинских классов МБОУ «Лицей №2» г. Бугульма

Семестр: октябрь-май

Самостоятельная работа 100 час.
Контрольная работа, вебинар 4 вебинара - 10 класс – 8 часов;
4 вебинара – 11 класс – 8 часов

2026 год

В развитии современных областей медицины важная роль отводится химии, изучающей биологически значимые вещества. Связь между медициной и химией устанавливалась на протяжении многовековой истории развития естествознания. Глубокое взаимопроникновение этих наук приводит к появлению новых научных направлений, изучающих молекулярную природу отдельных физиологических процессов, молекулярные основы патогенеза болезней, молекулярные аспекты фармакологии и т.д.

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом основного общего образования учащиеся должны овладеть такими познавательными учебными действиями, как умение формулировать проблему и гипотезу, ставить цели и задачи, строить планы достижения целей и решения поставленных задач, проводить эксперимент и на его основе делать выводы и умозаключения, представлять их и отстаивать свою точку зрения. Кроме этого, учащиеся должны овладеть приемами, связанными с определением понятий: ограничивать их, описывать, характеризовать и сравнивать. Следовательно, при изучении химии в основной школе учащиеся должны овладеть учебными действиями, позволяющими им достичь личностных и предметных результатов.

В предметах естественно-математического цикла ведущую роль играет познавательная деятельность и соответствующие ей познавательные учебные действия. В связи с этим основными целями обучения химии в основной школе являются:

1) формирование у обучающихся умения видеть и понимать ценность образования, значимость химического знания для каждого человека независимо от его профессиональной деятельности; умения различать факты и оценки, сравнивать оценочные выводы, видеть их связь с критериями оценок и связь критериев с определенной системой ценностей, формулировать и обосновывать собственную позицию;

2) формирование у обучающихся целостного представления о мире и роли химии в создании современной естественно-научной картины мира; умения объяснять объекты и процессы окружающей действительности — природной, социальной, культурной, технической среды, используя для этого химические знания;

3) приобретение обучающимися опыта разнообразной деятельности, познания и самопознания; ключевых навыков (ключевых компетентностей), имеющих универсальное значение для различных видов деятельности: решения проблем, принятия решений, поиска, анализа и обработки информации, коммуникативных навыков, навыков измерений, сотрудничества, безопасного обращения с веществами в повседневной жизни.

Данная программа предназначена для учащихся десятого и одиннадцатого медицинских классов МБОУ «Лицей №2» г.Бугульма и представляет собой программу для подготовки абитуриентов к Единому государственному экзамену по химии.

Программа для 10 и 11 класса предполагает самостоятельное изучение материала программы и включает в себя по 4 вебинара. После изучения слушателями материала, преподаватель университета проводит вебинары, объясняя непонятые школьникам вопросы данной темы.

ПРОГРАММА «ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ХИМИИ»

Основные понятия и законы химии. Атомно-молекулярное учение. Атомы и молекулы. Масса атома (молекулы). Относительная атомная масса. Относительная молекулярная масса. Атомная единица массы. Моль — мера количества вещества. Молярная масса (единица измерения). Химический элемент. Простое вещество. Понятие об аллотропных модификациях. Причины аллотропии. Сложное вещество (химическое соединение). Механическая смесь и химическое соединение (сходства и различия). Явления физические и химические. Валентность и степень окисления химических элементов. Металлы и неметаллы. Их положение в таблице Д.И.Менделеева.

Основные законы химии. Закон сохранения массы. Закон постоянства состава. Закон Авогадро и его следствия. Постоянная Авогадро, молярный объем (содержание понятия, численное значение). Уравнение Менделеева-Клапейрона.

Строение атома. Химическая связь. Периодический закон и периодическая система Д.И.Менделеева. Основные положения протонно-нейтронной теории строения ядра. Понятие об элементарных частицах (протон, нейтрон, электрон). Численные значения массы и заряда частицы. Изотопы. Ядерные превращения.

Строение электронных оболочек атомов химических элементов. Понятие о квантовых числах (главное, побочное, магнитное, спиновое). Атомные орбитали. Принципы распределения электронов в многоэлектронных атомах (принцип Паули, принцип наименьшей энергии, правило Хунда). Электронные конфигурации (электронные формулы, электронно-структурные схемы) атомов в основном и возбужденном состояниях. S-, p-, d-, f-элементы, их положение в таблице Д.И. Менделеева.

Периодический закон и его обоснование с точки зрения электронного строения атомов. Строение периодической системы. Периоды. Группы и подгруппы. Зависимость свойств элементов от положения в периодической системе.

Химическая связь и ее виды: ковалентная (полярная и неполярная), ионная, водородная, металлическая. Механизмы образования ковалентной

связи— обменный и донорно-акцепторный. Характеристика связи (энергия, длина, полярность). Связь одинарная и кратная. Периодические свойства атомов: потенциал ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность и их изменение в периодах и группах.

Агрегатные состояния веществ. Вещества аморфные и кристаллические. Типы кристаллических решеток.

Растворы. Вода — полярный растворитель. Растворимость веществ. Зависимость растворимости веществ от их природы, температуры и давления. Тепловые эффекты при растворении. Типы растворов (газообразные, жидкие, твердые). Количественное выражение состава раствора: приближенные (разбавленный, концентрированный, ненасыщенный, насыщенный, пересыщенный раствор) и точные способы выражения концентрации растворов (массовая доля, объемная доля, молярная концентрация). Представления об истинных и коллоидных растворах. Значение растворов в медицине, биологии, химии, в быту.

Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты. Растворы электролитов. Классификация электролитов по силе (слабые и сильные). Степень диссоциации. Ступенчатая диссоциация. Реакции в растворах электролитов (критерии необратимости реакций в растворах электролитов). Ионные уравнения реакций (полные и сокращенные). Гидролиз солей. Простой и ступенчатый гидролиз. Обратимый и необратимый гидролиз. Гидролиз по катиону, по аниону соли. Кислотность и основность растворов. Понятие о кислотно-основных индикаторах.

Основные закономерности протекания химических реакций. Классификация химических реакций: реакции соединения, разложения, замещения, обмена. Гомогенные и гетерогенные реакции.

Скорость химической реакции (содержание понятия, единица измерения). Зависимость скорости от различных факторов (природы реагирующих веществ, концентрации, давления, температуры). Константа скорости химической реакции.

Кинетическое уравнение химической реакции. Время протекания реакции (связь между временем и скоростью реакции). Правило Вант-Гоффа. Температурный коэффициент скорости. Катализ и катализаторы. Представление о механизмах гомогенного и гетерогенного катализа.

Тепловые эффекты химических реакций. Экзо- и эндотермические реакции. Термохимические уравнения. Закон Гесса и его следствия. Теплота образования и теплота сгорания.

Необратимые и обратимые реакции. Химическое равновесие. Условия смещения равновесия. Принцип Ле Шателье.

Основные положения электронной теории окисления-восстановления (окисление, восстановление, окислитель, восстановитель, окислительно-восстановительная реакция). Важнейшие окислители и восстановители (простые вещества и химические соединения). Влияние среды на направление окислительно-восстановительных реакций.

Представление об электролизе. Электролиз расплавов и водных

растворов с инертными электродами и растворимым анодом. Катодная и анодная реакции.

Основные классы неорганических соединений. Оксиды, гидроксиды (основания, кислоты), соли. Классификация, номенклатура, графические формулы, способы получения, физические и химические свойства.

Комплексные соединения. Строение комплексных соединений на примере гидроксо- и аквакомплексов алюминия, меди, цинка, хрома, а также цианидов железа (II) и железа (III).

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Неметаллы. Общая характеристика неметаллов. S- и p-неметаллы. Положение в периодической системе.

Водород и его изотопы. Нахождение в природе. Двойственное положение водорода в периодической системе. Строение атома. Характерные степени окисления и валентность. Состав и строение молекулы водорода. Физические и химические свойства. Восстановительные и окислительные свойства водорода. Способы получения водорода в промышленности и лаборатории. Вода. Физические и химические свойства воды. Пероксид водорода, его окислительно-восстановительная двойственность.

Неметаллы 7A группы. Общая характеристика элементов 7A группы. Галогены. Валентные состояния галогенов. Галогеноводороды. Галогениды. Хлор, строение его атома. Характерные степени окисления хлора. Природные соединения хлора. Состав и строение молекулы хлора. Физические и химические способы получения хлора. Его получение в промышленности и лаборатории. Хлороводород, соляная кислота и хлориды. Состав и строение молекулы хлороводорода. Физические и химические свойства, способы получения хлороводорода и соляной кислоты. Качественная реакция на хлорид-ион.

Кислородсодержащие соединения хлора: оксиды, кислоты, соли. Сравнение кислотных и окислительно-восстановительных свойств кислородсодержащих кислот хлора в зависимости от степени окисления в кислоте. Гипохлориты, хлориты, хлораты, перхлораты. Хлорная известь, бертолетова соль, их получение, свойства и применение.

Сравнение свойств фтора, брома и йода со свойствами хлора, последовательность вытеснения друг друга из растворов солей.

Медиико-биологическое значение элементов 7A группы и их соединений.

Неметаллы 6A группы. Общая характеристика элементов 6A группы. Халькогены. Валентные состояния халькогенов.

Кислород, строение атома. Характерные степени окисления и валентности. Кислород в природе. Аллотропные модификации кислорода. Состав и строение молекулы кислорода. Физические и химические свойства, получение кислорода в промышленности и лаборатории. Кислород как окислитель. Оксиды и пероксиды. Сравнение физических и химических свойств кислорода и озона.

Сера, строение атома. Характерные степени окисления и валентности. Нахождение серы в природе. Аллотропия серы. Физические и химические

свойства, способы получения серы. Сероводород, сероводородная кислота, сульфиды. Состав и строение молекулы сероводорода. Кислотные и восстановительные свойства сероводорода. Физические и химические свойства, получение сероводорода. Качественная реакция на сульфид-ион. Кислородсодержащие соединения серы: оксиды серы (IV, VI), сернистая и серная кислоты, сульфиты и сульфаты. Окислительно-восстановительные свойства сернистой кислоты и сульфатов. Свойства и способы получения. Качественные реакции на сульфит- и сульфат-ионы.

Медико-биологическое значение неметаллов 6A группы и их соединений.

Неметаллы 5A группы. Общая характеристика элементов главной подгруппы пятой группы периодической системы. Пниктогены. Валентные состояния пниктогенов. Азот, строение атома. Характерные степени окисления и валентности. Нахождение в природе. Состав и строение молекулы азота. Получение, физические и химические свойства азота. Аммиак. Получение аммиака в промышленности и лаборатории. Состав и строение молекулы аммиака. Механизм образования иона аммония. Физические и химические свойства: кислотнo-основные и окислительно-восстановительные. Соли аммония. Разложение солей аммония (термическое и гидролиз). Качественная реакция на ион аммония. Кислородсодержащие соединения азота: оксиды, азотистая и азотная кислоты — физические и химические свойства, получение. Нитриты и нитраты. Окислительно-восстановительная двойственность нитритов. Термическое разложение нитратов.

Азотные удобрения.

Фосфор, строение атома. Характерные степени окисления и валентности. Природные соединения фосфора. Получение фосфора. Аллотропия фосфора. Физические и химические свойства фосфора. Фосфин (фосфороводород), фосфиды. Получение и свойства. Кислородные соединения фосфора: оксиды, кислоты, соли. Мета-, ди-, ортофосфорные кислоты. Получение, физические и химические свойства. Фосфорные удобрения.

Медико-биологическое значение неметаллов 5A группы и их соединений.

Неметаллы 4A группы. Общая характеристика элементов подгруппы углерода. Положение в периодической системе. Валентные состояния элементов 4 A группы.

Углерод, строение атома. Характерные степени окисления и валентности. Аллотропия углерода. Строение и свойства алмаза и графита. Активированный уголь и его применение. Физические и химические свойства углерода. Кислородные соединения углерода: оксид углерода (IV), угольная кислота, гидрокарбонаты и карбонаты. Получение, физические и химические свойства. Качественная реакция на карбонат-ион. Угарный газ и его свойства.

Кремний, строение атома. Характерные степени окисления и валентности. Получение и свойства кремния. Силициды. Оксид кремния (IV). Кремниевые кислоты. Силикаты, их получение и свойства.

Медико-биологическое значение элементов 4A группы и их соединений.

Металлы. Общий обзор металлов. Нахождение металлов в природе.

Положение металлов в периодической системе элементов. Металлическая связь. Физические и химические свойства металлов. Общие способы получения металлов. Сплавы и их свойства.

Металлы главных подгрупп. Общая характеристика металлов на основе их положения в периодической системе. Натрий и калий, строение атомов. Природные соединения натрия и калия. Получение. Физические и химические свойства натрия и калия. Едкие щелочи, их получение и свойства. Соли натрия и калия. Калийные удобрения.

Общая характеристика элементов 2А группы. Кальций и магний, строение атомов. Нахождение в природе. Получение, физические и химические свойства кальция и магния. Негашеная и гашеная известь. Жесткость воды, способы ее устранения.

Общая характеристика элементов 3А группы. Алюминий, строение атома. Природные соединения алюминия. Получение, физические и химические свойства алюминия. Аллюминотермия. Амфотерность алюминия, оксида и гидроксида алюминия. Гидролиз солей алюминия.

Медиико-биологическое значение металлов главных подгрупп и их соединений.

Металлы побочных подгрупп. Медь. Положение в периодической системе. Строение атома. Характерные степени окисления и валентности. Соединения меди (I) и (II): оксиды, гидроксиды, соли. Получение и свойства.

Цинк. Положение в периодической системе. Строение атома. Свойства цинка, оксида и гидроксида цинка. Амфотерность цинка и его соединений. Цинкаты и гидроксокомплексы цинка.

Хром. Положение в периодической системе. Строение атома. Характерные степени окисления и валентности. Свойства хрома и его соединений. Оксид и гидроксид хрома (III), их получение и амфотерность. Хромиты и гидроксокомплексы хрома (III). Хромовый ангидрид, хромовая и дихромовая кислоты. Хроматы и дихроматы. Окислительные свойства соединений хрома (VI).

Марганец. Положение в периодической системе. Строение атома. Характерные степени окисления и валентности. Изменение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений марганца в зависимости от степени окисления марганца. Перманганат калия. Термическое разложение. Восстановление перманганат-иона в кислой, нейтральной и щелочной средах.

Железо. Положение в периодической системе. Строение атома. Характерные степени окисления и валентности. Получение железа. Химические свойства железа. Оксиды и гидроксиды железа (II) и (III), их получение и свойства. Соли железа (II) и (III). Качественные реакции на ионы железа (II) и (III).

Медиико-биологическое значение металлов побочных подгрупп и их соединений.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Теоретические положения органической химии. Теория химического строения органических соединений А.М.Бутлерова. Изомерия и ее виды

(структурная, геометрическая, положения кратной связи или функциональной группы).

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.

Электронное и пространственное строение молекул органических веществ на примере моделей молекул метана, этилена, ацетилен и бензола. Электронная природа химических связей в молекулах органических соединений. Разновидности химической связи: σ - и π -связи. Свойства химических связей в молекулах органических соединений: полярность, сопряжение, делокализация, ароматичность. Понятие о взаимном влиянии атомов на примере толуола, фенола, хлоруксусной кислоты. Способы разрыва связей. Промежуточные частицы (радикалы, катионы, анионы, их свойства. Классификация органических соединений, органических реакций. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства органических соединений. Общие принципы номенклатуры органических соединений (тривиальная, радикальная, систематическая).

Основные классы органических соединений. Углеводороды. Классификация углеводородов. Предельные углеводороды (алканы). Гомологический ряд алканов. Закономерности изменения физических свойств в гомологическом ряду. Изомерия и номенклатура алканов. Метан. Тетраэдрическое строение молекулы, sp^3 -гибридизация. Природные источники. Получение, физические и химические свойства метана. Механизм реакции замещения. Циклоалканы. Особенности строения циклопропана и циклогексана.

Непредельные углеводороды (алкены, алкины). Гомологический ряд этилена. Изомерия и номенклатура алкенов. Этилен: электронная природа двойной связи, структурная формула, sp^2 -гибридизация, σ - и π -связи в молекуле этилена. Получение, физические и химические свойства этилена. Реакция полимеризации на примере получения полиэтилена. Диеновые углеводороды (диены). Бутадиен. Природный и синтетический каучуки.

Гомологический ряд ацетилен. Изомерия и номенклатура алкинов. Ацетилен. Электронная природа тройной связи, структурная формула, sp -гибридизация. Получение, физические и химические свойства ацетилен. Реакция Кучерова.

Ароматические углеводороды (арены). Гомологический ряд бензола. Бензол. Электронное строение молекулы бензола. Формула химического строения (современная, Кекуле). Получение, физические и химические свойства бензола. Толуол. Взаимное влияние атомов в молекуле толуола.

Галогенсодержащие соединения. Методы получения и свойства на примере метана, уксусной кислоты и др. соединений.

Нефть и основные продукты ее переработки. Природные газы и их использование.

Кислородсодержащие органические соединения. Спирты. Функциональная группа. Классификация спиртов. Атомность спиртов. Первичные, вторичные и третичные спирты: предельные, непредельные и ароматические спирты. Гомологический ряд предельных одноатомных спиртов. Номенклатура и изомерия. Этиловый спирт. Строение молекулы, способы получения, физические и химические свойства этилового спирта.

Многоатомные спирты: этиленгликоль и глицерин. Их строение, получение и свойства.

Фенол. Строение молекулы. Взаимное влияние атомов в молекуле фенола. Получение и свойства фенола.

Альдегиды и кетоны — функциональные изомеры. Гомологический ряд альдегидов. Изомерия и номенклатура альдегидов. Формальдегид и ацетальдегид. Строение молекул, получение, физические и химические свойства. Реакции поликонденсации. Получение феноло-формальдегидной смолы. Ацетон — простейший кетон. Получение и свойства ацетона. Карбоновые кислоты. Основность кислот. Предельные, непредельные и ароматические карбоновые кислоты. Гомологический ряд предельных одноосновных кислот. Муравьиная и уксусная кислоты. Их строение, получение, физические и химические свойства. Высшие карбоновые кислоты — пальмитиновая, стеариновая, олеиновая.

Эфиры. Простые и сложные эфиры. Получение, физические и химические свойства. Реакции этерификации. Гидролиз сложных эфиров.

Азотсодержащие органические соединения. Нитросоединения. Функциональная группа. Нитробензол. Получение и свойства.

Амины. Функциональная группа. Классификация. Строение молекул. Получение и свойства аминов. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства аминов. Анилин. Строение молекулы, получение и свойства. Реакция Зинина.

Аминокислоты. Функциональные группы. Гомологический ряд аминокислот. Альфа- и бета-аминокислоты. Понятие о биполярном ионе, пептидной связи. Образование пептидов. Получение и свойства аминокислот. Строение отдельных представителей аминокислот: глицина, аланина, цистеина, серина, глутаминовой кислоты, лизина, фенилаланина. Понятие о гетероциклических соединениях. Строение и химические свойства пиридина, пиррола, пиримидина и пурина. Строение пиримидиновых и пуриновых оснований: цитозина, урацила, тимина, аденина, гуанина.

Медико-биологическое значение основных классов органических соединений.

Важнейшие органические природные соединения.

Жиры. Получение и свойства жиров. Омыление жиров. Гидрогенизация жиров.

Углеводы. Функциональная группа. Классификация углеводов. Природные источники и способы получения. Особенности изомерии. Моносахариды: глюкоза, фруктоза, рибоза и дезоксирибоза. Их строение и химические свойства. Дисахариды: мальтоза и сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды. Сахароза. Гидролиз сахарозы.

Полисахариды: крахмал и целлюлоза. Этерификация целлюлозы.

Белки — высокомолекулярные природные соединения. Строение, синтез и свойства белков. Понятие о первичной, вторичной и третичной структурах белков. Качественные реакции на белки.

Медико-биологическая роль природных соединений.

Высокомолекулярные соединения. Общие понятия химии высокомолекулярных соединений: мономер, полимер, элементарное звено, степень полимеризации. Реакции полимеризации и поликонденсации, как способы получения полимеров, - их сходство и различия.

ТИПЫ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ

Расчеты, связанные с основными понятиями химии. Вычисление количества вещества по массе, объему газа при нормальных условиях, числу молекул (атомов, ионов) с использованием численных значений молярных масс, молярного объема, числа Авогадро.

Установление простейшей и молекулярной (истинной) формулы вещества по массовой доле элементов или результатам химического анализа.

Расчеты, связанные с основными газовыми законами. Вычисление объема газа известной массы или известного количества при нормальных условиях и условиях, отличающихся от нормальных. Вычисление относительных плотностей веществ в газообразном состоянии.

Расчеты при приготовлении растворов заданной концентрации. Вычисление массовой или объемной доли компонентов в долях единицы и в процентах; молярной концентрации; массы, объема (газообразного растворенного вещества), количества растворенного вещества; объема, массы раствора или растворителя.

Расчеты по уравнениям химических реакций. Вычисление массы, объема (для газов), количества вещества продукта реакции по известной массе, объему, количеству вещества реагента; с предварительным нахождением, какое из веществ вступает в реакцию полностью; с учетом выхода продукта реакции в процентах от теоретически возможного; с учетом массовой доли примесей в реагенте. Определение состава образующейся соли (кислая, основная, средняя или их смесь) по массам, объемам (газов), количествам веществ, вступающих в реакцию.

Определение состава двух-, трехкомпонентной смеси по массам, объемам (газов), количествам образующихся в ходе одной или нескольких реакций веществ.

Термохимические расчеты. Определение теплового эффекта реакции, теплоты образования и сгорания, массы, количества вещества реагентов по закону Гесса и его следствиям.

Примечание: Задачи всех типов могут быть предложены как в прямом, так и в обратном вариантах. Например, произвести расчет массовой доли вещества по его массе и известной массе (или объему) раствора или расчет массы вещества по известной массовой доле и массе (или объему) раствора.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

1) Количество вещества X (размерность – моль)

$$\nu(X) = \frac{m(X)}{M(X)},$$

где $m(X)$ – масса вещества X (г, кг); $M(X)$ – молярная масса вещества X (г/моль, кг/кмоль).

Количество вещества для газов:

$$\nu(X) = \frac{V(X)}{V_m},$$

где $V(X)$ – объем газа X (мл, л); V_m – молярный объем газов, который при нормальных условиях составляет 22,4 л/моль.

Нормальные условия: $T_n = 273 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$; $p_n = 101,3 \text{ кПа} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 1 \text{ атм.}$

Количество атомов, молекул или ионов вещества X

$$N(X) = N_A \cdot \nu(X),$$

где N_A = число Авогадро – $6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

1 моль любого вещества содержит $6,02 \cdot 10^{23}$ структурных единиц (атомов, молекул или ионов).

2) Массовая доля вещества X (безразмерная величина, её выражают в долях единицы или в процентах):

$$W(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{смеси}}} = \frac{m(X)}{m(X) + m(Y) + \dots},$$

где X и Y компоненты смеси.

Массовая доля элемента Э в соединении X (безразмерная величина, её выражают в долях единицы или в процентах):

$$W(\text{Э}) = \frac{m(\text{Э})}{m(X)}.$$

Так как $m(\text{Э}) = \nu(\text{Э}) \cdot M(\text{Э})$, то $W(\text{Э}) = \frac{\nu(\text{Э}) \cdot M(\text{Э})}{m(X)}$.

3) Объемная доля вещества X (безразмерная величина, её выражают в долях единицы или в процентах):

$$\varphi(X) = \frac{V(X)}{V(X) + V(Y) + \dots},$$

В воздухе $\varphi(\text{O}_2) = 0,21$, или 21%.

4) Молярная концентрация вещества X (размерность – моль/л, иногда обозначается M).

$$c(X) = \frac{\nu(X)}{V_{p-pa}}.$$

Так как $\nu(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$, то $c(X) = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{p-pa}}$.

5) Плотность вещества X (размерность г/мл = г/см³).

$$\rho(X) = \frac{m(X)}{V(X)}$$

Для воды при нормальных условиях $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ (1 г/мл, 1 кг/м³, 1000 г/м³).

Плотность газа X по газу Y (безразмерная величина).

$$D_Y = \frac{M(X)}{M(Y)}$$

где M(X) и M(Y) молекулярные массы газов X и Y.

Молекулярный вес воздуха 29 г/моль.

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Задача 1. Вычислите массовые доли углерода, водорода и кислорода в уксусной кислоте.

Решение:

Молярная масса уксусной кислоты равна:

$$M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 12 \text{ г/моль} + 3 \cdot 1 \text{ г/моль} + 12 \text{ г/моль} + 2 \cdot 16 \text{ г/моль} + 1 \text{ г/моль} = 60 \text{ г/моль}$$

Берем для расчета количество вещества 1 моль; тогда по формуле

$$\omega(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{m(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{\nu(\text{C}) \cdot M(\text{C})}{m(\text{CH}_3\text{COOH})}$$

$$\omega(\text{C}) = \frac{2 \cdot 12}{60} = 0,4 \text{ или } 40\%$$

$$\omega(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{m(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{\nu(\text{H}) \cdot M(\text{H})}{m(\text{CH}_3\text{COOH})}$$

$$\omega(\text{H}) = \frac{4 \cdot 1}{60} \approx 0,067 \text{ или } 6,7\%$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{m(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{\nu(\text{O}) \cdot M(\text{O})}{m(\text{CH}_3\text{COOH})}$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{2 \cdot 16}{60} \approx 0,533 \text{ или } 53,3\%$$

Ответ. Массовые доли углерода, водорода и кислорода в уксусной кислоте равны **40%**, **6,7%** и **53,3%**, соответственно.

Задача 2.

В соединении натрия, хлора и кислорода массовые доли элементов равны 18,8 %; 29,0 % и 52,2 % соответственно. Определите формулу этого соединения.

Решение:

Для упрощения вычислений примем, что масса искомого соединения 100 г.

Поскольку соотношение атомов натрия, хлора и кислорода в искомом соединении неизвестно, запишем его молекулярную формулу в виде $\text{Na}_x\text{Cl}_y\text{O}_z$. Вычислим массу каждого элемента $m(X)$, содержащегося в исходном веществе массой 100 г.:

$$m(X) = \frac{\omega(X) \cdot m}{100 \%} = \frac{\omega(X) \cdot 100 \text{ г}}{100 \%},$$

и соответствующее этой массе число молей атомов этого же элемента $\nu(X)$:

$$\nu(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$

$$m(\text{Na}) = \frac{18,8\% \cdot 100}{100\%} = 18,8 \text{ г}; \nu(\text{Na}) = \frac{18,8}{23} \approx 0,82 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Cl}) = \frac{29,0\% \cdot 100}{100\%} = 29,0 \text{ г}; \nu(\text{Cl}) = \frac{29,0}{35,5} \approx 0,82 \text{ моль.}$$

$$m(\text{O}) = \frac{52,2\% \cdot 100}{100\%} = 52,2 \text{ г}; \nu(\text{O}) = \frac{52,2}{16} \approx 3,26 \text{ моль.}$$

Соотношение стехиометрических коэффициентов x , y и z в формуле равно соотношению числа молей атомов соответствующих элементов:

$$x : y : z = 0,82 : 0,82 : 3,26,$$

Коэффициенты x , y и z в формуле обычно выражаются наименьшими целыми числами. Поэтому, разделив каждый член полученного соотношения на наименьший (в данном случае 0,82), получаем:

$$x : y : z = 0,82 : 0,82 : 3,26 \approx 1 : 1 : 4$$

то есть формула искомого соединения – NaClO_4 .

Ответ: NaClO_4 .

Задача 3.

На Синайском полуострове еще с 6000 г. до н.э. добывают бирюзу. Это непрозрачный со стекляннм или восковым блеском минерал, великолепный небесно-голубой цвет которого связан с присутствием ионов металла M . Минерал обладает сравнительно небольшой твердостью, поэтому его не подвергают огранке и вправляют в украшения в виде округлых камней правильной формы. Минерал довольно неустойчив химически, легко впитывает жиры, поглощает влагу, под действием углекислого газа воздуха теряет свой цвет и делается зеленым, на солнце медленно обесцвечивается – минерал «умирает», средний срок его жизни – не более 20 лет. Определите металл M и установите формулу бирюзы, зная, что в нем содержится один моль ионов металла M и 5 молей молекул кристаллизационной воды, а массовые доли элементов составляют: $\omega(M) = 7,64\%$, $\omega(\text{Al}) = 19,47\%$, $\omega(\text{H}) = 2,17\%$, $\omega(\text{P}) = 14,90\%$, $\omega(\text{O}) = 55,82\%$.

Решение:

Примем, что масса образца бирюзы равна 100 г.

Запишем общую формулу бирюзы: $\text{Э}_a \text{Al}_b \text{H}_c \text{P}_d \text{O}_e$ и найдем массу каждого элемента $m(X)$ и число молей каждого элемента $\nu(X)$ в образце:

$$m(\text{Э}) = \frac{7,64\% \cdot 100}{100\%} = 7,64 \text{ г}; \nu(\text{Э}) = \frac{7,64}{M(\text{Э})} \text{ моль};$$

$$m(\text{Al}) = \frac{19,47\% \cdot 100}{100\%} = 19,47 \text{ г}; \nu(\text{Al}) = \frac{19,47}{26,98} \approx 0,7216 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}) = \frac{2,17\% \cdot 100}{100\%} = 2,17 \text{ г}; \nu(\text{H}) = \frac{2,17}{1} \approx 2,17 \text{ моль};$$

$$m(\text{P}) = \frac{14,90\% \cdot 100}{100\%} = 14,90 \text{ г}; \nu(\text{P}) = \frac{14,90}{30,97} \approx 0,4811 \text{ моль};$$

$$m(O) = \frac{55,82\% \cdot 100}{100\%} = 55,82 \text{ г}; \nu(O) = \frac{55,82}{16} \approx 3,4887 \text{ моль}.$$

Соотношение стехиометрических коэффициентов a , b , c , d и e в формуле бирюзы равно соотношению числа молей атомов соответствующих элементов:

$$a:b:c:d:e = \frac{7,64}{M(\text{Э})} : 0,7216 : 2,17 : 0,4811 : 3,4887$$

Упростим равенство, поделив на 0,4811, и получим:

$$a:b:c:d:e = \frac{15,88}{M(\text{Э})} : 1,5 : 4,5 : 1 : 7,25.$$

Так как в формулу бирюзы входят 5 молей молекул кристаллизационной воды, то в ней должно быть не менее 10 атомов водорода и 5 атомов кислорода. Все числа должны быть целыми. Поэтому умножим все на 4, получим:

$$a:b:c:d:e = \frac{63,52}{M(\text{Э})} : 6 : 18 : 4 : 29,$$

и формула примет вид: $\text{Э}_a \text{Al}_6 \text{H}_{18} \text{P}_4 \text{O}_{29}$.

Так как, по условию задачи, в формуле минерала содержится один моль ионов металла Э, то:

$$1 \text{ моль} = \frac{63,52}{M(\text{Э})};$$

отсюда:

$M(\text{Э}) = 63,5 \text{ г/моль}$, то есть Э – это медь.

Ответ: формула минерала $\text{Al}_6 \text{Cu}(\text{OH})_8 (\text{PO}_4)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Задача 4.

Какую массу медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и воды надо взять для приготовления раствора сульфата меди (II) массой 400 г с массовой долей CuSO_4 2 %?

Решение:

Определим массу CuSO_4 :

$$m(\text{CuSO}_4) = \omega(\text{CuSO}_4) \cdot m_{\text{раствора}} = 0,02 \cdot 400 = 8 \text{ г}$$

Количество безводного сульфата меди (II) в растворе составляет:

$$\nu(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{8 \text{ г}}{(63,5 + 32 + 4 \cdot 16) \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,05 \text{ моль}$$

Такое же количество CuSO_4 должно содержаться в соответствующем кристаллогидрате $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$:

$$\nu(\text{CuSO}_4) = \nu(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,05 \text{ моль}$$

Тогда масса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, необходимого для приготовления раствора, составляет:

$$\begin{aligned} m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) &= M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot \nu(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \\ &= (63,5 + 32 + 4 \cdot 16 + 5 \cdot (2 \cdot 1 + 16)) \cdot 0,05 = 12,47 \text{ г} \end{aligned}$$

Необходимая масса воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{раствора}} - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 400 - 12,47 = 387,53 \text{ г}$$

Ответ: для приготовления 400 г раствора с массовой долей $CuSO_4$ 2 % необходимо взять 12,47 г медного купороса $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ и 387,53 г воды.

Задача 5.

Установите формулу вещества, массовые доли углерода и водорода в котором соответственно равны 85,71 и 14,29%. Относительная плотность паров вещества по воздуху равна 1,931.

Решение:

Рассчитаем молярную массу вещества:

$$M(C_xH_y) = 29 \cdot D_{возд}(C_xH_y)$$

$$M(C_xH_y) = 29 \text{ г/моль} \cdot 1,931 \text{ г/моль} = 56 \text{ г/моль}$$

Вычисляем массу 1 моль вещества:

$$m(C_xH_y) = M(C_xH_y) \cdot \nu(C_xH_y)$$

$$m(C_xH_y) = 56 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ моль} = 56 \text{ г}$$

Определяем массу и количество вещества углерода и водорода в 1 моль вещества:

$$m(C) = \omega(C) \cdot m(C_xH_y); \quad m(C) = 0,8571 \cdot 56 \text{ г} = 48 \text{ г};$$

$$m(H) = \omega(H) \cdot m(C_xH_y); \quad m(H) = 0,1429 \cdot 56 \text{ г} = 8 \text{ г};$$

$$\nu(C) = \frac{m(C)}{M(C)}; \quad \nu(C) = \frac{48 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = 4 \text{ моль};$$

$$\nu(H) = \frac{m(H)}{M(H)}; \quad \nu(H) = \frac{8 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 8 \text{ моль}.$$

Соотношение количеств вещества атомов углерода и водорода:

$$\nu(C) : \nu(H) = 4 : 8.$$

Формула вещества C_4H_8 - это бутен, или циклобутан.

Ответ: C_4H_8 .

Задача 6.

Рассчитайте молярную концентрацию 70 % -ного раствора H_2SO_4 ($\rho = 1,615$ г/мл).

Решение: Пусть масса раствора H_2SO_4 100 г, тогда его объём:

$$V_{\text{раствора}} = \frac{m_{\text{раствора}}}{\rho_{\text{раствора}}} = \frac{100 \text{ г}}{1,615 \text{ г/мл}} = 61,92 \text{ мл} = 0,06192 \text{ л}.$$

Масса растворенной серной кислоты в 100 г раствора:

$$m(H_2SO_4) = \omega(H_2SO_4) \cdot m_{\text{раствора}} = 0,7 \cdot 100 \text{ г} = 70 \text{ г}.$$

Молярная концентрация H_2SO_4 в растворе равна:

$$C(H_2SO_4) = \frac{\nu(H_2SO_4)}{V_{\text{раствора}}} = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4) \cdot V_{\text{раствора}}} =$$
$$= \frac{70 \text{ г}}{98 \text{ г/моль} \cdot 0,06192 \text{ л}} = 11,53 \text{ моль/л} = 11,53 \text{ М}.$$

Ответ: 11,53 М.

Из приведенного решения можно вывести формулу для пересчета процентной концентрации раствора в молярную:

$$C = \frac{\omega \cdot \rho \cdot 10}{M},$$

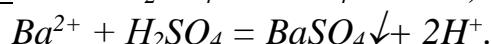
где массовая доля ω выражена в процентах (%).

Задача 7.

Раствор содержит растворимое соединение металла, катионы которого двухзарядны. Сульфат металла практически не растворим в воде. Масса ионов металла, содержащихся в растворе, составляет 1 г. К данному раствору постепенно прибавляют 100 мл раствора серной кислоты с концентрацией 0,1 моль/л.

Рассчитайте массу осадка, выпавшего в результате эксперимента, если металл а) стронций, б) барий.

Решение: $Sr^{2+} + H_2SO_4 = SrSO_4 \downarrow + 2H^+$;



$$\nu(Sr^{2+}) = \frac{m(Sr^{2+})}{M(Sr)} = \frac{1 \text{ г}}{87,62 \text{ г/моль}} = 0,0114 \text{ моль};$$

$$\nu(Ba^{2+}) = \frac{m(Ba^{2+})}{M(Ba)} = \frac{1 \text{ г}}{137,34 \text{ г/моль}} = 0,0073 \text{ моль}.$$

$$\nu(H_2SO_4) = V_{\text{раствора } H_2SO_4} \cdot C(H_2SO_4) = 0,1 \text{ л} \cdot 0,1 \text{ моль/л} = 0,01 \text{ моль}.$$

Согласно расчетам, стронций взяли в избытке по сравнению с серной кислотой, а барий – в недостатке. Расчет ведем по недостатку – для стронция по $\nu(H_2SO_4)$, для бария – по $\nu(Ba^{2+})$. Масса выпавшего осадка:

$$m(SrSO_4) = \nu(H_2SO_4) \cdot M(SrSO_4) = 0,01 \cdot 183,62 = 1,84 \text{ г};$$

$$m(BaSO_4) = \nu(Ba^{2+}) \cdot M(BaSO_4) = 0,007 \cdot 233,34 = 1,63 \text{ г}.$$

Ответ: масса осадков $SrSO_4$ и $BaSO_4$ 1,84 г и 1,63 г соответственно.

Задача 8. При сжигании газообразного углеводорода с плотностью по кислороду 1,312 получено 16,8 л (н.у.) углекислого газа и 13,5 г воды. Определите молекулярную формулу углеводорода.

Решение. Находим количества веществ углекислого газа и воды:

$$\nu(CO_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{16,8}{22,4} = 0,75 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{13,5}{18} = 0,75 \text{ моль}$$

Находим количества вещества атомов углерода и водорода и устанавливаем простейшую формулу углеводорода:

$$\nu(C) = \nu(CO_2) = 0,75 \text{ моль}$$

$$\nu(H) = 2\nu(H_2O) = 1,5 \text{ моль}$$

Соотношение $\nu(C) : \nu(H) = 0,75 : 1,5 = 1 : 2$

Простейшая формула искомого углеводорода CH_2 .

Рассчитаем молекулярную массу углеводорода, исходя из его плотности, и установим его молекулярную формулу.

Исходя из плотности углеводорода по кислороду, его молярная масса равна:

$$M = 32 \cdot D_{O_2} = 32 \cdot 1,312 = 42 \text{ г/моль}$$

Молярная масса простейшей формулы равна:

$$M(CH_2) = 14 \text{ г/моль}$$

Это втрое меньше вычисленной молекулярной массы углеводорода,

следовательно, простейшую формулу надо утроить. Окончательно установленная формула углеводорода равна C_3H_6 .

Ответ: C_3H_6 .

Задача 9. При сгорании 0,62 г газообразного органического вещества выделилось 0,448 л углекислого газа, 0,9 г воды и 0,224 л азота (объемы газов измерены при н.у.). Плотность вещества по водороду 15,50. Установите молекулярную формулу сгоревшего соединения.

Решение. Рассчитаем количество вещества атомов углерода, водорода и азота, исходя из количеств веществ, образовавшихся при горении:

$$\nu(C) = \nu(CO_2) = \frac{0,448}{22,4} = 0,02 \text{ моль}$$

$$\nu(H) = 2\nu(H_2O) = \frac{2 \cdot 0,9}{18} = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(N) = 2\nu(N_2) = \frac{2 \cdot 0,224}{22,4} = 0,02 \text{ моль}$$

Далее проверим, содержится ли в веществе кислород. Для этого найдем сумму масс элементов углерода, водорода и азота и сравним ее с массой сгоревшего вещества:

$$m(C) + m(H) + m(N) = 0,02 \cdot 12 + 0,1 \cdot 1 + 0,02 \cdot 14 = 0,62 \text{ г}$$

Сумма масс элементов равна массе навески вещества, значит, кислород в веществе отсутствует. Установим простейшую формулу вещества. Соотношение числа моль атомов в искомом веществе равно:

$$\nu(C) : \nu(H) : \nu(N) = 0,02 : 0,1 : 0,02 = 1 : 5 : 1$$

Простейшая формула CH_5N . Найдем молярную массу соединения. Она равна:

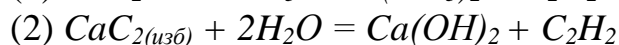
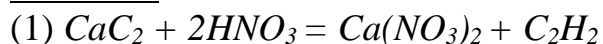
$M = 15,5 \cdot 2 = 31 \text{ г/моль}$. Действительно, молярная масса CH_5N равна 31 г/моль .

Следовательно, простейшая формула и будет истинной молекулярной формулой.

Ответ: Молекулярная формула сгоревшего соединения - CH_5N .

Задача 10. В 120 мл раствора азотной кислоты с массовой долей 7% ($\rho = 1,03 \text{ г/мл}$) внесли 12,8 г карбида кальция. Сколько миллилитров 20% -ной соляной кислоты ($\rho = 1,10 \text{ г/мл}$) следует добавить к полученной смеси для полной ее нейтрализации?

Решение.



Находим количества реагирующих веществ:

$$\nu = \frac{m_{\text{в-ва}}}{M_{\text{в-ва}}}; \quad \omega = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}}; \quad \rho = \frac{m}{V}$$

$$\nu(HNO_3) = \frac{\omega \cdot \rho \cdot V}{M_{\text{в-ва}}} = \frac{0,07 \cdot 1,03 \cdot 120}{63} = 0,137 \text{ моль};$$

$$\nu(CaC_2) = \frac{12,8}{64} = 0,2 \text{ моль};$$

По уравнению 1:

$\nu(CaC_2) = 0,5 \cdot \nu(HNO_3)$, следовательно, в избытке CaC_2 в количестве

$$0,2 - 0,5 \cdot 0,137 = 0,1315 \text{ моль}$$

По уравнению 2:

$$\nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \nu(\text{CaC}_2)_{\text{изб.}} = 0,1315 \text{ моль}$$

По уравнению 3:

$$\nu(\text{HCl}) = 2 \cdot \nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,263 \text{ моль}$$

$$V_{p-pa}(\text{HCl}) = \frac{\nu \cdot M}{\omega \cdot \rho} = \frac{0,263 \cdot 36,5}{0,2 \cdot 1,10} = 43,6 \text{ мл}$$

Ответ: $V_{p-pa}(\text{HCl}) = 43,6 \text{ мл}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Добротин Д.Ю. ЕГЭ ХИМИЯ. Национальное образование 2026
2. Габриелян О.С. Химия 10 класс. Дрофа, 2020
3. Доронькин В.Н. Химия 10-11 класс. Тематический тренинг. Ростов н/Д: Легион. 2024
4. Новошинский И.И. Химия. 10 класс. - М.: Русское слово, 2020
5. Химия. Пособие-репетитор для поступающих в вузы. Под редакцией Егорова А.С. Ростов-на-Дону. Феникс.2020