О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, И. В. Аксёнова

Методическое пособие для учителя

ХИМИЯ

10 класс (базовый уровень)

Просвещение
2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Преподавание химии в старшей школе на базовом уровне создает немало трудностей для учителя. Значительный объем материала, чрезвычайно малое количество часов на его изучение, «прохладное» отношение учащихся к непрофильной дисциплине, отсутствие обязательной итоговой аттестации по предмету не позволяют в должной мере сформировать глубокое понимание основ химии. Вместе с тем не исключено, что часть ребят вынуждены изучать предмет на базовом уровне из-за отсутствия в образовательной организации классов химического профиля, но по окончании школы планируют получить профессиональную подготовку в рамках естественнонаучного образования.

Статус непрофильной дисциплины обрекает химию в социально-экономических, физико-математических, филологических классах на низкую мотивацию её изучения для большинства учащихся. Повысить их интерес к химии можно, на наш взгляд, усилением прикладного характера содержательной и процессуальной сторон в обучении. Вместо хемиоцентрического подхода (когда в центре методики обучения стоит химия) предлагаем использовать антропо- или человекоцентрический, при котором изучение химии строится, в первую очередь, на основе учёта индивидуальных интересов, склонностей, потребностей старшеклассников.

В таких классах необходимо изменить и язык, на котором учитель объясняет материал учебного предмета, связывать его с литературными, художественными, музыкальными произведениями. Например, при изучении твердого состояния вещества в 11-м классе или при рассмотрении аморфности полимеров в 10-м классе учитель может вместо сухого, лаконичного, бесстрастного языка использовать эпическое преподнесение материала: «Слово «аморфный» (бесформенный) в сознании многих несет в себе негативный оттенок. Очевидно, это справедливо для характеристики личностных качеств человека. В мире химических веществ и материалов все наоборот. Именно аморфные вещества являются

нам в блеске драгоценного жемчуга, в скромном обаянии полудрагоценных опала и халцедона, в медовом свечении янтаря, в волшебном многоцветии витражей и мозаик, в изумительной игре света хрусталя и блеске зеркальных витрин». Будет не лишним при таком подходе дополнить вербальное общение иллюстративным рядом: видеофрагменты, фотографии, иллюстрации и т.д.

Кроме этого, необходимо усилить практическую значимость материала. Например, при изучении полимерных материалов в курсе органической химии обратите внимание на значение символики на одежде с целью правильного ухода за ней (чистка, стирка, сушка, утюжка).

В классах и школах гуманитарного профиля усиление гуманитаризации в обучении химии возможно, если максимально использовать приемы, методы и средства, характерные для гуманитарных дисциплин. Так, в школах и классах языкового профиля хороший эффект дает чтение химического материала на иностранном языке. Учителю необходимо подобрать соответствующий программе по химии материал на иностранном языке. Будет полезно привлечь к этой работе и самих учащихся.

Также в языковых школах большую роль для усиления мотивации к изучению химического материала играет использование межпредметных связей химии с иностранным языком. Так, например, эффективно применение заданий на установление англоязычной этимологии химических терминов (например, символьные обозначения относительных атомной и молекулярной масс Ar и Mr происходят от англ. “relative”) или их эволюции (например, греч. katalysis - англ. catalize – рус. катализ). С большим удовольствием учащиеся школ и классов с углубленным изучением иностранного языка добывают и представляют информацию о роли ученых-химиков или о развитии химической промышленности в стране изучаемого языка.

В гуманитарных школах дидактически оправдано использование символики, принятой в русском языке для обозначения частей слова, при формировании обобщенных знаний по химической номенклатуре. В органической химии

символика русского языка помогает составлению названий веществ по международной номенклатуре. Так, общий способ образования названий предельных одноатомных спиртов и предельных одноосновных карбоновых кислот может быть отражен следующими записями:

∧

алкан-ол (метанол, этанол, пропанол-1)

∧

алкан-ов-ая кислота (метановая, этановая и т.д.)

В процессуальном отношении в классах гуманитарного профиля, в которых большинство детей отличается ярким образным видением мира, склонных к эмоциональным переживаниям, значительный эффект достигается при использовании приема анимации, т.е. наделения объектов неживого химического мира (элементов, веществ, материалов, реакций) характерными чертами и признаками живого, «очеловечивание» их: «катион водорода выбирает, к какому из атомов углерода ему выгоднее присоединиться», «метильная группа толуола направляет новый заместитель в орто- и пара-положения цикла» и т.д. Учащиеся с удовольствием пишут сочинения на тему «Художественный образ вещества или реакции», тем самым совершенствуя свою литературную письменную речь и усваивая необходимое химическое содержание.

В классах физико-математического профиля, очевидно, содержательная и процессуальная стороны обучения химии должны быть несколько иными. Если в части связи химии с жизнью они совпадают с ее преподаванием в классах гуманитарного профиля, то в отборе учебного материала и методике следует придерживаться другой дидактики. Некоторые темы, особенно связанные с физикой (строение атома и вещества, некоторые аспекты физической и коллоидной химии, электролиз, газовые законы), логичнее изучать на основе активных форм обучения (беседы, диспута, элементов уроков-конференций) с привлечением математического аппарата, что позволяет значительно увеличить долю самостоятельной работы учащихся. Такой подход дает возможность широко использовать

межпредметные связи и формировать единую естественнонаучную картину мира.

Усилить мотивацию учащихся к изучению непрофильной химии можно через раскрытие связи изучаемого материала с будущей профессиональной деятельностью выпускника средней школы. Наибольший эффект дает самостоятельная работа старшеклассников по раскрытию этой связи, в частности, при выполнении заданий типа: «Подготовьте рассказ о том, как связаны знания по химии конкретной темы с обучением в выбранном вами ВУЗе или с вашей будущей профессией».

Химия — особая учебная дисциплина, в которой наряду с теоретическими знаниями формируются также экспериментальные и расчетные умения и навыки. Но именно на химический эксперимент и решение расчетных задач катастрофически не хватит времени.

Без яркого наглядного эксперимента уроки химии рискуют стать скучными, серыми, лишенными эффектной эмоциональной поддержки. Так как лабораторный ученический эксперимент в силу лимита времени приобретает в обучении эпизодический характер, целесообразно компенсировать его недостаток демонстрационным экспериментом, лабораторными опытами, коллекциями веществ и материалов. Следует практиковать привлечение к выполнению демонстрационного эксперимента учащихся в качестве ассистентов учителя. Это позволит поддерживать на должном уровне практические умения и навыки учащихся, сформированные в основной школе. Часть проблем химического эксперимента могут решить многочисленные видеоматериалы. Однако они применимы только в том случае, если «живой» эксперимент запрещен правилами техники безопасности, требуют значительных затрат времени или дорогостоящих реактивов. В остальных случаях замена ученического и учительского эксперимента на видеофрагменты аналогична «заочному питанию».

Эпизодическое, а не системное включение расчетных задач по формулам и уравнениям в процесс обучения химии приводит к разрыву двух взаимосвя-

занных сторон рассмотрения химических объектов (веществ и реакций) - качественной и количественной. Так как на уроке на решение расчетных задач по химии выкроить время проблематично, рекомендуется использовать все возможности самостоятельной работы учащихся, и, в первую очередь, при подготовке домашнего задания. Можно использовать приведенные в учебнике в конце каждого параграфа расчетные задачи, оценивая их и комментируя результаты в начале следующего урока. Такая технология позволит решить еще одну проблему, которая возникает при обучении химии на базовом уровне в условиях временного цейтнота – проблему «накопляемости» отметок и обоснованности выставления рубежных (полугодовых) и итоговых (годовых) отметок учащимся.

Учебный материал непрофильной дисциплины приобретает личностно-значимый характер, если ему придается социальный или философский оттенок. Например, при изучении углеводородов, учитель предлагает старшеклассникам ответить на вопросы: «Назовите известные вам международные вооруженные конфликты, которые связаны со стремлением установить контроль над природными источниками углеводородов», «Приведите примеры интеграций экономик различных стран, основу который составляет использование природного газа», «Как мировые цены на нефть влияют на бюджет нашей страны?», «Предложите свои варианты уменьшение зависимости экономики России от «нефтяной иглы».

В приведенном пособии мы предлагаем Вашему вниманию тематическое планирование курса химии 10 класса (базовый уровень), соответствующее авторской программе О.С. Габриеляна, реализованной в учебно-методическом комплекте издательства «Просвещение». В состав УМК входит учебник базового уровня изучения предмета: Химия. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций : базовый уровень / О.С. Габриелян, И.Г. Остроумов, С.А. Сладков. – М.: Просвещение, 2019 и др.

Второй раздел пособия посвящен методическим рекомендациям по преподаванию химии в 10-х классах базового уровня изучения предмета. Раздел разбит на главы, число и содержание которых соответствуют структурам выше-

упомянутого учебника. Нумерация параграфов каждого раздела соответствует структуре его материала.

Возврат от концентрического к линейному принципу построения школьного курса ставит учителя перед необходимостью начинать изучение органической химии практически «с нуля», основываясь лишь на общетеоретических представлениях о строении и свойствах веществ, а также на материале двух параграфов «Углеводороды» и «Кислородсодержащие органические соединения» в теме «Углерод» (9 класс).

Тщательно отобранное и минимизированное содержание органической химии, представленное в данном курсе, структурировано в 4 главы: «Предмет органической химии. Теория строения органических соединений», «Углеводороды и их природные источники», «Кислород- и азотсодержащие органические соединения» и «Органическая химия и общество». Учебник содержит 23 параграфа, что при 34-часовом объеме изучения предмета позволяет провести две контрольные и две практические работы. Придерживаясь общего принципа «один урок – параграф», учитель, тем не менее, имеет запас времени для дополнительного рассмотрения сложных вопросов, формирования метапредметных умений и навыков.

В курсе сделан акцент на практико-ориентированое описание соединений того или иного класса, которое отвечает на резонный вопрос учащегося: для чего мне нужно изучать химию, если моя будущая профессия не будет напрямую связана с этим предметом.

Решение проблемы мотивации школьника непрофильного класса к изучению химии достигается оригинальным способом: материал параграфов, посвященных рассмотрению классов органических веществ, начинается с рассмотрения применения вещества или материала на его основе. Объяснения нового материала строится на демонстрации практической значимости органического вещества, его «участия» даже в тех сферах профессиональной деятельности и повседневной жизни, которые непосредственно с химией не связаны. Задача учи-

теля состоит в том, чтобы заинтриговать учащихся, воспользоваться концентрацией их внимания в начале урока, чтобы с интересных, познавательных, увлекательных эпизодов постепенно перейти к химической сущности вопроса.

В конце каждого параграфа перечислены ключевые термины и понятия, которые актуализируют учебное содержание в совокупности с предметным указателей позволяют быстро отыскать в учебнике интересующую информацию.

Аналогично учебникам основной школы, задания в конце каждого параграфа сгруппированы по типам учебной деятельности. В рубрику «Проверь свои знания» помещены задания на воспроизведение материала, присутствующего в тексте параграфа. Задания рубрики «Примените свои знания» проверяют умение учащихся использовать знания для ответа на вопросы в измененной или новой ситуации. Здесь же даны простейшие расчетные задачи, задания межпредметного характера, задания на анализ и сравнение. Рубрика «Используйте дополнительную информацию», как следует из ее названия, формирует умение учащихся осуществлять поиск информации не только в интернете, но и в периодических изданиях, справочной литературе и др. Здесь же учащимся предлагаются задания на совершенствование навыков в области информационно-коммуникационных технологий: использование важнейших офисных приложений, прикладных программ и т. п. Важнейшую компетенцию по формулировке собственной точки зрения, ее аргументации, защите в публичном пространстве (конечно, на уровне классного коллектива) формируют задания «Выразите свое мнение», которые, впрочем, даются не к каждому параграфу.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ХИМИИ

10 КЛАСС

Предмет органической химии. Теория строения органических соединений

Органические вещества: природные, искусственные и синтетические. Особенности состава и строения органических веществ. Витализм и его крах. Понятие об углеводородах.

Основные положения теории химического строения. Валентность. Структурные формулы — полные и сокращённые. Простые (одинарные) и кратные (двойные и тройные) связи. Изомеры и изомерия. Взаимное влияние атомов в молекуле.

Демонстрации. Плавление, обугливание и горение органических веществ. Модели (шаростержневые и объёмные) молекул органических соединений разных классов. Определение элементного состава органических соединений.

Лабораторные опыты. Изготовление моделей органических соединений.

Углеводороды и их природные источники

Предельные углеводороды. Алканы. Гомологический ряд и общая формула алканов. Структурная изомерия (изомерия углеродной цепи). Циклоалканы. Алкильные радикалы. Номенклатура алканов. Физические и химические свойства алканов: горение, реакции замещения (галогенирование), реакции изомеризации, реакция разложения метана, реакция дегидрирования этана.

Непредельные углеводороды. Алкены. Гомологический ряд алкенов. Этилен. Номенклатура. Структурная и пространственная (геометрическая) изомерия. Промышленное получение алкенов: крекинг и дегидрирование алканов. Лабораторное получение этилена — реакция дегидратации этанола. Реакции присоединения: гидратация, гидрогалогенирование, галогенирование,

полимеризация. Правило Марковникова. Окисление алкенов. Качественные реакции на непредельные углеводороды.

Алкадиены. Каучуки. Сопряжённые алкадиены: бутадиен-1,3, изопрен. Номенклатура. Способы получения алкадиенов. Реакция Лебедева. Реакции присоединения алкадиенов. Каучуки: натуральный, синтетические (бутадиеновый, изопреновый). Вулканизация каучука. Резина. Эбонит.

Алкины. Гомологический ряд. Номенклатура и изомерия. Получение и применение ацетилена. Химические свойства ацетилена: горение, реакции присоединения: гидрогалогенирование, галогенирование, гидратация (реакция Кучерова). Винилхлорид, поливинилхлорид.

Арены. Бензол: его строение, некоторые физические и химические свойства (горение, реакции замещения — галогенирование, нитрование), получение и применение. Экстракция.

Природный газ. Состав природного газа, его нахождение в природе. Преимущества природного газа как топлива. Химическая переработка природного газа: конверсия, пиролиз. Синтез-газ и его использование.

Нефть и способы её переработки. Попутный нефтяной газ, его состав и фракции (газовый бензин, пропан-бутановая, сухой газ). Нефть, её состав и переработка (перегонка, крекинг, риформинг). Нефтепродукты. Октановое число бензина.

Каменный уголь и его переработка. Ископаемый уголь: антрацит, каменный, бурый. Коксование каменного угля. Коксовый газ, аммиачная вода, каменноугольная смола, кокс. Газификация и каталитическое гидрирование каменного угля.

Демонстрации

- Горение метана, этана, ацетилена.
- Отношение метана, этилена, ацетилена и бензола к растворам перманганата калия и бромной воде.

- Получение этилена реакцией дегидратации этанола и ацетилена гидролизом карбида кальция.
- Разложение каучука при нагревании, испытание продуктов разложения на непредельность.
- Коллекции «Нефть и нефтепродукты», «Каменный уголь и продукты его переработки», «Каучуки».

Лабораторные опыты

- Обнаружение продуктов горения свечи.
- Исследование свойств каучуков.

Кислород- и азотсодержащие органические соединения

Одноатомные спирты. Функциональная гидроксильная группа. Гомологический ряд предельных одноатомных спиртов. Номенклатура. Изомерия положения функциональной группы. Водородная связь. Химические свойства спиртов. Альдегидная группа. Реакция этерификации, сложные эфиры. Применение спиртов. Действие метилового и этилового спиртов на организм человека.

Многоатомные спирты. Этиленгликоль как представитель двухатомных спиртов и глицерин как представитель трёхатомных спиртов. Качественная реакция на многоатомные спирты, их свойства, получение и применение. Понятие об антифризах.

Фенол. Строение, получение, свойства и применение фенола. Качественные реакции на фенол. Взаимное влияние атомов в молекуле фенола.

Альдегиды и кетоны. Формальдегид и ацетальдегид как представители альдегидов, состав их молекул. Функциональная карбонильная группа. Качественные реакции на альдегиды. Свойства, получение и применение формальдегида и ацетальдегида. Реакции поликонденсации для формальдегида. Понятие о кетонах на примере ацетона.

Карбоновые кислоты. Гомологический ряд предельных одноосно́вных карбоновых кислот. Химические свойства карбоновых кислот. Получение и применение муравьиной и уксусной кислот.

Сложные эфиры. Жиры. Способы получения и химические свойства сложных эфиров. Строение жиров. Кислотный и щелочной гидролиз жиров. Мыла. Гидрирование жиров.

Углеводы. Моносахариды. Глюкоза как альдегидоспирт. Сорбит. Молочнокислое и спиртовое брожение. Фотосинтез. Сахароза как представитель дисахаридов. Полисахариды: крахмал, целлюлоза.

Амины. Аминогруппа. Амины предельные и ароматические. Анилин. Получение аминов. Реакция Зинина. Химические свойства и применение аминов.

Аминокислоты. Аминокислоты, состав их молекул и свойства как амфотерных органических соединений. Глицин как представитель аминокислот. Получение полипетидов реакцией поликонденсации. Понятие о пептидной связи.

Белки. Строение молекул белков: первичная, вторичная и третичная структуры. Качественные реакции на белки. Гидролиз и денатурация белков. Биологические функции белков.

Генетическая связь между классами неорганических соединений. Понятие о генетической связи между классами углеводородов, кислород- и азотсодержащих соединений. Иллюстрация генетической связи на примере органических соединений различных классов, содержащих два атома углерода.

Демонстрации

- Получение альдегидов окислением спиртов.
- Качественная реакция на многоатомные спирты.
- Зависимость растворимости фенола в воде от температуры.
- Взаимодействие с бромной водой и хлоридом железа(III) как качественные реакции на фенол.

- Реакции серебряного зеркала и со свежеполученным гидроксидом меди(II) при нагревании как качественные реакции на альдегиды.
- Образцы муравьиной, уксусной, пальмитиновой и стеариновой кислот и их растворимость в воде.
- Свойства глюкозы как альдегида и как многоатомного спирта в реакциях с гидроксидом меди(II)
- Идентификация крахмала.
- Качественные реакции на белки.

Лабораторные опыты

- Сравнение скорости испарения воды и этанола.
- Растворимость глицерина в воде.
- Химические свойства уксусной кислоты.
- Определение непредельности растительного масла.
- Идентификация крахмала в некоторых продуктах питания.
- Изготовление крахмального клейстера.
- Изготовление моделей молекул аминов.
- Изготовление модели молекулы глицина.

Практическая работа. Идентификация органических соединений.

Органическая химия и общество

Биотехнология. Древнейшие и современные биотехнологии. Важнейшие направления биотехнологии: генная (генетическая) и клеточная инженерия. Клонирование.

Полимеры. Классификация полимеров. Искусственные полимеры: целлулоид, ацетатный шёлк, вискоза, целлофан. Пластмассы. Волокна.

Синтетические полимеры. Полимеризация и поликонденсация как способы получения полимеров. Синтетические каучуки. Полистирол, тефлон и поливинилхлорид как представители пластмасс. Синтетические волокна: капрон, нейлон, кевлар, лавсан.

Демонстрации

Коллекции каучуков, пластмасс, синтетических волокон и изделий из них.

Ферментативное разложение пероксида водорода с помощью каталазы свеженатёртых моркови или картофеля.

Лабораторные опыты

Ознакомление с коллекциями каучуков, пластмасс и волокон.

Практическая работа. Распознавание пластмасс и волокон.

ПРИМЕРНОЕ ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

10 КЛАСС

(1 ч в неделю, всего 35 ч, из них 2 ч — резервное время)

Номера уроков п/п	**Тема урока**	**Основное содержание урока**	**Характеристика основных видов деятельности обучающихся (на уровне учебных действий)**
1—2	**ТЕМА 1. Предмет органической химии. Теория строения органических соединений (2 ч)**		
1	Предмет органической химии	Органические вещества: природные, искусственные и синтетические. Особенности состава и строения органических веществ. Витализм и его крах. Понятие об углеводородах. *Демонстрации.* Плавление, обугливание и горение органических веществ. Модели молекул органических соединений разных	Характеризовать особенности состава органических веществ, классифицировать их на основе происхождения и переработки. Аргументировать несостоятельность витализма. Определять отличительные особенности углеводородов

		классов (шаростержневые и объёмные). Определение элементного состава органических соединений. Портреты А. М. Бутлерова, Й. Я. Берцелиуса, Ф. Вёлера	
2	Основные положения теории химического строения	Основные положения теории химического строения. Валентность. Структурные формулы — полные и сокращённые. Простые (одинарные) и кратные (двойные и тройные) связи. Изомеры и изомерия. Взаимное влияние атомов в молекуле. *Демонстрации*. Портреты А. М. Бутлерова, Э. Франкланда, Ф. А. Кекуле. *Лабораторные опыты.* Изготовление моделей органических	Формулировать основные положения теории химического строения. Различать понятия «валентность» и «степень окисления». Составлять молекулярные и структурные формулы. Классифицировать ковалентные связи по кратности. Объяснять явление изомерии и взаимное влияние атомов в молекуле

		соединений	
3—14	**ТЕМА 2. Углеводороды и их природные источники (12 ч)**		

3—4	Алканы	Гомологический ряд алканов и его общая формула. Циклоалканы. Структурная изомерия углеродной цепи. Радикал. Алкильные радикалы. Номенклатура алканов. Химические свойства алканов: горение, реакции замещения (галогенирование), реакция разложения метана, реакция дегидрирования этана. *Демонстрации.* Горение алканов из резервуара газовой зажигалки. Отношение алканов к бромной воде раствору перманганата калия. *Лабораторные опыты.* Обнаружение продуктов горения свечи	Определять принадлежность соединений к алканам на основе анализа состава их молекул. Давать названия алканам по международной номенклатуре. Характеризовать состав и свойства важнейших представителей алканов. Наблюдать химический эксперимент и фиксировать его результаты. Различать понятия «гомолог» и «изомер»

5—6	Алкены	Гомологический ряд алкенов. Этилен. Номенклатура и структурная изомерия алкенов. Промышленное получение алкенов: крекинг и дегидрирование алканов. Реакция дегидратации этанола как лабораторный способ получения этилена. Реакции присоединения: гидратация, гидрогалогенирование, галогенирование, полимеризации. Правило Марковникова. Окисление алкенов. Качественные реакции на непредельные углеводороды. *Демонстрации.* Горение этилена. Качественные реакции на двойную связь: обесцвечивание этиленом растворов перманганата калия и бромной воды	Определять принадлежность соединений к алкенам на основе анализа состава их молекул. Давать названия алкенам по международной номенклатуре. Характеризовать состав и свойства важнейших представителей алкенов. Наблюдать химический эксперимент и фиксировать его результаты. Различать понятия «гомолог» и «изомер» для алкенов

7	Алкадиены. Каучуки	Сопряжённые диены, их номенклатура. Бутадиен-1,3, изопрен. Реакции присоединения алкадиенов. Каучуки: натуральный, синтетические (бутадиеновый, изопреновый). Реакция Лебедева. Вулканизация каучука. Резина. Эбонит. *Демонстрации.* Коллекция «Каучуки». *Лабораторные опыты.* Исследование свойств каучуков	Определять принадлежность соединений к алкадиенам на основе анализа состава их молекул. Давать названия алкадиенам по международной номенклатуре. Характеризовать состав и свойства важнейших представителей алкадиенов. Осознавать значимость роли отечественного учёного в получении первого синтетического каучука. Устанавливать зависимость между строением и свойствами полимеров на примере каучука, резины и эбонита
8	Алкины	Общая характеристика гомологического ряда. Способы	Определять принадлежность соединений к алкинам на основе

		образования названий алкинов. Химические свойства ацетилена: горение, реакции присоединения: гидрогалогенирование, галогенирование, гидратация (реакция Кучерова), его получение и применение. Винилхлорид и его полимеризация в полихлорвинил. *Демонстрации.* Получение ацетилена реакцией гидролиза карбида кальция. Горение ацетилена. Качественные реакции на тройную связь: обесцвечивание ацетиленом растворов перманганата калия и бромной воды	анализа состава их молекул. Давать названия алкинам по международной номенклатуре. Характеризовать состав молекулы, свойства и применение ацетилена. Устанавливать причинно-следственную связь между составом, строением молекул, свойствами и применением ацетилена. Наблюдать химический эксперимент и фиксировать его результаты. Различать понятия «гомолог» и «изомер» для алкинов
9	Арены	Бензол как представитель ароматических углеводородов.	Характеризовать состав молекулы, свойства и применение

		Строение молекулы бензола, его физические свойства. Способы получения и химические свойства бензола: горение, реакции замещения — галогенирование, нитрование. Получение и применение бензола. *Демонстрации.* Исследование свойств бензола с помощью бытового растворителя «Сольвент»	бензола. Устанавливать причинно-следственную связь между строением молекулы бензола, его свойствами и применением. Наблюдать химический эксперимент и фиксировать его результаты
10	Природный и попутный газы	Состав природного газа. Его нахождение в природе. Преимущества природного газа как топлива. Химическая переработка природного газа: конверсия, пиролиз. Синтез-газ и его применение. Попутные газы, их состав. Переработка попутного газа на фракции: сухой газ, пропан-бутановая	Характеризовать состав природного газа и основные направления его переработки и использования. Сравнивать нахождение в природе и состав природного газа и попутных газов. Характеризовать состав попутного газа и основные

		смесь, газовый бензин. *Демонстрации.* Карта полезных ископаемых РФ	направления его переработки и использования
11	Нефть и способы её переработки	Состав нефти и её переработка: перегонка, крекинг, риформинг. Нефтепродукты и их получение. Понятие об октановом числе. Химические способы повышения качества бензина. *Демонстрации.* Коллекция «Нефть и нефтепродукты», видеофрагменты и слайды «Перегонка нефти». Карта полезных ископаемых РФ	Характеризовать состав нефти и основные направления её переработки. Различать нефтяные фракции и описывать области их применения. Осознавать необходимость химических способов повышения качества бензина
12	Каменный уголь и его переработка	Коксование каменного угля и его продукты: коксовый газ, аммиачная вода, каменноугольная смола, кокс. Газификация каменного	Характеризовать основные продукты коксохимического производства. Описывать области применения

		угля. *Демонстрации.* Коллекция «Каменный уголь и продукты его переработки». Видеофрагменты и слайды «Коксохимическое производство»	коксового газа, аммиачной воды, каменноугольной смолы, кокса. Осознавать необходимость газификации каменного угля как альтернативы природному газу
13	Повторение и обобщение	Тестирование, решение задач и выполнение упражнений по теме	Решать задачи, выполнять тесты и упражнения по теме. Проводить оценку собственных достижений в усвоении темы. Корректировать свои знания в соответствии с планируемым результатом
14	*Контрольная работа 1* по теме «Теория строения органических соединений. Углеводороды»		
15—28	**ТЕМА 3. Кислород- и азотсодержащие органические соединения (14 ч)**		
15	Одноатомные спирты	Функциональная	Называть спирты по

—16		гидроксильная группа. Гомологический ряд предельных одноатомных спиртов. Изомерия положения функциональной группы. Водородная связь. Химические свойства спиртов. Альдегидная группа. Реакция этерификации, сложные эфиры. Применение спиртов. Действие метилового и этилового спиртов на организм человека. *Демонстрации.* Окисление спирта в альдегид. *Лабораторные опыты.* Сравнение скорости испарения воды и этанола	международной номенклатуре. Характеризовать строение молекул, свойства, способы получения и области применения предельных одноатомных спиртов. Устанавливать причинно-следственную связь между составом, строением молекул, свойствами и применением метанола и этанола. Наблюдать, самостоятельно проводить и описывать химический эксперимент
17	Многоатомные спирты	Этиленгликоль как представитель двухатомных спиртов и	Классифицировать спирты по числу гидроксильных групп в их

		глицерин как представитель трёхатомных спиртов. Качественная реакция на многоатомные спирты, их свойства, получение и применение. Понятие об антифризах. *Демонстрации.* Качественная реакция на многоатомные спирты. *Лабораторные опыты*. Растворимость глицерина в воде	молекулах. Характеризовать строение, свойства, способы получения и области применения многоатомных спиртов. Идентифицировать многоатомные спирты с помощью качественной реакции. Наблюдать, самостоятельно проводить и описывать химический эксперимент
18	Фенол	Строение, получение, свойства и применение фенола. Качественные реакции на фенол. Взаимное влияние атомов в молекуле фенола. *Демонстрации.* Зависимость растворимости фенола в воде от температуры. Взаимодействие фенола	Характеризовать строение молекулы, свойства, способы получения и области применения фенола. Идентифицировать фенол с помощью качественных реакций. Соблюдать правила

		с бромной водой и хлоридом железа(III) как качественные реакции	безопасного обращения с фенолом
19	Альдегиды и кетоны	Формальдегид и ацетальдегид как представители альдегидов, состав их молекул. Функциональная карбонильная группа. Качественные реакции на альдегиды. Свойства, получение и применение формальдегида и ацетальдегида. Реакции поликонденсации для формальдегида. Понятие о кетонах на примере ацетона. *Демонстрации.* Реакция серебряного зеркала и реакция со свежеполученным гидроксидом меди(II) при нагревании как качественные реакции на альдегиды	Характеризовать строение молекул, свойства, способы получения и области применения формальдегида и ацетальдегида. Идентифицировать альдегиды с помощью качественных реакций. Соблюдать правила экологически грамотного и безопасного обращения с формальдегидом
20	Карбоновые кислоты	Гомологический ряд	Характеризовать строение

		предельных одноосно́вных карбоновых кислот. Химические свойства карбоновых кислот. Получение и применение муравьиной и уксусной кислот. *Демонстрации.* Образцы муравьиной, уксусной, пальмитиновой и стеариновой кислот и их растворимость в воде. *Лабораторные опыты.* Химические свойства уксусной кислоты	молекул, свойства, способы получения и области применения муравьиной и уксусной кислот. Различать общее, особенное и единичное в строении и свойствах органических (муравьиной и уксусной) и неорганических кислот. Наблюдать, проводить, описывать и фиксировать результаты демонстрационного и лабораторного химических экспериментов. Соблюдать правила экологически грамотного и безопасного обращения с карбоновыми кислотами
21	Сложные эфиры. Жиры	Способы получения и химические свойства сложных эфиров. Строение жиров. Кислотный	Характеризовать реакцию этерификации как обратимой обменный процесс между кислотами

		и щелочной гидролиз жиров. Мыла. Гидрирование жиров. *Демонстрации.* Коллекция сложных эфиров. Коллекция жиров. Образцы твёрдого и жидкого мыла. *Лабораторные опыты.* Определение непредельности растительного масла	и спиртами. Характеризовать строение молекул, свойства, способы получения и области применения жиров. Устанавливать зависимость между физическими свойствами жиров, составом их молекул и происхождением. Описывать производство твёрдых жиров на основе растительных масел. Наблюдать, проводить, описывать и фиксировать результаты демонстрационного и лабораторного химических экспериментов
22	Углеводы	Углеводы. Моносахариды. Глюкоза как альдегидоспирт. Сорбит.	Определять принадлежность органических соединений к

		Молочнокислое и спиртовое брожение. Фотосинтез. Дисахариды. Сахароза. Полисахариды: крахмал, целлюлоза. *Демонстрации.* Свойства глюкозы как альдегида и как многоатомного спирта в реакциях с гидроксидом меди(II). Идентификация крахмала. *Лабораторные опыты.* Изготовление крахмального клейстера. Идентификация крахмала как компонента некоторых продуктов питания	углеводам. Различать моно-, ди- и полисахариды по их способности к гидролизу. Приводить примеры представителей каждой группы углеводов. Наблюдать, проводить, описывать и фиксировать результаты демонстрационного и лабораторного химических экспериментов
23	Амины	Аминогруппа. Амины предельные и ароматические. Анилин. Получение аминов. Реакция Зинина. Химические свойства и	Определять принадлежность органического соединения к аминам на основе анализа состава его молекул.

		применение аминов. *Демонстрации.* Портрет Н. Н. Зинина. Коллекция анилиновых красителей. *Лабораторные опыты.* Изготовление моделей молекул аминов	Характеризовать строение молекулы, свойства, способы получения и области применения анилина. Объяснять, почему мы можем гордиться достижениями отечественной органической химии. Соблюдать правила безопасного обращения с анилином и красителями на его основе
24	Аминокислоты. Белки	Аминокислоты, состав их молекул и свойства как амфотерных органических соединений. Глицин как представитель аминокислот. Получение полипетидов реакцией поликонденсации. Понятие о пептидной связи. Строение молекул белков:	Определять принадлежность органического соединения к аминокислотам на основе анализа состава его молекулы. Характеризовать свойства аминокислот как амфотерных соединений. Различать реакции

		первичная, вторичная и третичная структуры. Качественные реакции на белки. Гидролиз, денатурация и биологические функции белков. *Демонстрации.* Качественные реакции на белки. *Лабораторные опыты.* Изготовление модели молекулы глицина	поликонденсации и полимеризации. Характеризовать состав и строение молекул, структуру и свойства белков. Идентифицировать белки. Описывать биологические функции белков на основе межпредметных связей с биологией
25	Генетическая связь между классами органических соединений	Понятие о генетической связи между классами углеводородов, кислород- и азотсодержащих соединений. Иллюстрация генетической связи на примере органических соединений различных классов, содержащих два атома углерода	Устанавливать взаимосвязь между составом и строением молекул и свойствами представителей углеводородов, кислород- и азотсодержащих соединений. Осуществлять уравнения реакций, иллюстрирующих генетическую связь между представителями углеводородов, кислород- и

			азотсодержащих соединений. Понимать взаимосвязь между неорганическими и органическими веществами
26	*Практическая работа 1.* Идентификация органических соединений	Идентификация органических соединений	Проводить, наблюдать и описывать химический эксперимент по подтверждению строения и свойств различных органических соединений, а также их идентификации с помощью качественных реакций
27	Повторение и обобщение	Тестирование, решение задач и выполнение упражнений по теме	Решать задачи, выполнять тесты и упражнения по теме. Проводить оценку собственных достижений в усвоении темы. Корректировать свои знания в соответствии с планируемым

			результатом
28	*Контрольная работа 2* по теме «Кислород- и азотсодержащие органические соединения»		
29—33	**ТЕМА 4. Органическая химия и общество (5 ч)**		
29	Биотехнология	Развитие биотехнологии. Направления биотехнологии: генная (генетическая) и клеточная инженерия. Клонирование. *Демонстрации.* Видеофрагменты и слайды по биотехнологии и иммобилизованным ферментам	Объяснять, что такое биотехнология, генная инженерия, клеточная инженерия, клонирование. Характеризовать роль биотехнологии в решении продовольственной проблемы и сохранении здоровья человека
30	Полимеры	Классификация полимеров. Искусственные полимеры: целлулоид, ацетатный шёлк, вискоза, целлофан. *Демонстрации.* Коллекция полимеров. Коллекция синтетических полимеров и изделий из них	Классифицировать полимеры по различным основаниям. Различать искусственные полимеры, классифицировать их и приводить примеры полимеров каждой группы.

			Устанавливать связи между свойствами полимеров и областями их применения
31	Синтетические полимеры	Полимеризация и поликонденсация как способы получения полимеров. Синтетические каучуки. Полистирол, тефлон и поливинилхлорид как представители пластмасс. Синтетические волокна: капрон, нейлон, кевлар, лавсан. *Демонстрации*. Коллекция синтетических полимеров: пластмасс, волокон и изделий из них	Различать реакции полимеризации и поликонденсации, приводить примеры этих способов получения полимеров. Описывать синтетические каучуки, пластмассы и волокна на основе связи свойства — применение
32	*Практическая работа 2*	Распознавание пластмасс и волокон	Проводить, наблюдать и описывать химический эксперимент по идентификации пластмасс и волокон с помощью качественных

			реакций
33	**Повторение и обобщение курса. Подведение итогов учебного года**		
34—35	**Резервное время**		

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ КУРСА 10 КЛАССА

Глава I. Предмет органической химии. Теория строения органических соединений

§1. Предмет органической химии

Первая глава учебника содержит всего 2 параграфа, которые преследуют **цели**: познакомить учащихся с предметом органической химии, многообразием органических веществ и его причинами, основными положениями теории строения А. М. Бутлерова, явлением изомерии, структурными формулами и моделями молекул органических соединений.

При введении понятия «органическое вещество» учитель делает акцент на обязательном присутствии в его составе атомов углерода. Подавляющее число органических соединений наряду с углеродом содержат водород (углеводороды), поэтому горят с образованием CO_2 и H_2O.

Затем учитель иллюстрирует сказанное с помощью демонстрационного эксперимента.

В пробирку с газоотводной трубкой, закрепленную в лапке штатива, помещают смесь 1-2 г крахмала с небольшим количеством порошка оксида меди(II), газоотводную трубку опускают в пробирку с известковой водой. В верхнюю часть пробирки насыпают немного белого порошка прокаленного (безводного) сульфата меди(II). Пробирку нагревают, наблюдая за обугливанием ее содержимого и помутнением известковой воды в результате выделения углекислого газа. На холодных стенках пробирки конденсируются капельки воды, которые превращают безводный сульфат меди в кристаллогидрат голубого цвета. Схему реакций можно записать так:

$$\underset{\text{органическое вещество}}{C_xH_yO_z} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$$

$$CuSO_4 + 5\,H_2O \longrightarrow CuSO_4{\cdot}5H_2O$$

Горение органических веществ можно продемонстрировать и с помощью парафиновой свечи или газовой зажигалки.

Далее учитель обращает внимание учащихся на то, что проводить резкую черту между химией органической и неорганической нельзя. Существует много примеров генетической связи между веществами обеих групп.

Далее учитель рассказывает о витализме (учении о «жизненной силе») и его крахе, отмечая, что окончательное крушение витализма связано среди прочих с именем немецкого химика Адольфа Кольбе. Он получил из углерода уксусную кислоту. При нагревании углерода с водородом получается органическое вещество метан:

$$C + 2\,H_2 \longrightarrow CH_4$$

Из смеси оксида углерода(II) и водорода в промышленности получают спирт метанол:

$$CO + H_2 \longrightarrow CH_3OH$$

Основой жизни на Земле можно по праву считать процесс фотосинтеза, в результате которого в клетках зеленых растений из углекислого газа и воды синтезируется органическое важное вещество — глюкоза:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \longrightarrow \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + 6\,O_2$$

Напротив, подчёркивает учитель, органические вещества при горении или разложении превращаются в неорганические и в зависимости от своего состава могут давать различные продукты: оксиды углерода, воду, хлороводород, азот.

При классификации органических соединений на природные, искусственные и синтетические рекомендуем использовать демонстрационную коллекцию веществ. Наверное, каждый учитель сталкивался со сложностью демонстрации искусственных органических веществ. В нашем сознании они ассоции-

руются исключительно с производными целлюлозы. Однако для демонстрации вполне подойдут и таблетки глюконата кальция. По способу промышленного получения этого лекарственного препарата его вполне можно отнести к искусственным органическим соединениям, т.к синтезируют его из глюкозы (а ее в свою очередь синтезируют гидролизом растительного природного вещества – крахмала) окислением до глюконовой кислоты с дальнейшей нейтрализацией в соль. Уместно будет показать реакцию разложения глюконата кальция – аналог знаменитого опыта «Фараоновы змеи». На таблетку сухого горючего кладут две-три таблетки глюконата кальция и поджигают горючее. В результате термического разложения соли образуются продукты, «выползающие» из таблеток в виде пепельно-серых «змей». Опыт демонстрирует одно из общих свойств органических веществ – термическую нестабильность.

Вопрос о многообразии органических соединений формулируется как проблемный: *почему один химический элемент образует так много веществ?*

Одна из причин многообразия – способность атома углерода соединяться в длинные цепочки различного строения (неразветвленные, разветвленные, замкнутые) – раскрывается на данном уроке.

Вторая причина – явление изомерии – будет рассмотрена не следующем уроке (этот факт может служить «мостиком» перехода от первого урока ко второму).

Третью причину — явление гомологии —учитель поясняет на третьем уроке (посвященном гомологическому ряду алканов), не забыв повторить первые две причины.

§2 Основные положения теории химического строения

При рассмотрении вопросов строения органических веществ учителю следует иметь в виду, что на базовом уровне изучения органической химии не вводятся такие понятия, как гибридизация орбиталей атома углерода, простран-

ственная изомерия, электронные и пространственные эффекты, механизмы химических реакций и многие другие.

Цель урока: повторить сведения об органических веществах из курса основной школы, познакомить учащихся с основными положениями теории химического строения.

При изучении материала второго параграфа рекомендуется придерживаться следующих основных принципов.

1. Объяснение материала необходимо выстраивать с опорой на знания, умения и общие представления, полученные учащимися в курсе химии основной школы, а именно: понятия валентность, химическая связь, структурная формула вещества, типы химических связей, классификация реакций в неорганической химии. Первые уроки в 10 классе по сути являются своеобразным повторением углублением материала, пройденного учащимися в основной школе, его сопоставлением с химией органических соединений.

2. Прогностический характер получаемых знаний. Например, найти изомеры по химическим формулам предложенных веществ учащиеся должны даже на примере незнакомых им соединений.

3. Отработку и закрепление материала нужно проводить только в репродуктивном режиме, на «узнавание». Например, не следует просить составить формулы изомеров веществ заданного состава. Задания на закрепление понятия изомерии должны быть примерно следующего содержания:

а) две приведенных структурных формулы соответствуют:

– одному и тому же веществу?

– двум изомерам?

– двум различным веществам, не являющимся изомерами?

б) среди приведенных структурных формул веществ найдите формулы изомеров;

в) среди приведенных формул найдите вещество (вещества), которые являются изомером данного;

г) сколько различных веществ представлено данными структурными формулами (на смысловое различие изомеров и одного и того же вещества, структурная формула которого написана иначе).

Поскольку в классах с базовым уровнем изучения химии учатся ребята в основном с гуманитарными образовательными потребностями, при упоминании личностей ученых-химиков, особенно соотечественников, рекомендуется приводить факты из их биографии, характеризующие положительные личностные качества, гражданскую позицию, трудолюбие и профессионализм. Именно такие черты характера позволяют добиться успехов в профессиональной деятельности, общественной жизни. Приведем несколько штрихов биографии А. М. Бутлерова.

Александр Михайлович Бутлеров родился 15 сентября 1828 г. в г. Чистополе. С детства мальчик живо интересовался природой родного края. Его часто можно было найти на берегу великой Волги наблюдающим за насекомыми, собирающим растения для гербария, рассматривающим разноцветные камни. (Мораль для учащихся: будь любознательным, смолоду развивай наблюдательность, познавай окружающий мир).

А. М. Бутлеров был очень разносторонним человеком. Пожалуй, ученые-естествоиспытатели могут назвать его выдающимся биологом. И на то есть веские основания, ученый через всю жизнь пронес свое увлечение биологией. Он внес свой существенный вклад в развитие ботаники, энтомологии (науке о насекомых), различных отраслей сельского хозяйства. Его можно считать основоположником чайного производства в Грузии, одним из инициаторов возрождения пчеловодства в России. Его очерки о флоре и фауне Каспийского моря печатались в иностранных и российских научных журналах. (Мораль для учащихся: талантливые люди талантливы во всем! Совершенствоваться только в одном направлении чревато…).

В возрасте 21 года Бутлеров защитил магистерскую (сейчас бы сказали «кандидатскую») диссертацию на тему «Об окислении органических соединений», а уже через два года докторскую диссертацию, посвященную изучению

эфирных масел. (Мораль для учащихся: серьезное отношение к образованию и профессии должно быть с юных лет. «Потом возьмусь за ум» - тупиковое заблуждение. Большинство великих людей создавали свои шедевры и делали выдающиеся открытия в молодом возрасте).

Как и его великие предшественники М. В. Ломоносов, Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров получил возможность совершенствовать свое исследовательское мастерство за границей, но так же, как и они, вскоре вернулся на родину и главные научные открытия совершил в России. (Мораль для учащихся: будь патриотом своей страны!).

Современники отмечали большое личное обаяние ученого, разносторонность его талантов, широту взглядов и интересов, общительность, добродушный характер, доброжелательное отношение к ученикам. В нем сочеталась замечательная простота в общении и отзывчивость. И в лаборатории, и в своем рабочем кабинете (А. М. Бутлеров несколько лет исполнял обязанности ректора Казанского университета) он был одинаково доступен и химикам-практикантам, и любителям-пчеловодам, и посторонним посетителям. Для каждого находилось у него в запасе доброе слово или совет, слова утешения или мягкая критика. (Мораль для учащихся: человеческие качества в людях ценятся не меньше, чем профессиональные).

Смолоду Бутлеров отличался крепким здоровьем и недюжинной физической силой. Долгое время в его химической лаборатории в Казани хранилась кочерга, изогнутая ученым в виде буквы «Б». (Мораль для учащихся: веди здоровый образ жизни).

Глава II. Углеводороды и их природные источники

§3 Предельные углеводороды. Алканы

Цель урока: на основе знакомых учащимся из курса основной школы соединений (метане, этане и пропане), — дать понятие о классе предельных углеводородов, рассмотреть их состав, номенклатуру, свойства, изомерию, а также значение в жизни общества и страны.

В параграфах, посвященных рассмотрению важнейших классов углеводородов, изложен лишь один из возможных вариантов логического построения материала, начинающегося с практической значимости соединений рассматриваемого класса. Например, на уроке, посвященном изучению **алканов**, цепочка в изложении учителя может выглядеть следующим образом.

1. Природный газ — одно из важнейших природных богатств нашей страны. Россия обладает примерно 90 % мировых запасов этого ценнейшего природного ресурса, которое во многом определяет экономическую стабильность государства. Если ваша будущая профессия будет связана с экономикой, бизнесом, сферой производства, то вы не сможете остаться в стороне от проблемы мировых цен на природный газ, его транспортировки, поиска альтернативных источников дешевого и экологически чистого топлива, непростых межгосударственных отношений в этой сфере.

Ценность природного газа состоит в том, что при его горении выделяется большое количество теплоты и минимум вредных продуктов. Основную часть природного газа составляет хорошо знакомый вам углеводород – метан.

$$CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O + Q$$

2. Неужели природный газ не годится больше ни на что, кроме сжигания с целью получения теплоты? Конечно, нет, это ценнейшее химическое сырье для производства множества полезных продуктов. Их получение из природного газа также основано на химических свойствах метана. Например, при нагрева-

нии природного газа до высоких температур он разлагается на углерод (сажу) и водород:

$CH_4 \rightarrow C + H_2$

Не будь углерода, резиновые изделия потеряли бы не только свой привычный черный цвет, но и важнейшие качества, а без водорода встали бы некоторые металлургические производства, производство твердых растительных жиров, кислот, других важнейших промышленных продуктов.

Из метана при взаимодействии с хлором получают хлорпроизводные, представляющие собой незаменимые растворители и реагенты в органическом синтезе:

$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$

$CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl$

3. Химические свойства метана обусловлены его химическим строением. Поскольку он состоит из двух «горючих» элементов — углерода и водорода — он, как и все органические вещества горит (окисляется кислородом воздуха).

Все четыре валентности метана насыщены атомами водорода. Образовывать пятую химическую связь, т. е. вступать в реакции присоединения, он не может. А вот замещать атомы водорода на другие атомы или группы способен, что наглядно демонстрирует реакция хлорирования. Метан называют насыщенным или предельным углеводородом.

4. Является ли метан «единственным и неповторимым» насыщенным, предельным углеводородом? Конечно, нет. Напротив, он выступает в «почетной роли» первого представителя целого класса углеводородом аналогичного состава и строения. В каждом последующем родственном соединении на один атом углерода и два атома водорода больше. Их формулы и названия таковы:

$CH_3—CH_3$	этан
$CH_3—CH_2—CH_3$	пропан
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$	бутан

Оказывается, для последнего вещества без нарушения валентности атомов химических элементов можно записать и иную формулу с разветвленной углеродной цепью:

Как будут называться по отношению друг к другу два последних вещества? Изомеры, поскольку имеют одинаковый элементный состав, но различный порядок связи атомов в молекуле, т.е. химическое строение.

5. Изомеры – это разные вещества, поэтому у них должны быть разные «имена»-названия и разные свойства. Первый из изомеров с неразветвленной, «нормальной» цепочкой углеродных атомов называется нормальным бутаном (н-бутан), а второй – 2-метилпропаном. Давайте разберемся, почему именно так.

А теперь потренируемся в наименовании углеводородов более сложного строения. При этом следует использовать несколько правил.

6. Состав соединений данного ряда отличается на одну или несколько групп -CH_2-, называемой ***гомологической разностью****, а их совокупность —* ***гомологическим рядом*** *предельных, насыщенных углеводородов или алканов. Общая формула любого представителя этого ряда* $\boldsymbol{C_nH_{2n+2}}$*, где* n *– число атомов углерода в молекуле.*

7. Вы убедились в том, что алканы – очень полезные вещества и не иметь о них хотя бы общего представления образованному человеку негоже. Как же получают эти полезные вещества? В том-то и кроются геополитические преимущества нашей страны, что сложным химическим путем производить простейшие предельные углеводороды нет необходимости: сама природа пока позволяет черпать их из своих недр.

Но природные богатства не бесконечны. Руководство страны понимает, что сырьевая ориентация загоняет нашу экономику в тупик. Задача вашего

поколения — свести к минимуму нерациональное использование природных ресурсов, найти пути эффективного использования и переработки запасов природного газа и нефти, ориентированные на высокотехнологичные инновационные производства и экономику.

Представлена лишь одна из возможных схем, красная нить объяснения нового материала, которую учитель расцвечивает своими красками, разветвляет в том направлении, которое считает наиболее важным: дополнительные химические свойства алканов, их содержание в составе нефти и попутного нефтяного газа, закрепление вопросов изомерии и номенклатуры, решение термохимических задач и проч.

При рассмотрении номенклатуры алканов следует обратить внимание на наиболее часто встречающиеся ошибки:

- отсутствие дефиса между цифрами и буквами названия;
- однократное написание цифры, указывающей положение двух одинаковых заместителей при одном углеродном атоме;
- отсутствие частиц *ди-*, *три-*, *тетра-* при перечислении нескольких одинаковых заместителей.
- написание названия углеводорода в два слова с отрывом наименования заместителей от основы названия;
- ошибки в выборе наиболее длинной цепи углеродных атомов или направлении ее нумерации.

На данном уроке вводится понятие гомологического ряда. Впервые этот термин использовал немецкий химик Я. Г. Шиль в 1842 г., хотя само явление гомологии ученые заметили значительно раньше. Гомология (от греч. *хомологос – подобный, похожий*) означает схожесть свойств группы веществ подобного строения. Кстати, выдающийся отечественный ученый-генетик Николай Иванович Вавилов при исследовании наследственности живых организмов по анало-

гии с гомологией в органической химии ввел понятие гомологических рядов в наследственной изменчивости и сформулировал соответствующий закон.

В ходе изучения химических свойств метана учитель касается валеологических аспектов вопроса. Метан называют также рудничным газом. В большом количестве он находится под землей, сопровождая залежи нефти и каменного угля. В смеси с воздухом метан и другие газообразные гомологи очень взрывоопасны. Не редки трагические взрывы на шахтах, уносящие жизни людей. Но ведь утечки газа бывают и в домах, главным образом по халатности. Ежегодно средства массовой информации сообщают о взрывах бытового газа, разрушающих жилые дома и уносящих десятки человеческих жизней.

Поскольку метан не имеет запаха, в бытовой газ добавляют специальные вещества с резким запахом (одорируют), чтобы утечку можно было вовремя обнаружить. Почувствовав запах газа, нельзя не только пользоваться открытым огнем, но и включать или выключать электроприборы: от искры выключателя может произойти взрыв, опасный для жизни!

Для внеурочной или проектной деятельности по теме учитель может использовать следующий дополнительный материал.

Человек в быту сталкивается с использованием предельных углеводородов ежедневно. Ранним утром для приготовления завтрака вы чиркаете спичку и зажигаете газ на кухне. Попросите ребят внимательно понаблюдать за горением спички. Рядышком с основанием пламени можно увидеть бегущую дорожку - плавящийся парафин. Парафином называют смесь твердых предельных углеводородов. Им пропитывают древесину спички, чтобы горение было более равномерным и медленным. Тем временем в конфорке горит природный газ, который почти полностью состоит из метана с примесью этана и пропана. Одна из важнейших областей применения газообразных алканов —использование в качестве топлива, не только бытового, но и автомобильного (сжиженный газ) и промышленного.

После завтрака нужно привести себя в порядок. Многие косметические средства содержат для смягчения кожи вазелин – смесь жидких и твердых предельных углеводородов. Прощальный взгляд в зеркало – и в школу. На улице - поток машин. В их двигателях сгорает смесь жидких предельных углеводородов – либо бензин (углеводороды C_6H_{14} – $C_{10}H_{22}$), либо дизельное топливо ($C_{13}H_{28}$ – $C_{17}H_{36}$). На перемене можно побаловать себя конфетой. Проведите ногтем по поверхности фантика. Белый налет — это тоже парафин, придающий бумаге водо- и жироотталкивающие свойства, красивый внешний вид.

Романтичен ужин при свечах! Большинство свечей изготавливают из подкрашенного парафина.

Предельные углеводороды благодаря своей доступности являются прекрасным сырьем для химической промышленности. Уже упоминалось производство сажи, водорода, галогенпроизводных (фторированные углеводороды — лучшие хладагенты в бытовых и промышленных холодильных установках, кондиционерах). Большое количество предельных углеводородов перерабатывается в непредельные, содержащие двойную или тройную связь. Химики нашли способы получения из углеводородов кислородсодержащих соединений: спиртов, альдегидов, кислот.

§4 Непредельные углеводороды. Алкены

Цель урока: рассмотреть гомологический ряд алкенов, их номенклатуру, получение, состав, строение, свойства по аналогии с алканами, установить зависимость между свойствами и применением этилена, показать качественные реакции на кратную связь.

Выстроить цепочку подобную предыдущему уроку для **этиленовых углеводородов**, предлагаем на основе одного из важнейших продуктов многотоннажного органического синтеза на основе этилена — полиэтилена. Вместе с тем, у учителя есть возможность не дублировать материал параграфа, а придумать

свою версию. Например, можно «стартовать» с рассказа о том, что растения, пусть и не обладают интеллектом в прямом понимании смысла этого слова, но сопровождают свой рост, развитие, размножение, переход в «зимнюю спячку» тончайшими биохимическими механизмами, основанными на протекании сотен и тысяч химических реакций. Некоторые растения регулируют процесс созревания собственных плодов путем выделения особого газа — этилена. Чем больше в атмосфере вокруг плодов содержится этого углеводорода, тем быстрее созреет плод. Эту «хитрость» разгадали биохимики, а технологи взяли на вооружение. Добавлением в воздух овощехранилищ расчетного количества этилена регулируют сроки доведения до готовности урожая, собранного слегка недозрелым для лучшей транспортировки и сохранности.

В роли другой «затравки» может служить рассказ о том, что в кабинах летчиков во время Великой Отечественной войны среди нехитрого в те времена военного снаряжения находилась ампула с бесцветной жидкостью. В случае получения травм и ушибов при падении самолета или катапультировании, летчик разбивал ампулу, смачивал содержимым одежду или ткань на травмированном участке тела. Испаряясь, жидкость сильно охлаждала рану, что позволяло в результате такой экстренной анестезии приглушить боль и поддержать физические силы. Этой жидкостью являлся хлорэтан.

Способ получения хлорэтана из этилена путем присоединения к нему хлороводорода позволяет перейти к рассмотрению важнейшего свойства этиленовых углеводородов — **реакциям присоединения**.

Из реакций присоединения этиленовых углеводородов нужно обязательно остановиться на бромировании (качественная реакция на двойную углерод-углеродную связь) и гидратации («мостик» к новому классу органических веществ — спиртам). Кроме того, связующим звеном между углеводородами и многоатомными спиртами служит реакция окисления этилена водным раствором перманганата калия.

Касаясь вопроса изомерии алкенов, учитель вводит новый ее вид – изомерия положения двойной связи, расположение которой в углеродной цепочке указывается цифрой перед основной названия. Следует еще раз обратить внимание на «родовой» суффикс -*ен*.

При построении названия сначала перечисляют заместители в главной цепи (главная цепь обязательно должна содержать двойную связь), затем цифрой указывают положение двойной связи, далее через дефис дается основа названия с суффиксом -*ен*: 2-метилбутен-2, 2,4-диметилпентен-2. Для пропена и его замещенных производных положение двойной связи не указывается, поскольку альтернативы здесь нет: пропен, 2-метилпропен.

В гуманитарных классах будет целесообразно привести некоторые исторические сведения по химии этилена.

В 1669 г. немецкий ученый Иоганн Иохим Бехер, нагревая этиловый спирт с серной кислотой, получил неизвестный ранее газ, названный «газом Бехера». Новый газ отличался по свойствам от известного в то время болотного газа: горел ярким светящимся пламенем, легко присоединял различные вещества. Открытие Бехера не привлекало внимания ученых более 100 лет, и только в 1795 г. голландский химик И. Дейман подробно изучил «газ Бехера». Он установил, что он состоит из углерода и водорода, а при взаимодействии с хлором превращается в маслянистую жидкость (1,2-дихлорэтан). Так произошло название олефин, что значит маслородный. В дальнейшем все углеводороды, подобные «газу Бехера» стали называть олефиновыми, а сам газ — этиленом.

Из способов получения этилена рассматриваются три: дегидрирование алканов, знакомое по параграфу «Алканы», дегидратация этилового спирта и крекинг алканов. Возможно упоминание реакции деполимеризации полиэтилена, особенно если учитель именно таким способом получает углеводород для демонстрационного опыта.

Для получения этилена учитель использует реакцию дегидратации этанола, которую на уровне демонстрации он может проводить, используя концен-

трированную серную кислоту в качестве дегидратирующего вещества. Важно подчеркнуть, что эта реакция в ученическом эксперименте больше не используется по правилам техники безопасности. Понятно, что в классах базового уровня подобная практическая работа не предусмотрена. Однако, если учитель работает в универсальных (2 часа в неделю) или в профильных классах, то для проведения практической работы можно предложить два варианта получения этилена учащимися.

Первый также заключается в дегидратации этилового спирта, только в качестве дегидратирующего фактора применяется особый катализатор – алюмосиликаты, входящие в состав свежей глины. Комочки ее подсушивают и заполняют ими пробирку на четверть. Затем в нее наливают тонкой струйкой этиловый спирт так, чтобы он заполнил столбик глины на ¾ высоты. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой, закрепляют в лапке штатива, прогревают, а затем проводят нагревание спирта, начиная с влажной верхней части столбика глины.

В основе второго способа лежит реакция термической деполимеризации полиэтилена, для которой можно использовать 5-6 гранул имеющегося в каждом кабинете химии образца этой пластмассы. В случае его отсутствия можно использовать нарезанные мелкими кусочками изделия из технического полиэтилена (на таких изделиях, как правило, присутствует надпись «Для непищевых целей»). Такой полиэтилен содержит следы катализатора, который в равной мере способствует течению как прямой реакции получения полиэтилена из этилена (реакции полимеризации), так и обратной (реакции деполимеризации).

В некоторых уравнениях реакций в учебнике изображены вспомогательные элементы: стрелки, рамки, линии. Они помогают наглядно иллюстрировать сущность превращений одних веществ в другие (например, уравнение внутримолекулярной дегидратации этилового спирта, уравнения реакций гидратации и бромирования этилена в данном параграфе). Учащимся нет необходимости переписывать вспомогательные элементы в тетрадь или воспроизводить их при

ответе у доски, они приведена лишь для визуализации протекающего процесса. А вот уравнения реакций необходимо понять, запомнить и уметь записывать.

В параграфе приводится правило Марковникова, определяющее направление реакций присоединения к несимметричным алкенам. На усмотрение учителя остается объяснение правила Зайцева. Учителя придумали меткую интерпретацию этих правил, которая звучит так: где много, там еще добавят, где мало – вовсе отберут. В таком варианте правила и запоминаются легче, и вносят веселую нотку в процесс обучения.

На базовом уровне изучения химии правило поможет определить структуру продукта, например, в следующих реакциях:

$$CH_3—CH_2—CH_3 + Br_2 \rightarrow CH_3—CHBr—CH_3 + HBr$$

$$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3 \rightarrow CH_3—CH=CH—CH_3 + H_2$$

$$CH_2=CH—CH_2—CH_3 + HCl \rightarrow CH_3—CHCl—CH_2—CH_3$$

$$\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH_3—CBr}}—CH_2—CH_3 + NaOH \rightarrow \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH_3—C}}=CH—CH_3 + NaBr + H_2O$$

$$\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_3—CH}}—CH_2—CH_3 \rightarrow CH_3—CH=CH—CH_3 + H_2O$$

Поскольку на уроке непременно прозвучит имя выдающегося российского химика-органика Владимира Васильевича Марковникова, приведем несколько фактов из жизни ученого.

Химиком будущий ученый решил стать во время учебы в Казанском университете. Немалую роль в этом выборе сыграл молодой профессор А. М. Бутлеров. Марковников с увлечением работал в лаборатории, пропадая там днями, а то и сутками напролет. (Мораль для учащихся: в любом деле важны целеустремленность и увлеченность).

Вместе с Д. И. Менделеевым Владимир Васильевич стал организатором Русского химического общества в 1868 г. Во время работы в Московском уни-

верситете очень много времени уделял работе со студентами. Многие из его учеников стали известными учеными: И. А. Каблуков, В. Н. Оглоблин, М. И. Коновалов, А. М. Беркенгейм, Н. М. Кижнер, первая русская женщина-доктор химии Ю. В. Лермонтова и др. (Вывод: великие ученые занимались не только научной, но и общественной, педагогической деятельностью).

Марковников изучал Астраханские соляные озера с целью использования солей в промышленности, исследовал минеральные воды на Кавказе Ученый хорошо знал нужды химического производства, боролся за его развитие, старался каждое открытие довести до промышленного использования. (Вывод: научные открытия должны быть нацелены на практическое использование).

Во время войны с Турцией (1877) В. В. Марковников занимался изготовлением и закупкой дезинфицирующих средств для русской армии. Мораль для учащихся: настоящий гражданин должен «подставить плечо» своей Родине в сложный момент).

При рассмотрении реакции полимеризации этилена учителю могут пригодиться следующие исторические сведения.

Первые синтетические полимеры были получены главным образом случайно. По мере изучения процесса полимеризации и свойств образующихся продуктов эти исследования становились все более систематическими. В настоящее время нашу жизнь невозможно представить без полимерных материалов. Они все в большей степени вытесняют из нашего быта природные материалы, поскольку обладают уникальными и самыми разноплановыми свойствами, сравнительно дешевы, легко обрабатываются, многие подлежат вторичной переработке.

Полимеры, которые способны изменять свою форму при нагревании или при деформации и сохранять ее после охлаждения или снятия усилия, называются пластмассами (пластиками).

В 1933 г. группа исследователей под руководством Эрика Фосетта и Реджиналда Гибсона проводила опыты с этиленом при повышенном давлении.

После вскрытия реактора они обнаружили белое вещество, похожее на воск. Элементный анализ показал, что эмпирическая формула этого вещества CH_2. Воспроизвести опыт удавалось не всегда: в некоторых случаях происходил взрыв, иногда этилен не изменялся даже при очень высоком давлении. В 1935 г. опыты были возобновлены. Фосетт и Гибсон научились контролировать получение воскообразного вещества, изменяя температуру и давление. Работавший в той же лаборатории Майкл Перрин установил, что успешное протекание реакции зависит от присутствия в реакторе кислорода: при большом его содержании этилен со взрывом окислялся, в отсутствии кислорода реакция не протекала вообще. Получив некоторое количество нового вещества, ученые продемонстрировали его уникальные свойства: оно легко плавилось, подвергаясь формованию, обладало хорошими электроизоляционными свойствами, отличалось уникальной химической инертностью. Вскоре выяснилось, что молекулы нового вещества имеют очень большую молекулярную массу: несколько сот тысяч. Так установили полимерную природу вещества, названного полиэтиленом. Первое применение полиэтилен нашел в качестве изоляции электропроводов. В 1948 г. из полиэтилена стали изготавливать посуду, ящики, бутылки, упаковку, предметы домашнего обихода.

Полиэтилен Фосетта и Гибсона обладал рядом недостатков. Из-за сильной разветвленности макромолекул он имел низкую плотность и недостаточную механическую прочность. Такой материал называется полиэтилен высокого давления ПЭВД (или низкой плотности ПЭНП).

Новые перспективы использования полиэтилена появились в 1953 г. с открытием немецким ученым Карлом Циглером особых катализаторов процесса полимеризации – металлорганических соединений. Циглер установил, что в присутствии очень малых количеств $TiCl_4$ и $Al(C_2H_5)_3$ (триэтилалюминий) полимеризация протекает при комнатной температуре и атмосферном давлении. При этом получается полимер с молекулярной массой несколько миллионов, большой плотностью за счет плотной упаковки практически линейных молекул

и очень высокой механической прочностью. Такой продукт стали называть полиэтиленом низкого давления (ПЭНД). Он стал незаменимым материалом для производства труб, ведер, деталей машин, кухонной посуды, бытовых предметов. Выдающее открытие К. Циглера было по достоинству оценено соотечественниками. Он не только стал профессором в 23 года, но и превратился к концу жизни в мультимиллионера, жертвуя значительные суммы на развитие науки.

§5 Диеновые углеводороды. Каучуки

Цель урока: на основе анализа названия класса углеводородов, рассмотреть состав, способы образования названий, свойства и применение предствителей диенов (дивинила и изопрена)

При рассмотрении строения **диеновых углеводородов** вводится понятие сопряженных диенов, в молекулах которых две двойные связи разделены одной простой. За неимением времени отвлекаться на изолированные и кумулированные диены не стоит.

При объяснении нового материала рекомендуется вывод общей формулы алкенов и диенов «доверить» самим учащимся, исходя из общей формулы алканов. Выглядеть это может примерно так.

Вспомните, пожалуйста, общую формулу предельных углеводородов. Верно, C_nH_{2n+2}. Чем принципиально отличается строение этиленового углеводорода от строения соответствующего алкана с тем же числом углеродных атомов? В этиленового углеводороде имеется одна двойная связь между атомами углерода. За счет чего же образуется эта связь, если предельная валентность атома углерода равна четырем? У каждого атома углерода, связанного с соседним двойной связью, на один атом водорода меньше. Следовательно, в составе алкена по сравнению с алканом водорода меньше на два атома. Общая формула будет такова: $\mathbf{C_nH_{2n+2-2}}$ *или* $\mathbf{C_nH_{2n}}$.

В молекуле диенового углеводорода не одна, а две двойные связи. Каждый из четырех атомов углерода, связанный двойной связью, способен «удерживать» на один атом водорода меньше, чем соответствующий предельный углеводород. Таким образом, общая формула любого диенового углеводорода C_nH_{2n+2-4} *или* C_nH_{2n-2}.

Одно из основных химических свойств диеновых углеводородов — реакции присоединения. Ступенчатость (стадийность) реакции галогенирования рассмотрена в параграфе. Моногалогенирование дается в варианте 1,4-присоединения. Упоминание возможности протекания реакции по направлению 1,2-остается на усмотрение учителя.

Далеко не каждый учитель для проведения демонстрационных опытов найдет натуральный каучук. Эксперимент можно проделать с обыкновенным резиновым клеем или клеем «Момент». В их состав входит натуральный каучук. На дно пробирки помещают каплю клея, добавляют 1–2 мл органического растворителя и 1 мл бромной воды или каплю настойки иода. Смесь энергично встряхивают и наблюдают за исчезновением окраски.

При переходе к рассмотрению получения и свойств каучука и продуктов его вулканизации в целях гуманизации и гуманитаризации учебного содержания учитель использует следующий занимательный материал, строго дозируя его для классов различной направленности (социально-экономических или физико-математических) в соответствии с целями урока.

В Парижскую академию наук образцы каучука и описание способа его получения из млечного сока гевеи доставил из Южной Америки французский инженер Франсуа Фрейсине.

Из необычного эластичного материала стали изготавливать игрушки, ластики для стирания карандашных записей, детали одежды, водоотталкивающие пропитки для обуви. Были попытки покрывать каучуком колеса повозок для бесшумной и мягкой езды, однако такое покрытие быстро истиралось о дорогу.

В начале XIX в. английский изобретатель Чарльз Макинтош нашел каучуку новое применение. Два слоя материи он промазывал раствором каучука в органическом растворителе и склеивал между собой. Из полученного водонепроницаемого материала Макинтош шил плащи, позже названные его именем. В 1823 г. он получил патент на свое изобретение. Но если макинтоши были достаточно хороши для туманной Англии, не отличающейся резкими колебаниями температуры, то в Европе они успехом не пользовались. Как только из-за туч выглядывало теплое солнце, пропитанная каучуком ткань становилась липкой. Напротив, на морозе каучуковая пропитка теряла свою эластичность, становилась хрупкой и ломкой.

Тем не менее, необычные свойства каучука заставляли ученых искать способ устранения его недостатков при сохранении эластичности и водостойкости. Сделать это удалось американскому изобретателю Чарльзу Гудьиру (1800-1860).

В молодости Ч. Гудьир помогал отцу в его нехитром бизнесе: тот содержал магазин, небольшую ферму, изготавливал скобяные изделия. Однако дела шли неважно, и в 1830 г. фирма Гудьиров разорилась. Тогда Чарльз решил заняться изобретательством. В 1834 г. его заинтересовали изделия из каучука. Стремясь улучшить его термостойкость, он начал добавлять в эластичный материал различные вещества. Оказалось, что оксиды кальция и магния придают каучуковым изделиям несколько большую устойчивость к высокой температуре. Из полученного материала, названного «гум-эластиком», Гудьир начал изготавливать обувь, однако ее долговечность также оставляла желать лучшего: на морозе она растрескивалась и приходила в негодность.

Молодой изобретатель не падал духом и продолжал эксперименты. В 1839 г. он приобрел патент Хейварда, который во избежание слипания каучуковых лепешек пересыпал их порошком серы. Однажды такая лепешка случайно упала на горячую печь. В то время каучук был достаточно дорог, поэтому Гудьир, спасая образец, схватил начавшую плавиться лепешку и, чтобы не об-

жечься, перебрасывал ее из руки в руку. После охлаждения каучука Чарльз с удивлением заметил, что поверхность материала приобрела новые свойства: она перестала липнуть, стала более прочной, сохраняла эластичность при низкой температуре. В последствии новый материал получил название резины.

Еще долгих 5 лет изобретатель посвятил совершенствованию технологического процесса превращения каучука в резину. Наконец 15 июня 1844 г. он получил патент на свое изобретение.

Во время проведения экспериментов по нагреванию каучука с серой Ч. Гудьир передал несколько образцов резины английскому химику Т. Гэнкоку. Тот оказался более расторопным, и уже в 1843 г. получил британский патент на аналогичное изобретение. Именно Гэнкок и предложил назвать процесс превращения каучука в резину вулканизацией по имени древнеримского бога огня Вулкана.

Ч. Гудьир пытался распространить свое изобретение и в Америке, и в Европе, но так и не смог разбогатеть. Только во второй половине XIX в. процесс вулканизации получил широкое распространение. Помимо каучука и серы в реакционную массу добавляют 15–20 других ингредиентов, получая резину с заданными свойствами: диэлектрическую, термостойкую, морозостойкую, масло- и бензостойкую, устойчивую к действию радиации, агрессивных сред, истиранию и т.д.

Как правило, резина содержит 1–5 % серы. Если же содержание серы увеличить до 30–50 %, получают эбонит — материал, полностью лишенный эластичности. Эбонит отличается очень низкой электропроводностью (диэлектрик), негигроскопичен, газонепроницаем, легко поддается механической обработке. Из эбонита изготавливают детали электрических приборов, корпуса аккумуляторов, емкости для агрессивных жидкостей, им покрывают стенки химических реакторов.

В 1846 г. А. Паркс изобрел способ холодной вулканизации каучука. Вулканизирующим агентом в этом способе является соединение, имеющее формулу

S_2Cl_2 (дихлорид дисеры). Каучуковое изделие обрабатывают этим веществом в парах или в растворе сероуглерода, при этом процесс длится всего 1–2 мин. Однако метод холодной вулканизации применим лишь для вулканизации сравнительно тонких слоев каучука: перчаток, игрушек, пленок.

Открытие процесса вулканизации каучука дало толчок развитию целой отрасли промышленности — резинотехнической. Более половины ее продукции идет на изготовление шин для различных видов транспорта: велосипедов, автомобилей, тракторов, самолетов. Кроме того, из резины изготавливают амортизаторы, уплотнительные прокладки, изоляцию кабелей, конвейерные ленты, водоотталкивающие и эластичные покрытия, спортивные товары, игрушки, обувь, канцтовары и многое-многое другое.

Первый завод по производству синтетического каучука был построен в г. Ливеркузен (Германия) в 1916 г. Полимеризации под действием металлического натрия подвергался 2,3-диметилбутадиен-1,3. Учитель просит самостоятельно написать реакцию полимеризации (по аналогии с полимеризацией бутадиена-1,3 или изопрена), затем воспроизводит правильный вариант на доске:

$$n\,CH_2{=}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{=}CH_2 \longrightarrow (-CH_2{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{=}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{-}CH_2-)_n$$

Полученный продукт получил название метилкаучук. Почему? Учащиеся высказывают свои соображения. Элементарное звено этого полимера отличается от звена натурального каучука на одну метильную группу.

Первый синтетический каучук по своим потребительским качествам значительно уступал каучуку натуральному. И не только потому, что был гораздо дороже. Изделия из него по-прежнему боялись высоких и низких температур, а автомобильные покрышки истирались в десятки раз быстрее. Поэтому через два года работы завод в Ливеркузене был закрыт.

Поскольку понятия *цис-транс*-изомерии в одночасовом курсе органическом химии не вводится, останавливаться на особенностях строения бутадиенового и дивинилового синтетических каучуков не имеет смысла. Учитель изобра-

жает фрагменты полимерных цепей и строение элементарного звена полибутадиена в строчку, без взаимного расположения атомов относительно линии С=С связи.

Далее учитель акцентирует внимание учащихся на приоритете российского ученого Сергея Васильевича Лебедева в решении проблемы получения синтетического каучука.

В подкрепление некоторых «посылов для учащихся», приведенных в биографических фактах упомянутых выше российских ученых, представим несколько любопытных штрихов из жизни С. В. Лебедева.

Кроме химии С. В. Лебедев увлекался астрономией. Он мог часами говорить о звездах, планетах и строении Вселенной.

Все мысли ученого были заняты наукой. Даже посещая концерты или выставки, Сергей Васильевич записывал химические формулы на обратной стороне программки или в своей записной книжке.

В 1926 г. лаборатория С. В. Лебедева приняла участие в конкурсе Высшего совета народного хозяйства СССР по разработке промышленного способа производства синтетического каучука, который смог бы заменить каучук натуральный. К январю 1928 г. сотрудники лаборатории изготовили 2 кг этого материала, разработали технологию его промышленного получения и стали победителями конкурса. Так каучук, полученный синтетическим способом, избавил страну от зависимости в импорте.

В 1931 г. на одном из заводов Ленинграда были произведены первые 260 кг синтетического каучука по методу Лебедева. СССР стал первой в мире страной, которая наладила промышленное производство этого ценного материала.

Разработку метода синтеза синтетического каучука и открытие реакции превращения этилового спирта в бутадиен можно смело назвать значимой вехой в истории химии. Недаром упомянутая реакция получила название реакции Лебедева.

Даже после смерти Лебедев оказался в окружении знаменитых людей. Он похоронен рядом с Куинджи, Чайковским, Римским-Корсаковым.

§6 Алкины

Цель урока: рассмотреть алкины, как ещё более, чем алкены, ненасыщенные углеводороды на примере ацетилена (его получении, свойства и применении).

Начать урок, посвященный **ацетиленовым углеводородам**, можно с тезиса о том, что химические знания – очень сильное оружие. А любое оружие может быть обращено как на благо, на защиту и обеспечение стабильного прогресса, так и на разрушение, во вред. Именно поэтому любому человеку нужно владеть азами этой науки, чтобы уметь извлечь пользу и предотвратить возможные неприятности. Для доказательства этой мысли учитель приводит такой исторический пример.

В конце XIX века во Франции произошло крупное ограбление: под покровом темноты в здание банка пробрались злоумышленники. Крупная сумма денег и драгоценности хранились в изолированном, словно сейф, помещении, спрятанном за массивной металлической дверью со сложнейшим запорным механизмом, ключ к которому подобрать просто невозможно. Каково же было удивление полиции и банкиров, когда по прибытию на место преступления они увидели, что дверь вскрыта, а хитрый замок был попросту вырезан. Место взлома двери выглядело оплавленным, будто в куске сливочного масла раскаленным ножом вырезали кусок. Что за «супер-пламя» было в руках у преступников, которым они резали железо, словно кусок вареной колбасы? Как выяснилось, так впервые была использована газовая горелка, работа которой основана на горении в токе кислорода органического газообразного вещества, называемого ацетиленом. Температура такого пламени достигает 3100 ^{o}C, в то время как температура плавления чистого железа 1537 ^{o}C. Даже сегодня, спустя более 100 лет, ацети-

леновая резка и сварка металлов широко используется наряду с электродуговым способом.

Далее учитель перекидывает мостик к иным, кроме горения, химическим свойствам ацетилена. Как непредельный углеводород, содержащий кратную тройную связь, ацетилен склонен к реакциям присоединения: галогенированию, гидрогалогенированию, гидратации. Особенность реакций присоединения связана со строением ацетилена: между атомами углерода у него не двойная, а тройная C≡C связь, следовательно, реакции галогенирования и гидрогалогенирования протекают в две стадии. Кстати, уменьшение массовой доли водорода в ацетилене по сравнению с этаном и этиленом (рекомендуется рассчитать эти величины) является одной из причин того, что температура ацетиленового пламени в токе кислорода так велика, а на воздухе горение ацетилена сопровождается выделением частичек несгоревшего углерода — копоти.

В том случае, если того требует логика изложения материала, то последовательность звеньев единой цепочки рассуждения можно менять. Например, если в самом начале учитель затронул вопрос получения ацетилена, то целесообразно полностью осветить его именно здесь, а не в заключение урока. На базовом уровне изучения химии приводятся два способа получения ацетилена: гидролизом карбида кальция и пиролизом метана.

Впервые получил ацетилен и изучил некоторые его химические свойства английский химик Эдмунд Дэви. В 1836 г. при действии воды на карбид кальция он получил бесцветный газ, горящий красным коптящим пламенем. Ученый попытался определить его состав и высказал предположение, что полученный им «светильный газ» можно использовать для освещения.

$$CaC_2 + 2\,H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow$$

Обязательно нужно напомнить, что карбид кальция получают в промышленности взаимодействием углерода (кокс) с оксидом кальция (образуется при прокаливании известняка $CaCO_3$):

$$CaO + 3C \longrightarrow CaC_2 + CO$$

Благодаря доступности сырья, карбидный метод получения ацетилена также используется в промышленности.

Учитель проводит демонстрацию получения ацетилена.

Приведем несколько практических советов по этой части демонстрационного эксперимента. В связи с тем, что сварочные работы все больше и больше проводятся способом электросварки, достать карбид кальция, сохранить его и эффективно использовать становится проблематичным.

Карбид кальция хранят в склянке с плотной крышкой или под слоем керосина, так как он легко гидролизуется парами воды, содержащимися в воздухе. Для получения ацетилена кусочек карбида кальция промакивают от керосина фильтровальной бумагой или бумажной салфеткой и опускают в пробирку прибора для получения газа. Для того, чтобы ацетилен из карбида кальция под действием воды выделялся спокойно и без обильной пены, используют для гидролиза насыщенный раствор хлорида натрия или же добавляют в воду 2-3 капли серной кислоты, которая будет ингибировать процесс из-за образования на поверхности карбида кальция малорастворимого сульфата.

Выделяющийся ацетилен учитель поджигает. Учащиеся наблюдают сильно коптящее красное пламя и пытаются объяснить причину этого явления. Учитель подчеркивает, что при достаточном количестве кислорода пламя становится бледно-голубым, и его температура повышается почти до 3000°С, то есть реакция сильно экзотермическая. Первым это свойство ацетилена в 1895 г. обнаружил крупнейший французский химик Анри Ле Шателье. Уже с 1906 г. ацетилен стал использоваться для автогенной сварки и резки металлов.

При рассмотрении химических свойств ацетилена следует обязательно упомянуть фамилию выдающегося русского химика-органика М.Г. Кучерова. Отметим, что именной реакция стала не потому, что была открыта Кучеровым (впервые эту реакцию осуществил М. Бертло в 1860 г.), а потому, что Михаилу Григорьевичу удалось обнаружить катализатор данного взаимодействия. В при-

сутствии солей ртути(II) ацетилен реагирует с водой практически при комнатной температуре с хорошим выходом продукта.

Многие видные ученые начинали свою научную деятельность простыми лаборантами. Так, М.Г. Кучеров после окончания в 1872 г. Петербургского земледельческого института был оставлен для работы в химической лаборатории института в должности лаборанта.

Свое главное открытие М.Г. Кучеров сделал в 1881 г. В первой статье на эту тему он писал: «Опыт подтвердил моё предположение самым блестящим образом. Ацетилен, взбалтываемый с водой и бромной ртутью, дает альдегид даже при обыкновенной температуре». После этой статьи Кучеров поместил предварительное сообщение «О новом способе гидратации углеводородов ацетиленового ряда».

Помимо фундаментальных исследований ученым зачастую приходится заниматься насущными проблемами прикладного характера. Например, в лаборатории земледельческого института М.Г. Кучеровым с коллегами проведено исследование состава разного вида съедобных грибов и влияния на их питательные свойства способа приготовления и консервирования (соления, маринования и т.п.).

В последние годы появляются сообщения о весьма необычных областях применения ацетилена, например, для получения… искусственных бриллиантов.

Ученые из американского Института Карнеги в Вашингтоне создали новую технологию закалки алмазов, которая позволяет получать искусственные камни.

Одним из методов получения искусственных алмазов является их формирование из смеси газообразных водорода и ацетилена на специальной подложке. При этом достигается достаточно высокая скорость роста кристаллов — до 150 микрон в час, однако получающиеся при этом алмазы содержат большое количество примесей.

Для избавления от них используется дорогостоящий процесс отжига: бриллианты подвергаются воздействию высоких температур при высоком давлении. Препятствием для широкого внедрения этого процесса, помимо высокой стоимости, является ограничение на размер получаемых алмазов. Самые крупные на сегодняшний день искусственные камни весят не более 34 карат и не превосходят в ширину одного сантиметра.

Исследователям удалось создать новую технологию отжига, у которой нет указанных недостатков. Отжиг происходит при низком давлении в высокотемпературной водородной плазме. Это позволяет, по словам исследователей, снизить стоимость, поскольку нет необходимости в поддержании высокого давления. С другой стороны, новая технология не накладывает условий на размеры камня. В теории представляется возможным получать алмазы любой величины.

Исследователи полагают, что их технология найдет применение в промышленности, в частности для создания линз для лазеров. Кроме этого, из-за своей исключительной твердости алмазы используются для производства режущих инструментов.

§7 Ароматические углеводороды, или арены

Цель урока: рассмотреть состав, строение, свойства, получение и применение ароматических углеводородов на примере бензола.

В начале урока рекомендуем познакомить учащихся с химической реакцей, которая служит связующим звеном между двумя классами углеводородов — алкинами и аренами.

Способен ли ацетилен вступать в знакомую учащимся реакцию полимеризации? Образовывать длинные полимерные цепи ацетилен не склонен, а вот несколько молекул (две, три) соединяются друг с другом более охотно.

Выдающийся русский ученый Николай Дмитриевич Зелинский обнаружил, что при пропускании ацетилена над нагретым активированным углем соединяются друг с другом не две, а три молекулы (тримеризация), причем так, что атомы углерода образуют замкнутый цикл:

$$3\ CH{\equiv}CH \longrightarrow C_6H_6$$

Это превращение называется **реакцией Зелинского**. В результате образуется очень важное органическое вещество — бензол.

Впервые бензол описал немецкий химик Иоганн Глаубер, он получил это соединение в 1649 г. в результате перегонки каменноугольной смолы. Но вещество не получило ни названия, ни состав его не был известен. Поэтому второе свое рождение бензол получил благодаря работам выдающегося английского химика и физика – Майкла Фарадея.

В начале XIX в. на улицах больших городов – Лондона, Петербурга, Берлина – появилось газовое освещение. В специальных фонарях горел светильный газ, получаемый из китового и трескового жира. Газ хранился в железных баллонах под давлением 30 атм. Зимой яркость свечения уменьшалась, а в баллонах образовывался жидкий конденсат. Именно из такого конденсата М. Фарадей в 1825 г. выделил 3 г углеводорода, имеющего состав C_6H_6. Девять лет спустя, то же вещество получил Э. Митчерлих путем нагревания бензойной кислоты с гидроксидом кальция.

Название нового вещества несколько раз менялось. Фарадей называл его «карбюрированный водород», а Митчерлих – бензином. Вскоре Юстус Либих переименовал его в бензол (от арабских слов ben – аромат + zoa – сок + латинское слово ol[eum] – масло). В 1837 г. с подачи Огюста Лорана появилось еще одно название – фен (от греческого phainõ – освещать), в знак того, что бензол был обнаружен в светильном газе. Это название трансформировалось в название радикала фенил –C_6H_5.

В 40-60-х гг. XIX в. было обнаружено, что множество природных соединений содержало шестичленный бензольный цикл. Многие из этих веществ об-

ладали приятным запахом, поэтому по предложению Кеккуле (1860 г.) такие вещества объединили в одну группу под общим названием ароматические соединения. Это не совсем химическое название прижилось; бензол и его гомологи стали называть ароматическими углеводородами.

Учитель просит учащихся проанализировать состав (формулу) бензола. Относится ли это вещество к углеводородам? Предельным или непредельным? По соотношению числа атомов углерода и водорода в молекуле учащиеся выдвигают гипотезу, что бензол – непредельный углеводород.

Учитель проводит демонстрационный эксперимент. В пробирку наливают 1-2 мл органического растворителя «Сольвент» (приобретается в хозяйственном магазине, содержит в составе ароматические углеводороды). Учащимся можно «слукавить», что это бензол. Затем добавляют равный объем иодной воды, закрывают пробирку пробкой и энергично встряхивают. Через непродолжительное время содержимое пробирки расслаивается на обесцвеченный водный слой (снизу) и окрашенный экстрагированным иодом органический слой. Обращают внимание учащихся, что бензол легче воды, растворяет неполярные вещества и не присоединяет в этих условиях галогены.

Изучение химических свойств бензола привело к удивительным для химиков результатам: вещество не обладало склонностью к реакциям присоединения, то есть не напоминало алкены, а по характерным для него реакциям замещения походило скорее на алканы. Началась увлекательная история установления структурной формулы бензола.

Впервые наличие цикла в бензоле предположил в 1861 г. австрийский ученый Иоганн Лошмидт. В 1865 г. немецкий химик-органик Фридрих Август Кекуле предложил свою знаменитую формулу бензола с чередующимися двойными и одинарными связями в шестичленном цикле.

или

или

Однако опыт демонстрирует отсутствие в молекуле бензола двойных связей. Каково же истинное строение его молекулы? На базовом уровне учителю приходится ограничиться простейшим объяснением: шесть атомов углерода «побратски» поделили между собой три двойные связи. Между атомами углерода возникла особая ароматическая или полуторная связь, что и отражают следующая формула:

При изучении гомологического ряда **аренов** учитель приводит формулу второго гомолога – толуола; изомерные ксилолы по усмотрению учителя лишь упоминаются. Вводить термины *орто*-, *мета*- и *пара*- в одночасовом курсе не рекомендуется.

При написании уравнений реакций с участием бензола можно записывать молекулярную формулу углеводорода, однако в уравнении реакции нитрования или бромирования толуола используют структурную формулу углеводорода и продукта реакции. В учебнике структурные формулы аренов даны с указанием атомов водорода. При записи в тетради или на доске их можно опустить, однако учитель несколько раз напоминает учащимся, что такая условная запись предполагает наличие атомов углерода в вершинах шестиугольника и необходимого для четырехвалентного состояния углерода количества атомов водорода.

§8 Природный газ

Цель урока: на основе межпредметных связей с географией, экономикой и международных отношений, изучить состав, области применения компонентов природного газа, его роль в экономике РФ и сфере международного сотрудничества.

Материал, посвященный природным источникам углеводородов, является достаточно важным для учащихся базового уровня, именно поэтому данная тема рассматривается в трех параграфах. Целесообразно связать изучение состава и областей использования природного газа, нефти, каменного угля с проблемами экономики, промышленного производства, внешней политики государства. Рекомендуется проведение интегрированных уроков совместно с учителями таких предметов, как экономическая география, обществознание, экология, экономика. Тема «Природные источники углеводородов» благодатна для подготовки межпредметных проектов, работ поискового и учебно-исследовательского характера.

Учитель может начать урок, посвященный природному газу, с небольшого исторического вступления.

Если присмотреться к поверхности заросшего пруда, болота или другого водоема, можно заметить, как на поверхность поднимаются пузырьки газа. С давних пор люди называли его «болотным газом». И только в 1785 г. французский химик Клод Луи Бертолле (открывший бертоллетову соль) установил, что в состав болотного газа входят два элемента – углерод и водород. Впоследствии было выяснено, что в этом соединении на один атом углерода приходится четыре атома водорода, молекулярная формула вещества CH_4*. Болотный газ получил название метан. Откуда берется этот газ в природе? Незримо для человека работает природная лаборатория микроорганизмов. Особые бактерии без доступа воздуха разлагают клетчатку отмерших растений. Этот процесс играет огромную роль в круговороте углерода в природе.*

Природный газ — важнейший источник газообразных углеводородов, в первую очередь предельных. Учитель показывает приоритет нашей страны по запасам добыче и транспортировке природного газа, используя для этого географические карты и видеофрагменты. В ходе беседы выясняется, какую роль играют углеводороды в межгосударственных отношениях (процессы интеграции и вооруженные конфликты), раскрываются преимущества природного газа перед другими видами топлива.

В России находится почти 40 % мировых запасов природного газа. Уникальные месторождения расположены на севере в Ямало-Ненецком автономном округе, а также на шельфах арктических морей. Всего в России более двенадцати нефтегазоносных регионов, занимающих более половины территории страны. Запасы газа значительно больше, чем нефти. На сегодняшний день добыто только около 5% мировых запасов голубого топлива. Учитель приводит данные по добыче природного газа в Российской Федерации (табл. 1) и обращает внимание на положительную динамику в последние 4 года (https://minenergo.gov.ru/node/1215).

Таблица 1.

Добыча природного газа в Российской Федерации

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Добыча газа, млрд $м^3$	51	71	55	68	42	36	40	91	25

Большими запасами природного газа, помимо России, обладают Иран, страны Персидского залива, США, Канада, Норвегия. Страны Европы, напротив, являются крупнейшими потребителями «голубого топлива», не имея собственных крупных месторождений природного газа (кроме Нормвегии).

В классах социально-экономического профиля нельзя не упомянуть международное сотрудничество в сфере поставки и транспортировки газа. Редкая

информационная программа обходится без упоминания строительства магистрального газопровода «Северный поток-2» длиной свыше 1200 км. Газопровод соединяет двумя нитками труб Россию и Германию, пролегая по территории еще трех государств: Швеции, Финляндии и Дании (рис. 1). Ребятам известно, что данный проект, прямо или косвенно затрагивающий интересы широкого круга стран и компаний, вызвал в 2018-2019 годах бурную дискуссию в политических и экономических кругах, а также в СМИ. За скорейший ввод в эксплуатацию газопровода выступают страны, заинтересованные в гарантированных поставках дешевого российского газа, всячески препятствуют реализации проекта третьи страны, теряющие дивиденды от снижения транспортировки топлива по их территории или продажи собственного газа в европейские страны.

Рис. 1. Схема расположения газопровода «Северный поток-2»

Однако помимо политических проблем строительство «Северного потока-2» напрямую связано с достижениями современной химии. Металлургические и трубопрокатные компании получили заказ на изготовление 200 тыс. толстостенных металлических труб (до 40 мм) диаметром 1150 мм и длиной по 12 м каждая. Перед укладкой каждая труба проходит антикоррозийную обработку новейшими полимерными материалами, включающими полиэтилен и эпоксидные смолы. Для утяжеления (чтобы подводная часть трубопровода не всплыла) трубы покрывают слоем железобетона, в результате их масса увеличивается вдвое. Скорость работы трубоукладчика просто поражает: около 3 км труб в сутки! А ведь каждые из 12-тиметровых «соломинок» нужно друг с другом сварить, проверить качество шва, затянуть его в изолирующий манжет и погрузить растущую нитку на дно моря.

Немаловажен и экологический аспект проекта «Северный поток-2». Малейшее повреждение трубопровода способно привести к разрушению хрупкой экосистемы Балтийского моря, что используется в качестве весомого аргумента противниками строительства. Вот почему серьезные научные исследования и громадные деньги направлены на обеспечение надежности трубопровода в случае природных катастроф (землетрясения, извержения вулканов, сходы лавин), техногенных аварий, террористических атак, коррозионных процессов.

В аналогичном плане учащиеся могут подготовить сообщение и о «Турецком потоке» (две ветки трубопроводов).

§9 Нефть и способы её переработки

Цели урока: рассмотреть состав, свойства, важнейшие месторождения, основные направления транспортировки и переработки нефти, а также области использования нефтепродуктов; сформировать представление о международном сотрудничестве в нефтяной сфере.

Вступлением к уроку в классах гуманитарного направления может служить следующая информация.

Давным-давно, около 200 миллионов лет назад в толще Земли образовались залежи нефти. Ее происхождение – одна из сокровенных тайн природы. Некоторые видные ученые, в числе которых был Д.И. Менделеев, придерживались неорганической теории происхождения нефти. Другие считали, что «черное золото» Земли представляет собой продукты разложения живых организмов. Современная наука имеет веские доказательства того, что в доисторические времена микроскопические морские растения и животные оказались погребенными под толщей осадочных пород, образовавшихся на дне морей. Там органические вещества в отсутствии кислорода воздуха подвергались воздействию высоких температур и давления, что привело к их разложению и образованию нефти и газа.

Нефть известна с глубокой древности. В Персии языческие жрецы добывали ее из колодцев для священного огня. Места, где добывалась нефть, тщательно охранялись от посторонних и назывались nephtai или nephtoi, откуда, как полагают, и произошло персидское слово нефть.

Осуществляя межпредметную связь химии с географией, учитель приводит интересный факт. Нефть принято называть черным золотом. Однако она бывает не только черной, но и почти бесцветной. Большие запасы такой нефти обнаружены по притоку Оби – реке Васюган. Учащиеся отыскивают реки на карте, указывают регион России, по которому протекает Васюган (Томская область), (рис. 2). Здесь из буровых скважин поднимается бесцветная жидкость, состоящая из смеси углеводородов с очень незначительным содержанием смолистых примесей, придающих ей бурую окраску. Химики установили, что из белой нефти можно просто и дешево получать высококачественный каучук, различные спирты, ароматические углеводороды и многие другие продукты.

Рис. 2. Река Васюган – левый приток Оби

В классах социально-экономического профиля учитель акцентирует внимание на приоритете нашей страны по запасам, добыче и транспортировке нефти, используя для этого географические карты и видеофрагменты. В ходе беседы выясняется, какую роль играют углеводороды в межгосударственных отношениях (процессы интеграции и вооруженные конфликты). Вопросы добычи и транспортировка нефти учитель тесно увязывает с экологическими проблемами.

Доля нефтегазовых доходов в структуре ВВП России не столь велика, как принято считать – от 9 до 11% (в разные годы). А вот в бюджете страны доля до-

ходов от добычи, транспортировки и продажи нефти и газа составляет более 40% (по данным Росстата https://www.gks.ru/). В настоящее время в нефтяной отрасли работает примерно 1,5 млн. человек — 1% всего населения страны.

Стоимость нефти испытывает ежедневные колебания: то растет, то падает. Например, 28 ноября 2001 г. один баррель российской нефти марки Urals стоил $17,85, а 10 апреля 2008 г - $110,87.

Сведения о запасах нефти и периода из исчерпания значительно рознятся. Ряд специалистов считают, что, из недр Земли добыто 16% от ее потенциала, еще 17% разведано (около 15 млрд. т). А около 57% - перспективные, то есть еще не открытые месторождения нефти. Наверное, существуют и точные цифры, но они составляют государственную тайну. Нефтяные компании имеют в своем распоряжении порядка 14 млрд. т запасов нефти, примерно 14% от мирового объема. Полагают, что при нынешних темпах добычи и потребления нефти этих запасов хватит на 50 лет (табл. 2). Но разведка новых месторождений продолжается, уже отработанные месторождения через некоторое время снова начинают давать достаточно много черного золота. Оптимисты считают, что при рациональной эксплуатации месторождений, открытии новых и полном использовании уже разработанных обеспечить нефтью можно будет пять грядущих поколений. Кроме того, необходимо увеличивать так называемый коэффициент извлечения нефти. В настоящее время экономически наиболее выгодно извлекать только первые 28% нефти месторождения, а эту величину нужно доводить по крайней мере до 50%.

Таблица 2

Добыча нефти в Российской федерации

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Добыча нефти, млн т	505	511	519	523	527	534	548	547	556

Как ни странно, экономически более выгодно экспортировать нефть за рубеж танкерами, а не по трубопроводам. В этом случае возможно продавать

сырье по ценам, устанавливаемым на рынке на конкретный день или даже время суток.

В физмат классах экологические вопросы сопровождаются несложными математическими расчетами или упоминанием физических явлений.

Как известно, нефть практически не растворима в воде. Учитель демонстрирует простой опыт. В чашку Петри наливают небольшое количество воды, а затем с помощью пипетки добавляют одну каплю нефти. Она растекается тонкой маслянистой пленкой по всей поверхности воды. Один литр нефти образует нефтяную пленку площадью с футбольное поле! Толщина такой пленки сравнима с длиной волны видимого излучения, поэтому в результате преломления света нефтяное пятно переливается всеми цветами радуги.

Учитель дает исходные данные для расчета толщины описанной нефтяной пленки. По рекомендации FIFA длина футбольного поля 105 м, ширина 68 м. Учащиеся рассчитывают площадь поля: 7140 м^2. Для определения толщины пленки необходимо объем нефти (1 л или $1 \cdot 10^{-3}$ м^3) разделить на площадь поля. Получается $1{,}4 \cdot 10^{-7}$ или 140 нм. Диапазон длин волн видимого излучения 400-780 нм.

Еще один пример «эколого-математических» расчетов.

20 апреля 2010 г. на буровой платформе Deepwater Horizon компании British Petroleum в Мексиканском заливе в 65 км от побережья США произошла катастрофа. В результате аварии в океан ежедневно попадало примерно 12 тысяч тонн нефти. Учитывая, что предельно допустимая норма загрязнения воды нефтепродуктами составляет 0,005 мг/л, учитель предлагает учащимся рассчитать, какой объем воды ежедневно загрязнялся в результате аварии. Получится огромное число – 2400 км^3. Приведенные вычисления позволят ребятам потренироваться в оперировании большими величинами, числами, представленными в стандартном виде, переводом одних единиц измерения в другие, что важно для учащихся физико-математического профиля.

Основная часть урока посвящается вопросу переработки нефти. Рассматриваются процессы **фракционной перегонки (ректификации)** и вторичной переработки — **крекинг** и **риформинг**.

Учитель обращает внимание учащихся на тот факт, что нефть не имеет постоянной температуры кипения, так как представляет собой смесь различных веществ. Каждое из них сохраняет в нефти свои индивидуальные свойства, что и позволяет разделить ее на отдельные вещества или группы сходных веществ. Для этого нефть очищают от механических примесей и содержащих серу соединений, а затем подвергают перегонке или ректификации, в основе которой лежат различные температуры кипения и различные плотности, индивидуальные для каждого компонента нефти: бензина, лигроина, керосина, газойля и др.

При объяснении материала следует отметить, что с уменьшением давления температура кипения жидкостей понижается. Поскольку **мазут** (остаток после перегонки нефти при атмосферном давлении) составляют высококипящие органические вещества, их ректификация потребовала бы создания высоких температур. Во-первых, это дорого, во-вторых, многие соединения разлагаются при таком воздействии. Поэтому ректификацию мазута проводят в вакууме, получая при этом целый спектр смазочных материалов, называемых минеральными маслами.

Остаток после перегонки мазута — **гудрон** — используется для получения битума и асфальта, применяемых в дорожном строительстве.

При переходе от рассмотрения процесса ректификации к вторичной переработке нефтепродуктов, учитель отмечает, что самая ценная фракция, получаемая при ректификации нефти, – бензин. Однако из тонны сырой нефти прямой перегонкой можно получить не более 200 кг этого ценного топлива. Поэтому часть нефтяных фракций, например, лигроин и керосин, отправляют на дальнейшую переработку, в результате которой получают дополнительное количество бензина, а также другие важные продукты.

Вторичная переработка нефтепродуктов, в отличие от ректификации, уже сопровождается протеканием химических реакций. При крекинге происходит распад молекулы углеводорода на «осколки» с меньшей молекулярной массой. Риформинг сопровождается реакциями дегидратации, изомеризации и циклизации (ароматизации) углеводородов.

В учебнике дается представление об **октановом числе бензина**. Понимание его значения является не столько химическим, сколько общекультурным знанием. Для учащихся непрофильного класса, которые планируют дальнейшее обучение в техническом вузе (физико-математический профиль), небезынтересно будет узнать и об аналоге октанового числа для дизельного топлива — **цетановом числе**. Эталонными углеводородами для определения цетанового числа являются гекадекан (цетан $C_{16}H_{34}$), воспламеняемость которого принята за 100 единиц, и α-метилнафталин ($C_{11}H_{10}$), воспламеняемость которого принята за 0. Например, если цетановое число равно 45, то самовоспламеняемость дизельного топлива равноценна смеси, состоящей из 45 % цетана и 55 % α-метилнафталина.

§10 Каменный уголь и его переработка

Цель урока: рассмотреть вопросы происхождения, добычи и переработки каменного угля на основе реализации межпредметных связей с биологией и географией.

Для учащихся-гуманитариев небезынтересен вопрос происхождения этого полезного ископаемого.

Давным-давно, около 300-350 млн лет назад, в период палеозоя на планете Земля образовались пласты ценного полезного ископаемого – каменного угля. Он образовался при разложении остатков древовидных папоротников, хвощей, плаунов и первых голосемянных растений.

Однако каменный уголь образовывался не повсеместно, для его формирования должно соблюдаться важное условие: гниющий растительный материал

должен накапливаться быстрее, чем происходило его разложение до углекислого газа и водяных паров. Вот почему каменный уголь образовывался в основном на древних торфяных болотах, где гигантские растения быстро росли и отмирали, а доступ кислорода был сильно ограничен слоем воды. Собственного, «исходным материалом» для образования каменного угля являлся торф, но процесс происходил только в том случае, когда торфяные слои спрессовывались под слоем осадочных пород высотой от 3 км, теряя при этом влагу и газообразные вещества.

Однако это не означает, что каменный уголь залегает так глубоко. Со временем в результате тектонических процессов часть месторождений поднималось к поверхности. Если уголь залегает не глубже 100 м, то его добыча ведется так называемым открытым способом. Верхний слой грунта снимают, обнажившиеся пласты сразу готовы к транспортировке. При более глубоком залегании каменный уголь добывают шахтным способом. Самые глубокие шахты в России уходят в толщу земли до 1 200 м.

С целью установления межпредметных связей с географией учитель демонстрирует на карте расположение крупнейших угольных месторождений в России (рис. 3). Более 90% всех запасов угля сосредоточено в восточной части страны, в Сибири.

Рис. 3. Месторождения каменного угля в России

Кузнецкое месторождение, иначе **Кузбасс**, – самый крупный угольный бассейн в России, и крупнейший в мире. Он расположен в Западной Сибири в неглубокой межгорной котловине. Крупная часть бассейна принадлежит землям Кемеровской области. Значительным минусом является географическая удаленность от основных потребителей топлива – Камчатки, Сахалина, центральных регионов страны. Здесь добывается 56% каменного и около 80% коксующегося угля, приблизительно 200 млн тонн в год. Уголь здесь добывают открытым способом.

Канско-Ачинский угольный бассейн раскинулся вдоль Транссибирской магистрали по территории Красноярского края, Кемеровской и Иркутской области. В этом бассейне сосредоточено 12% всего российского бурого угля. Общие его запасы оцениваются в 630 млрд тонн. Нужно отметить, что здешний уголь является самым дешевым в связи с его добычей открытым способом, имеет низкие затраты на транспортировку, используется для обеспечения энергией местных предприятий.

Южно-Якутский угольный бассейн (Тунгусское месторождение) - одно из самых крупных и перспективных в России, занимает территории Якутии, Красноярского края и Иркутской области. По площади это больше половины Восточной Сибири. Здешние запасы угля составляют около 2345 млрд тонн. Здесь залегают каменный и бурый уголь, но малое количество антрацитов. За год в Тунгусском угольном бассейне подземным способом добывается около 35,3 млн тонн.

Печорский бассейн находится на западном склоне кряжа Пай-Хой, является частью Ненецкого автономного округа и Республики Коми. Основные месторождения – Воркутинское, Воргашорское, Интинское. Залежи большей частью представлены коксующимся углем высокого качества, обусловленного добычей исключительно шахтным способом. В год добывается 12,6 млн тонн угля,

что составляет 4% от общего объема. Потребители печорского твердого топлива – предприятия северо-европейской части России, в частности Череповецкий металлургический завод.

Элегестское местрождение (Республика Тыва) обладает запасами около 20 млрд т. Большая часть запасов находится в одном-единственном пласте толщиной всего 6,4 м. Источник: https://greenologia.ru/eko-problemy/dobycha-uglya/mestorozhdeniya-uglya-v-rossii.html

Традиционно приводим данные по добыче каменного угля в Российской Федерации (табл. 3). Их предназначение – переведение учащимися табличного формата представления данных в диаграммы и графики. Это задание учащиеся выполняют самостоятельно дома.

Таблица 3

Добыча каменного угля в Российской федерации

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Добыча угля, млн т	223	327	354	352	358	373	385	411	439

Следует отметить, что Россия не входит в пятерку лидеров по добыче каменного угля, занимая 6 место в мире и уступая таким странам, как Китай, США, Индия, Австралия и Индонезия. На долю нашей страны приходится немногим больше 5% мировой добычи, а безусловный лидер с большим отрывом – Китай, добывающий угля в 10 раз больше, чем наша страна.

Материал данного урока не столь насыщен новой химической информацией и терминологией, поэтому у учителя появляется возможность напомнить учащимся один из типов расчетных задач – расчет по термохимическим уравнениям. Данная разновидность задач логично вписывается в тему природных источников углеводородов, поскольку они являются на сегодняшний день основным видом топлива.

Расчет количества теплоты, выделяющейся или поглощающейся в ходе реакции, также проводят с использованием понятия количество вещества.

По термохимическому уравнению реакции горения углерода

$$C + O_2 = CO_2 + 410\ кДж$$

вычислите количество теплоты, которое выделяется при сгорании 30 т каменного угля, содержащего 80% углерода (остальное – негорючие примеси).

Дано:

m(угля) = 30 т
w(C) = 80%
Q = 410 кДж/моль

Q’ - ?

Решение

$24 \cdot 10^3$ кг x МДж

$\underline{C} + O_2 = CO_2 + 410$ МДж/кмоль

1 кмоль

12 кг/кмоль

1. Переведем тепловой эффект реакции в более крупные единицы измерения, умножив в 1 000 раз. 410 кДж/моль равнозначно 410 МДж/кмоль.

2. Вычислим массу углерода в каменном угле.

$$m(C) = \frac{m(угля) \cdot 80\%}{100\%} = \frac{30\ 000\ кг \cdot 80\%}{100\%} = 24\ 000\ кг$$

3. Рассчитаем количество вещества углерода, взятого в реакцию:

$$n(C) = \frac{m(C)}{M(C)} = \frac{24\ 000\ кг}{12\ кг/кмоль} = 2\ 000\ кмоль$$

4. Поскольку при сгорании 1 кмоль угля выделяется 410 МДж теплоты, то при сгорании 2 000 кмоль выделится:

$$Q' = n(C) \cdot Q = 2\ 000\ кмоль \cdot 410\ МДж/кмоль = 820\ 000\ МДж$$

Ответ: 820 000 МДж или $8{,}20 \cdot 10^4$ МДж

Глава III. Кислород- и азотсодержащие органические соединения

§11 Одноатомные спирты

Цель урока: рассмотреть гомологический ряд алканолов на примере состава, строения, свойств и применения метанола и этанола, познакомить учащихся со способами получения этих спиртов и их физиологическими свойствами.

Как вы помните, начало урока, посвященного рассмотрению какого-либо класса органических соединений, мы рекомендуем начать с практико-ориентированного вступления, отвечающего на виртуальный вопрос учащегося непрофильного класса «Для чего мне это нужно знать»? Самым логичным прологом урока, посвященного спиртам – проблема употребления алкогольных напитков. Однако данная тема настолько тонкая, что мы рекомендуем на первых минутах объяснения нового материала только коснуться этого вопроса, и вновь вернуться к нему в заключение урока. При этом учителю следует говорить на эту злободневную тему аккуратно, без менторского тона и назидательности, чтобы не прийти к противоположному результату.

Приготавливать спиртные напитки люди умели еще за 4 тысячи лет до нашей эры. Их действующее начало – этиловый (или винный) спирт - получался брожением сахаристых веществ. В виноградном соке содержится глюкоза (виноградный сахар) $C_6H_{12}O_6$, придающая ягодам сладкий вкус. Под действием микроорганизмов происходит процесс, называемый брожением:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2\uparrow$$

Слово алкоголь впервые применил для названия этилового спирта средневековый врач и естествоиспытатель Парацельс. Это слово происходит от арабского al-kohol, что означает одурманивающий. В XIX в. этим термином стали называть все аналоги этанола. Синтетическим путем этанол впервые

получил в 1828 г. М. Фарадей, использовав взаимодействие этилена с водой в присутствии серной кислоты.

Употребление спиртных напитков нашими давними предками преследовало несколько иные цели, нежели теперь. В средние века разбавленное водой вино или пиво были источниками энергии, дополняли калориями скудный рацион простолюдинов. Однако сопутствующий эффект от чрезмерного потребления —состояние эйфории, веселья, ухода от действительности постепенно превратил алкоголь для слабовольных людей в атрибут повседневной жизни.

Каждый человек сам создает свою судьбу, свое будущее. И те 45–50 тысяч человек, которые каждый год умирают в России от алкоголизма, не раз слышали о вреде алкоголя. Но, к сожалению, часто кажется, что «это не про меня», «я-то знаю свою норму». Вы уже достаточно взрослые люди, чтобы уметь оценивать свои жизненные приоритеты, поэтому вернемся к химии, к реакции получения этилового спирта, предложенной Майклом Фарадеем.

Учитель приводит уравнение реакции гидратации этилена, известное учащимся по теме «Алкены»:

$CH_2{=}CH_2 + HOH \rightarrow CH_3{-}CH_2{-}OH$

Учащимся предлагается свернуть углеводородную часть формулы получившегося соединения – C_2H_5-. Что представляет собой данная частица? Учащиеся вспоминают, что это молекула этана, потерявшая атом водорода и получившая в результате этого свободную валентность, то есть радикал этил.

Затем учитель обращает внимание учащихся на вторую часть молекулы - гидроксильную группу –ОН, подчеркивает, что она определяет принадлежность данного соединения к классу спиртов — вводит понятие **функциональная группа**. Дает название полученного продукта — *этиловый спирт*. Для закрепления рассмотренных понятий учитель предлагает записать формулу *метилового спирта*.

В материале параграфа вводится понятие **атомности спиртов**. Авторам не раз приходилось слышать на уроках различное ударение в слове «одноатом-

ный». Однако правила русского языка допускают единственно правильный вариант — ударение на букве «а» — одноАтомный спирт. Бывают ли спирты двухатомные, трехатомные, … пятнадцатиатомные? Учитель обещает ответить на этот вопрос на следующем уроке.

Учитель кратко характеризует физические этилового спирта, сопровождая рассказ демонстрацией растворимости вещества в воде, его растворяющей способности, летучести, горения.

Затем учитель знакомит учащихся с гомологическим рядом предельных одноатомных спиртов — **алканолов**. Обратите внимание учащихся на то, что уже первые спирты гомологического ряда являются жидкостями, хотя имеют невысокие значения относительных молекулярных масс. Одна из главных причин – образование **межмолекулярной водородной связи**. Итогом знакомства с этим типом межмолекулярного взаимодействия могут служить практически значимые выводы о том, что:

1) низкомолекулярные полярные молекулы могут быть ассоциированы в жидкости (вода, спирты);

2) некоторые вещества, склонные к образованию межмолекулярных водородных связей (аммиак, фтороводород), легко переходят из газообразного состояния в жидкое и поэтому могут использоваться в качестве хладоагентов (аммиак);

3) за счет межмолекулярных водородных связей некоторые полярные молекулы могут неограниченно растворяться в полярных жидкостях (например, вода, спирты).

Родоначальником гомологического ряда спиртов является метанол.

Впервые метиловый спирт был получен при сухой перегонке древесины (нагревание без доступа воздуха с конденсацией образующихся газообразных веществ). В 1834 г. французский химик Жан Батист Дюма установил формулу древесного спирта (тривиальное название этого вещества), а 25 лет спустя его соотечественник Марселен Бертло получил метанол синтетическим путем.

У метанола и второго гомолога — этанола — изомеров нет (имеется в виду в гомологическом ряду спиртов). Изомерия алканолов начинается с третьего представителя гомологического ряда. Если позволит время, ребята записывают две формулы изомерных пропанолов и усваивают, как строятся их названия. Учитель подчеркивает, что в спиртах впервые встретился новый тип изомерии – **изомерия положения функциональной группы**.

Кроме этого, некоторые учащиеся, очевидно, вспомнят изученный на первых уроках еще один вид изомерии — **межклассовую изомерию** с простыми эфирами (на примере диметилового эфира и этанола).

Учителю останется лишь напомнить, что для спиртов, как и для любого другого класса органических соединений, характерна **изомерия углеродного скелета**.

Для того, чтобы показать особое положение водородного атома, связанного в гидроксиле с радикалом в молекулу спирта, учитель разбирает реакцию спиртов с металлическим натрием и демонстрирует ее. Из практически значимых реакций рассматриваются два вида реакций дегидратации: внутримолекулярная (уже знакомая учащимся реакция лабораторного получения этилена) и межмолекулярная (приводящая к образованию простых эфиров).

Кроме реакций дегидратации, учитель объясняет и демонстрирует реакцию окисления спирта в соответствующий альдегид, а также реакцию этерификации.

На пламени спиртовки прокаливают свернутую в спираль медную проволоку до появления черного налета оксида меди(II) и вносят ее в пробирку с этиловым спиртом. Обратите внимание учащихся на то, что проволока возвращает себе блестящий красный цвет. Повторяют операцию 6-8 раз и предлагают нескольким учащимся понюхать содержимое пробирки. Есть надежда, что некоторые из них почувствуют характерный запах уксусного альдегида, похожий на запах яблок.

Если данный лабораторный опыт выполняют сами учащиеся, следует тщательно следить за тем, чтобы случайный пролив спирта не привел к его возгоранию. Пробирку со спиртом рекомендуется поставить в штатив или закрепить в лапке, а не держать в руке, поскольку от неожиданности при вскипании и шипении жидкости ее можно выронить. Следует помнить, что для появления запаха уксусного альдегида опыт необходимо повторить 6-8 раз, но даже в этом случае запах спирта доминирует.

Для получения сложного эфира наливают в пробирку 2 мл изоамилового спирта, 2 мл уксусной кислоты и 0,5 мл концентрированной серной кислоты. Пробирку нагревают на пламени спиртовки или кипящей водяной бане в течение нескольких минут. Затем выливают содержимое пробирки в химический стакан с холодной водой. При этом на поверхности воды заметны маслянистые капли нерастворимого в воде изоамилового эфира уксусной кислоты с характерным запахом грушевой эссенции.

Сравнение свойств метилового и этилового спиртов позволяет еще раз проиллюстрировать всеобщий закон перехода количества в новое качество. Увеличение числа атомов углерода в радикале спирта определяет разное их действие на организм. Если этиловый спирт с точки зрения токсикологии малотоксичен, то метанол относится к высокотоксичным органическим веществам. Он является нервно-сосудистым токсикантом, его доза в пятьдесят грамм смертельная для человека. Но даже меньшие количества этого спирта поражают зрительный нерв и сетчатку глаза, наступает потеря зрения. В промышленности метиловый спирт служит сырьем для получения формальдегида, используется в производстве синтетических волокон (лавсан), является прекрасным растворителем.

Затем рекомендуется сделать плавный переход от чрезвычайной токсичности метилового спирта вновь к разрушительному действию на организм человека спирта этилового.

Переход этот можно осуществить через демонстрационный опыт, как бы иллюстрирующий химические свойства этилового спирта. В пробирку с 3 мл

водного раствора куриного белка добавляют 2-3 капли этилового спирта. Наблюдают свертывание (денатурацию) белка. Примерно так, говорит учитель, реагируют на попадание алкоголя в организм человека белки, отвечающие за иммунитет, а также ферменты (катализаторы белковой природы), без которых невозможно протекание большинства биохимических процессов.

Этиловый спирт — основа ликероводочного производства. Для пищевых целей используют спирт, полученный не синтетическим путем, а брожением сахаристых веществ. Мы поднимаем бокалы за здоровье, однако многие потребляют гораздо больше спиртного, чем это допустимо с медицинской точки зрения. Согласно последним данным, 40 г чистого алкоголя – это доза, которую не следует превышать даже взрослому здоровому мужчине. Женщинам следует ограничиваться 20 граммами.

При злоупотреблении алкоголем более других органов страдает печень, так как именно она отвечает за расщепление этанола. Спиртным вызвано более половины случаев воспаления поджелудочной железы (панкреатит). Спирт раздражает слизистую желудка и способен повредить ее. Постоянное употребление алкоголя ведет к нарушениям обмена в организме почти всех витаминов и тем самым к их дефициту и ослаблению иммунитета.

Этиловый спирт является наркотиком. Он дополнительно возбуждает систему мозгового ствола, отвечающую за наше самочувствие и эмоции. Наступает привыкание, и человек все чаще и чаще нуждается в стимуляции этой системы извне, тем самым еще сильнее повреждая ее. Получается замкнутый круг. Полагая, что он контролирует ситуацию, пьющий человек подвергает риску свое здоровье, психику, наследственность и даже социальное положение.

§12 Многоатомные спирты

Цель урока: рассмотреть двухатомные спирты на примере этиленгликоля, а трёхатомные — на примере глицерина, их состав, строение свойства, при-

менение и биологическую роль, а также качественную реакцию на многоатомные спирты.

Прологом урока может стать история открытия глицерина. Это вещество в 1779 г. открыл знаменитый шведский химик Карл Шееле. Однажды он изготавливал мазь, нагревая оливковое масло с кислотой. Мазь оказалась сладкой на вкус. Шееле повторил опыт и выделил желтоватую вязкую жидкость, которую назвал «масляный сахар» – глицерин (от греческого глюкос – сладкий). Кстати, учитель может обыграть эпизод нарушения Шееле правил обращения с химическими веществами. Их категорически запрещается пробовать на вкус!

Объяснение нового материала учитель начинает с актуализации термина «одноатомный спирт». В качестве примера двухатомного спирта предлагает записать формулу **этиленгликоля** (этандиола-1,2), конструируя ее на доске по следующему алгоритму.

Каждую группу OH– соотносят со «своим» углеродным атомом, следовательно, основу формулы изображают так:

```
C — C
|   |
OH  OH
```

Недостающие до четырех валентности атомов углерода дополняются водородными атомами:

```
CH2 — CH2
|     |
OH    OH
```

Структурную формулу трехатомного спирта глицерина учащиеся записывают самостоятельно.

При характеристике химических свойств соединений данного класса учитель демонстрирует качественную реакцию на многоатомные спирты без приведения уравнения реакции. К 4 мл раствора щелочи в демонстрационной пробирке приливают несколько капель раствора сульфата меди(II). Учащиеся наблюдают выпадение геля гидроксида меди(II). К полученному осадку приливаются по

каплям глицерин и смесь взбалтывают. Происходит растворение осадка и образование ярко–синего раствора глицерата меди(II). Для проведения опыта подходит и водный раствор глицерина. Имейте в виду, что щелочь должна браться в большом избытке.

Учитель расширяет и углубляет понятие реакций этерификации, введенное на предыдущем уроке. К таким реакциям относится взаимодействие с кислотами как одноосновными, так и многоосновными. Кроме того, используемая кислота может быть как органической, так и неорганической. В качестве примера рассматривается реакция нитрования глицерина.

Многоатомные спирты способны образовывать сложные эфиры по всем гидроксильным группам. В 1846 г. итальянский химик Асканьо Собреро нагрел глицерин со смесью серной и азотной кислот. Полученный продукт при попытке выделения взорвался с огромной силой. Так был открыт сложный эфир глицерина и азотной кислоты – ***тринитрат глицерина (нитроглицерин).***

$$\begin{array}{l} CH_2—OH \\ | \\ CH—OH \\ | \\ CH_2—OH \end{array} + 3HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} \begin{array}{l} CH_2—O—NO_2 \\ | \\ CH—O—NO_2 \\ | \\ CH_2—O—NO_2 \end{array} + 3\,H_2O$$

тринитрат глицерина

Естественно, новое вещество пробовали применять в военных целях. Однако новая взрывчатка часто взрывалась раньше, чем это требовалось: при транспортировке, от сотрясения и удара. Решение проблемы предложил знаменитый шведский инженер-химик, изобретатель и промышленник Альфред Нобель. Немногие знают, что значительную часть жизни Нобель прожил в России. Именно здесь он работал директором завода по производству нитроглицерина. Частые несчастные случаи на заводе побудили Нобеля к поиску методов безопасного обращения с этим веществом. В 1866 г. после многочисленных экспериментов ученый обнаружил, что пропитанная нитроглицерином ***инфузорная земля (кизельгур)*** *безопасна при хранении и транспортировке, но со-*

храняет свои взрывчатые свойства. Так был изобретен ***динамит****. Человечество с благодарностью вспоминает о Нобеле не только как основателе знаменитой премии, но и изобретателе динамита. Его разрушительная сила используется во благо — при прокладке туннелей, поиске и добыче полезных ископаемых, в строительстве.*

В отличие от этиленгликоля, глицерин не токсичен. Его даже добавляют в напитки для придания тягучести и сладкого вкуса. В промышленности глицерин используют для производства взрывчатых веществ, полимеров, антифиризов. Свойство глицерина поглощать влагу воздуха, то есть смягчать смазанные им поверхности, широко используется для производства косметических препаратов, смазок, крема для обуви, мазей, при выделке кожи, тканей и бумаги.

§13 Фенол

Цели урока: рассмотреть состав, строение, свойства, получение и применение фенола; подтвердить положение теории строения органических веществ о взаимном влиянии атомов в молекулах на основе свойств фенола.

Урок, посвященный изучению **фенола**, можно провести с элементами проблемного обучения.

Во-первых, после вводной части, показывающей значение этого вещества и его использование для производства синтетических смол, множества современных отделочных материалов, лекарственных веществ и средств защиты растений, учитель излагает начальные факты о строении и свойствах вещества.

Молекулярная формула фенола C_6H_5OH. Какую функциональную группу содержит это вещество? С каким изученным классом веществ гидроксильная группа «роднит» фенол?

Почему же фенол рассматривается не совместно со спиртами, а обособленно? Вероятно, особенность связана с углеводородным радикалом, содержащимся в молекуле фенола – C_6H_5. Может ли радикал C_6H_5 быть остатком предельного углеводорода? Нет, поскольку атомов водорода в нем малова-

то. Значит, это остаток непредельного углеводорода? Но фенол не вступает в реакцию присоединения с бромом, следовательно, не проявляет непредельного характера. Для фенола по углеводородному радикалу характерны реакции замещения, например, нитрования (с азотной кислотой). Какой класс углеводородов обладал аналогичным свойством? Верно, арены. Обратите внимание на то, что в молекуле фенола шесть атомов углерода. Сопоставляя изложенные факты, попробуйте предложить структурную формулу фенола. Оказывается, фенол можно рассматривать как производное бензола, в котором один атом водорода замещен на гидроксильную группу.

Во-вторых, в заключение объяснения нового материала, учащимся предлагается сравнить строение и свойства предельных одноатомных спиртов (на примере этилового спирта) и фенола, найти черты сходства и различия. В процессе сравнительного анализа заполняется таблица 4.

Таблица 4

Сравнение строения и свойств этилового спирта и фенола

Признак сравнения	Черты сходства	Черты различия
Строение молекулы	Содержат функциональную гидроксильную группу, связанную с углеводородным радикалом	В этаноле гидроксильная группа связана с этильным (алкильным) радикалом, в феноле – с фенильным (ароматическим)
Физические свойства	Оба вещества обладают запахом	Этанол — жидкость, фенол — твёрдое вещество. Этанол хорошо растворим в воде, фенол в холодной воде растворяется плохо.
Химические свойства гидроксильной группы	Атом водорода гидроксильной группы способен замещаться на металл (кислотные свойства)	Фенол проявляет более сильные кислотные свойства, реагирует со щелочами.

Различие в химических свойствах этанола и бензола становится третьим проблемным вопросом, решение которого учитель находит вместе с учащимися.

Формулу и этанола, и фенола можно в общем виде записать R—OH, где R — углеводородный радикал. Однако подвижность атома водорода, т.е. кислотные свойства двух соединений, различны. В феноле атом водорода может быть замещен на металл действием щелочи, а в этаноле – только действием щелочного металла. В чем причина такого различия? Очевидно, сказывается влияние на гидроксильную группу углеводородного радикала. Это не что иное, как подтверждение одного из положений теории строения А.М. Бутлерова.

Оказывает ли в свою очередь гидроксильная группа влияние не свойства бензольного кольца? Для этого надо сравнить химическое поведение углеводородного фрагмента в бензоле и феноле. В каких условиях проводят реакцию нитрования этих двух соединений? Бензол вступает во взаимодействие с концентрированной азотной кислотой только в присутствии катализатора – концентрированной серной кислоты. В случае фенола применение катализатора не требуется. Следовательно, наличие гидроксильной группы делает фенол более активным в реакциях замещения по ароматическому кольцу. Кроме того, гидроксильная группа «направляет» второй заместитель – нитрогруппу – в строго определенные положения цикла, т.е. обладает ориентирующим эффектом. Таким образом, на свойства бензольного кольца в феноле существенное влияние оказывает гидроксильная группа.

В качестве демонстрации учитель показывает растворение фенола в воде при обычной температуре и при нагревании и качественные реакции на фенол: с бромной водой и хлоридом железа(Ш).

Перед уроком готовят водную эмульсию фенола. Перед началом демонстрации встряхивают ее и разделяют эмульсию на 2 пробирки. В первую пробирку добавляют 2—3 мл воды и взбалтывают смесь. Обращают внимание учащихся на то, что фенол не полностью растворился в воде. Если же содержимое пробирки нагреть, то образует прозрачный раствор. Если его снова охладить, то

вновь возникает эмульсия. Учащиеся сами делают вывод о растворимости фенола в воде при различной температуре.

Ко второй порции эмульсии добавляют 1—2 мл раствора щелочи и смесь взбалтывают. Эмульсия растворяется с образованием прозрачного раствора.

Эмульсию фенола из первой пробирке разделяют на две пробирки, разбавляют водой. В одну пробирку добавляют бромную воду, наблюдают помутнение за счет выпадения белого осадка 2,4,6-трибромфенола. В другую пробирку добавляют 1—2 капли раствора хлорного железа. Появляется красивое фиолетово-сиреневое окрашивание.

§14 Альдегиды и кетоны

Цели урока: познакомит учащихся с такими карбонильными соединениями, как альдегиды и кетоны в плане сравнения их строения, свойств, получения и применения; практически осуществить качественную реакцию на альдегидную группу.

После «мотивационного вступления» учитель обобщает полученные учащимися ранее сведения об альдегидах – повторяются реакции Кучерова, окисления спиртов в соответствующие альдегиды. Учитель обращает внимание учащихся на то, что классы органических соединений связаны между собой родственными — генетическим связями, иллюстрируя эту мысль взаимопревращениями «спирт ↔ альдегид».

Возможно, именно на данном этапе урока следует разграничить понятия карбонильной и альдегидной функциональных групп. Рассматривается ряд структур:

Все три структуры содержат в своем составе карбонильную группу >C=O. В первой и второй структурах карбонильная группа связана, как минимум, с од-

ним атомов водорода. Название этой функциональной группы — **альдегидная**, карбонильная группа является ее составной частью. Первые два соединения относятся к классу альдегидов, второе – к классу кетонов. Первая формула отражает структуру первого представителя ряда альдегидов – формальдегида или метаналя.

Химические формулы альдегидов при изучении данного класса органических веществ рекомендуется записывать в развернутом виде, в этом случае строение альдегидного фрагмента более наглядно:

При «сворачивании» формулы альдегидную группу лучше записывать – CHO, а не –COH, т.к. при втором варианте записи альдегиды легко перепутать со спиртами.

Из многочисленных химических свойств альдегидов рассматриваются реакции восстановления, окисления (в том числе качественные реакции на альдегидную группу) и конденсации.

Исследованием альдегидов занимался выдающийся русский химик и композитор А.П. Бородин, автор знаменитой «Богатырской симфонии» и оперы «Князь Игорь». Его исследования были связаны с одним из важнейших свойств альдегидов – реакциями конденсации, в результате которых происходит соединение молекул альдегидов друг с другом, увеличение молекулярной массы соединений. Предельный случай таких реакций называется поликонденсация в результате которой получают полимерные вещества – смолы. В быту широко применяются фенолоформальдегидные и карбамидные смолы, из которых изготавливают электротехнические изделия (выключатели, розетки), материалы для отделки мебели и интерьеров, древесно-стружечные плиты, искусственный мрамор, тепло- и звуконепроницаемые пористые материалы, лаки.

Качественную реакцию на альдегидную группу — *реакцию «серебряного зеркала»* — лучше проводить с раствором глюкозы: она более доступна, чем формалин, безопасна, её раствор можно приготовить непосредственно перед экспериментом. Учащимся же сообщаем, что в пробирке находится раствор формальдегида в воде. Напоминаем, что для получения эффектного металлического зеркала пробирка должна быть очень чистой, нагревание следует вести круговыми движениями пробирки вокруг пламени (нагреваются стенки пробирки, а не дно), ни в коем случае не допускать закипания содержимого. Ещё лучше использовать водяную баню с температурой 60 —70 ºС, однако в этом случае нагревание будет более продолжительным.

§15 Карбоновые кислоты

Цели урока: рассмотреть в плане общего, особенного и единичного карбоновые кислоты, их представителей, состав их молекул, свойства, применение и получение; сравнить органические и неорганические кислоты.

Мотивационное вступление учителя предполагается более объемное, чем представлено в учебнике.

С древнейших времен люди знали, что при скисании вина образуется уксус, который использовали для придания пище кислого вкуса. Конечно, это была не единственная кислая приправа. С той же целью использовались, например, листья щавеля, стебли ревеня, сок лимона или ягоды кислицы. Конечно, никто и не думал о том, что кислый вкус во всех случаях обусловлен присутствием соединений одного класса органических веществ — карбоновых кислот. Тем не менее, относительно чистую уксусную кислоту научились получать еще в VIII в. Датой получения безводной уксусной кислоты можно считать 1789 г., когда русский химик Товий Егорович Ловиц нашел способ ее обезвоживания с помощью активированного угля. Такая кислота при охлаждении до температуры 16,5ºС кристаллизовалась в массу, очень напоминающую лед, отчего и получила название «ледяная».

Многие из вас не избежали искушения воткнуть в муравейник тонкий прутик, посмотреть на панику муравьев, а потом лизнуть прутик. Насекомые самоотверженно «прогоняли» его, выстреливая из специальных желез жидкость, содержащую кислоту. Еще в XVI в. было обнаружено, что выделяющийся из муравейников «кислый пар» изменяет синий цвет растительных красителей на красный. Неудивительно, что Джон Рей, впервые получив новую кислоту перегонкой… муравьев, назвал ее муравьиной.

Благодаря работам выдающегося шведского химика Карла Вильгельма Шееле к концу XVIII в. стало известно около десяти различных органических кислот. В 1769-1782 гг. он выделил и описал лимонную, молочную, бензойную, щавелевую и другие кислоты. Начало XIX в. ознаменовалось получением из природных источников большого числа органических кислот. Однако вплоть до 60-х годов их химическое строение все еще оставалось невыясненным.

Карбоновые кислоты и их производные — сложные эфиры, в том числе жиры — окружают нас повсюду. И образованному человеку надлежит знать, что собой представляют эти вещества.

Учитель рассматривает строение функциональной карбоксильной группы, объясняет этимологию ее названия. Первоначально рекомендуется развернутое написание структуры карбоксила:

Затем используют сокращенный вариант: –COOH.

В гомологическом ряду предельных одноосновных карбоновых кислот учащимся желательно запомнить тривиальные названия муравьиной, уксусной и стеариновой кислот. Кислоты более ложного строения проще называть по международной номенклатуре: пропановая, бутановая и т.д.

Изучение химических свойств карбоновых кислот целесообразно давать в сравнении со свойствами кислот неорганических, лучше соляной. Учащиеся вспоминают свойства соляной кислоты (взаимодействие с металлами, основны-

ми и амфотерными оксидами, основаниями (щелочами и нерастворимыми в воде), солями), записывают уравнения этих реакций, и параллельно обсуждается аналогичное свойство уксусной кислоты. Если класс достаточно сильный, молекулярные уравнения реакций дополняются ионными уравнениями, при этом формула слабой уксусной кислоты записывается в молекулярном виде. По возможности вся серия реакций выполняется учащимися в виде лабораторного эксперимента.

Учитель обращает внимание учащихся на тот факт, что атом водорода, способный замещаться на металл, в формулах неорганических кислот принято записывать на первом месте, а в органических кислотах – на последнем. Как следствие, своеобразное написание формул солей:

Na_2SO_4 — сульфат натрия

CH_3COONa — ацетат натрия.

Как повторение свойств спиртов рассматривается реакция этерификации. Подчеркивается, что взаимодействие кислот со спиртами является обратимым процессом и обратное взаимодействие сложного эфира с водой называется **гидролизом**. У учащихся должно остаться модельное представление о процессе в виде следующей схемы:

$$\text{кислота} + \text{спирт} \underset{\text{гидролиз}}{\overset{\text{этерификация}}{\rightleftharpoons}} \text{сложный эфир} + \text{вода}$$

Или же в виде формульной модели:

$$RCOOH + R_1OH \rightleftharpoons RCOOR_1 + H_2O$$

Сравнение свойств группы –OH в спиртах и карбоновых кислотах позволит закрепить представления учащихся о взаимном влиянии атомов в молекулах органических веществ.

Сожалея о том, как много интересных органических веществ и уникальных свойств остается за рамками программы, учитель перечисляет некоторые представители кислот иного типа:

- содержащуюся в ряде растений двухосновную щавелевую, кислотные свойства которой выше, чем уксусной;
- так называемые фруктовые кислоты, которые, помимо карбоксильной, содержат также гидроксильную группу – яблочная, винная, лимонная, молочная; они входят в состав многих косметических средств;
- непредельную акриловую кислоту; ее производные, подобно этилену, способны вступать в реакции полимеризации, на основе полученных полимеров производят уникальные материалы: органическое стекло, искусственный камень, тончайшие волокна;
- ароматическую бензойную кислоту, она и ее соли обладают консервирующими свойствами, на этикетке в составе большинства газированных напитков вы найдете указание на содержание консервантов Е210 (бензойная кислота) или Е211 (бензоат натрия).

В стандартном школьном наборе «Органические вещества» имеется бензойная кислота. Продемонстрируйте учащимся эффектный опыт её возгонки. На металлическом листе (можно использовать противень) «инсценируйте» фрагмент «деревенского» пейзажа: поставьте небольшую елочку или лапку ели, укрепите веточку, изображающую деревцо, можно поставить маленький домик из картона. На свободное место листа поставьте металлическую тарелочку (можно изготовить ее из пищевой алюминиевой фольги) с 1 г бензойной кислоты. «Пейзаж» накройте стеклянным колоколом, аквариумом или пятилитровой стеклянной банкой, всю конструкцию водрузите на треногу. Нагревайте тарелочку с бензойной кислотой. Если нагрев проводить достаточно интенсивно, кислота начнет плавиться. Это не страшно, но желательно, чтобы ребята этого не заметили. Через некоторое время под колоколом начинает «портиться» погода: появляется туман, мельчайшие «снежинки» мечутся, словно на ветру. Затем начинает «идти снег» — крупные хлопья кружатся, поблескивают в лучах света, оседают в виде великолепного инея на «деревьях» и «домах». Регулируя степень

нагрева, «погодой» за стеклом можно управлять. После окончания эксперимента не снимайте колокол до полного охлаждения композиции. Разбирайте ее в вытяжном шкафу.

Явление возгонки заслуживает того, чтобы не только продемонстрировать его, но и прокомментировать.

Помимо бензойной кислоты, многие другие вещества способны переходить из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое, в частности, вода. Над снегом или льдом даже при низких температурах имеется водяной пар, который образуется за счет отрыва молекул воды с их поверхности. Такой переход твердое вещество — пар приходит к состоянию равновесия. Если равновесие нарушить, например, удалять водяной пар, начнет усиливаться процесс возгонки. Именно поэтому на морозе влажное белье на ветру высыхает. На этом принципе основана сублимационная сушка продуктов питания с получением сухих порошков (например, сухого молока, яичного порошка), её проводят при сильном диспергировании продукта, замораживании и низком давлении, способствующих переходу воды из твердого агрегатного состояния (лед) в газообразное (пар) и её удалении.

§16 Сложные эфиры. Жиры

Цели урока: рассмотреть на основе реакции этерификации её продукты — сложные эфиры, их состав, нахождение и роль в природе, свойства и применение (в том числе технике и пищевой промышленности).

Следуя общей логике рассмотрения классов органических веществ в курсе химии базового уровня изучения предмета, целесообразно начать урок, посвященный **сложным эфирам**, со значения **жиров** в природе и жизни человека, открытия их строения.

Раскрытие тайны химического строения жиров во многом обязано реакции гидролиза. Напомните ребятам, что в конце XIX в. К. Шееле путем кислот-

ного гидролиза оливкового масла определил, что в его состав входит глицерин (эта информация звучала в теме «Многоатомные спирты»). Затем Мишель Шеврель, долгие годы изучавший строение жиров различного происхождения, с помощью все той же реакции гидролиза доказал, что в состав любых жиров входят остатки карбоновых кислот, как предельных, так и непредельных. Учитель просит учащихся вспомнить, какие реакции называются гидролизом, в чем сходство и различие гидролиза неорганических веществ, изученного в основной школе, и органических соединений.

Для реализации на практике прогностического, креативного характера обучения, являющегося одним из основных принципов построения данного курса химии, учитель может подвести учащихся к самостоятельному выводу о химическом строении жиров. Ведь знания, транслируемые учителем, забываются очень быстро. Информация, которая найдена ребенком самостоятельно из доступных источников, сохраняются дольше. А те знания, которые созданы самостоятельно, родились в голове в результате мыслительных операций анализа и синтеза, остаются с человеком надолго, и в случае необходимости могут быть восстановлены повторением логического рассуждения.

На уроке, посвященном спиртам, мы касались очень важной реакции между спиртами и карбоновыми кислотами, которая носит названием этерификации. Запишите уравнение реакции этерификации между уксусной кислотой и этиловым спиртом:

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftarrows CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

К какому классу органических веществ относится продукт реакции? Это сложный эфир. Что означают в уравнении реакции стрелки, направленные в противоположные стороны? Реакция обратима, т. е. может протекать как в прямом, так и в обратном направлении:

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + C_2H_5OH$$

Смотрите, перед вами реакция органического вещества с водой, приводящая к разложению сложного эфира на «составляющие его компоненты». Как

называются такие реакции? Верно, это реакция гидролиза. Следовательно, в результате гидролиза сложного эфира образуется карбоновая кислота и спирт:

Сложный эфир + вода ⟶ карбоновая кислота + спирт (1)

Как вы знаете, в 1779 г. шведский химик Карл Шееле, нагревая оливковое масло с водой в присутствии серной кислоты впервые получил глицерин. Это вещество вам уже знакомо. К какому классу органических веществ относится глицерин? Это трехатомный спирт. Что, кроме глицерина, образовалось в этой реакции, Шееле установить не смог.

Жир + вода ⟶ ? + спирт.

К изучению химического строения жиров подключился французский химик Мишель Шеврель. Он подвергал гидролизу растительные масла и животные жиры самого разного происхождения, даже такие экзотические, как ягуарий, акулий и человеческий. И установил, что во всех случаях при гидролизе жиров наряду с глицерином образуются карбоновые кислоты:

Жир + вода ⟶ карбоновая кислота + спирт (2).

(Кстати, именно Шеврёль предложил изготавливать свечи из стеариновой кислоты вместо используемого в то время сала).

Так каково же химическое строение жиров? К какому классу органических веществ они относятся? Сравните схему 2 и схему 1. Вы сделали правильный вывод: жиры – это сложные эфиры. Это сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и карбоновых кислот. Вы сделали это открытие, анализируя известные факты, за 5 минут. Кстати, М. Шеврелю так и не удалось сформулировать подобный вывод, его сделали в 1839 г. французы Жан Батист Дюма и Пьер Жозеф Пельтье.

Можно обратить внимание учащихся, что в природе встречаются только жиры, содержащие остатки карбоновых кислот с четным числом углеродных атомов (следовательно, нечетным числом углеродных атомов в углеводородном

радикале). Это поможет запомнить сложные формулы пальмитиновой, стеариновой, олеиновой кислот.

Животные жиры значительно более ценны, чем растительные масла. Масличных культур довольно много, они произрастают в большинстве климатических зон земного шара, за один сезон они дают богатый урожай. Учитель подводит учащихся к предложению, как химическим путем превратить жидкие жиры в твердые.

На доске записаны формулы триолеата глицерина и тристеарата глицерина. Учитель напоминает, что триолеат глицерина можно условно рассматривать как представитель жидких растительных масел. Тристеарат глицерина — представитель твердых жиров. Сравнивая состав обоих веществ, особенности строения углеводородных радикалов в остатках карбоновых кислот, предложите химический способ превращения левого вещества в правое. Верно, недостающие атомы водорода можно «добавить» в непредельные фрагменты молекулы за счет реакции гидрирования. Действительно, реакция гидрирования жидких растительных масел с получением твердых аналогов животных жиров стала использоваться в промышленном масштабе в начале XX в. Похвалите ребят, они только что совершили открытие, достойное Нобелевской премии, которую в 1912 г. получил французский химик Поль Сабатье, предложивший проводить гидрирование непредельных соединений с использованием металлических катализаторов.

Поскольку реакция гидролиза жиров обратима, возникает вопрос, нельзя ли синтетическим путем получать жиры из глицерина и карбоновых кислот? Оказывается, можно! Впервые этот синтез осуществил в 1854 г. выдающийся французский химик Марселен Бертло. Зачитайте учащимся выдержку из лабораторного журнала ученого.

«Сегодня, наконец, достигнут желаемый результат. В запаянных трубках я нагревал глицерин со стеариновой, пальмитиновой, олеиновой кислотами в разных пропорциях. Наконец, в пропорции, когда три частицы кислоты прихо-

дились на одну частицу глицерина, произошла реакция, выделяя при этом три частицы воды. Мною в течение 1854 г. были получены тристеарин, трипальмитин, триолеин».

Открытие Бертло окончательно поставило крест на теории витализма, сторонники которой утверждали, что органические вещества могут образовываться только в живых организмах под действием особой «жизненной силы».

Тем не менее, промышленный синтез жироподобных веществ пока не осуществляется. Природа более искусный химик-синтетик, чем человек со всеми его техническими возможностями.

Демонстрационный эксперимент по получению **мыла** щелочным гидролизом жира довольно продолжительный, поэтому вместо него продемонстрируйте простой и эффектный опыт. На поверхность воды, налитой в большую тарелку, помещают бумажную спираль диаметром 5—6 (2—2,5 витка) — наподобие спирали для отпугивания комаров. В центр спирали капают одну каплю раствора мыла или СМС. Спираль начинает вращаться. Распространяясь по свободной поверхности воды, мыльный раствор доходит до выхода из спирали и создает небольшую реактивную силу. Если после остановки спирали капнуть еще одну каплю поверхностно-активного вещества, вращение возобновится. Неужели это эффект, создаваемый мылом? Капните в центр спирали раствор поваренной соли или сахара. Вращения не происходит. Опыт демонстрирует поверхностную активность мыла. Это свойство солей высших карбоновых кислот и обусловливает их использование в качестве моющих средств.

Несколько минут следует уделить воскам, как своеобразным мостиком между жирами и сложными эфирами низших карбоновых кислот. Воски – это сложные эфиры высших карбоновых кислот и высших спиртов. Натуральный пчелиный воск на 70% состоит из сложных эфиров, главным образом пальмитиновой кислоты $C_{15}H_{31}COOH$ и миристинового спирта $C_{14}H_{29}OH$. Воск в природе является строительным материалом сотов пчелиных ульев, растительные восконодобные вещества образуют защитную пленку на поверхности плодов и листь-

ев. В этом легко убедиться, поцарапав ножом яблочную кожуру. На лезвие ножа образуются белые чешуйки. В промышленности воски используются как компоненты мазей, кремов, полировочных паст, косметических препаратов, свечей, мыла, для пропитки тканей и кожи. В пищевой промышленности синтетические и природные воски используются в качестве глазирователей (Е901-903,908-910).

За пять веков до нашей эры в Древней Греции зародилась замечательная техника живописи, называемая энкаустикой. К сожалению, работы древнегреческих мастеров не сохранились до наших дней. Однако в 80-х гг. XIX в. в селении Эр-Рубайят близ Фаюма (Средний Египет) были обнаружены прекрасно сохранившиеся живописные работы, выполненные более 2000 лет назад художниками Древнего Египта в технике энкаустической живописи. Изображения представляют собой портреты жителей римского Египта I—IV вв. нашей эры - египтян, греков, нубийцев, евреев, сирийцев, римлян. Они получили название фаюмских портретов. Особенность энкаустики состоит в том, что в качестве связующего энкаустических красок использовался натуральный пчелиный воск. Такими красками рисовали по дереву. Удивительная долговечность картин восковой живописи объясняется свойствами воска. Воск отталкивает влагу, на протяжении длительного времени сохраняет мягкость, и в то же время расширяется и сжимается при изменении температуры вместе с деревянной основой, что предохраняет изображение от растрескивания.

В технике энкаустической живописи был выполнены первые христианские иконы.

Возвращаясь к реакции омыления, учитель говорит, что соли карбоновых кислот образуются при щелочном гидролизе не только жиров, но и сложных эфиров более простого строения, с которыми учащиеся впервые познакомились в теме «Спирты».

$$CH_3—COOCH_3 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + CH_3OH$$

На примере метилового эфира уксусной кислоты отрабатываются вопросы номенклатуры сложных эфиров. Актуализируются знания учащихся о реак-

ции этерификации, как основного в данном курсе способа получения сложных эфиров.

§17 Углеводы

Цели урока: на основе межпредметных связей с биологией рассмотреть углеводы, их классификацию, представителей классов, их биологическую роль, химические свойства и применение.

После небольшого мотивационного вступления вводится понятие «углеводы». Этимологию термина учитель раскрывает в ходе беседы: «уголь (углерод) и вода», — и предлагает обобщенную формулу соединений этого типа $C_n(H_2O)_m$, справедливую для большинства углеводов.

Далее учащиеся вспоминают процесс фотосинтеза, знакомый им из курса биологии, и с помощью учителя записывают уравнение:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow{\text{хлорофилл, свет}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2\uparrow$$

Фотосинтез — это уникальный процесс, протекающий на Земле в листьях зеленых растений и в клетках некоторых бактерий.

В соответствии с приведенной схемой фотосинтеза, в результате этого процесса образуются глюкоза и кислород. Глюкоза — это углевод. В растениях она превращается в другие углеводы – крахмал, целлюлозу, а также в органические вещества других классов.

Приведенная схема фотосинтеза не отражает всей совокупности сложнейших биохимических реакций, протекающих при этом уникальном процессе. Во-первых, он возможен только при освещении, причем наилучшим образом для него подходит солнечный свет. Во-вторых, фотосинтез протекает при участии сложного органического вещества – хлорофилла. Это как раз то вещество, которое придает растениям зеленый цвет. В-третьих, процесс фотосинтеза – своеобразный преобразователь и аккумулятор энергии. Лучистая

энергия Солнца преобразуется в энергию химических связей, которая затем используется всеми живыми организмами для обеспечения жизненных процессов.

Вторым важнейшим продуктом фотосинтеза является кислород. Недаром леса называют легкими планеты: они восполняют убыль кислорода в атмосфере. Но оказывается, наравне с деревьями, кустарниками и травами над поглощением углекислого газа и выделением кислорода трудятся и растения Мирового океана — водоросли. Несмотря на то, что они используют только 0,1% падающей на поверхность Земли солнечной энергии, кислорода производят почти в 10 раз больше наземных растений!

Роль фотосинтеза на Земле трудно переоценить. Выдающийся русский ученый К. А. Тимирязев, внесший большой вклад в изучение фотосинтеза, писал: «Это процесс, от которого в конечной инстанции зависят все проявления жизни на нашей планете».

Во-первых, фотосинтез превращает неорганические вещества (углекислый газ и воду) в органические: глюкозу, другие углеводы, и далее аминокислоты, жиры, белки. В результате этого процесса ежегодно на Земле образуется 150 миллиардов тонн органических веществ.

Во-вторых, зеленые растения каждый год поглощают из воздуха 300 миллиардов тонн углекислого газа, попадающего в атмосферу в результате процессов дыхания, горения и производственной деятельности человека. Не будь этого, содержание CO_2 *постепенно увеличилось бы до критического значения, и воздух стал бы непригоден для дыхания человека и животных. Кроме того, увеличение концентрации углекислого газа привело бы к потеплению климата на планете.*

В-третьих, фотосинтез – единственный источник кислорода в атмосфере Земли. Благодаря первым зеленым растениям миллиарды лет назад в атмосфере планеты появился кислород. Под действием солнечного излучения часть кислорода в верхних воздушных слоях превращается в озон, а озоновый щит, как вы знаете, предохраняет Землю от вредных ультрафиолетовых лучей.

Учитель говорит, что продукт фотосинтеза – глюкоза относится к такой группе углеводов, которая называется **моносахаридами**. «Моно» - один, так как молекула глюкозы не распадается под действием воды (гидролиз) на молекулы более простых углеводов.

Структура глюкозы выводится с помощью «мозгового штурма» учащихся, описанного в параграфе. На основании качественных реакций, в которые вступает глюкоза, ребята прогнозируют наличие в ее составе альдегидной группы и нескольких гидроксильных групп.

Учитель записывает на доске структурную открытую формулу этого углевода:

В уравнениях реакций спиртового брожения и полного окисления формулу глюкозы можно записывать в молекулярном виде $C_6H_{12}O_6$.

При характеристике восстановительных свойств глюкозы за счет альдегидной группы структурную формулу для удобства написания можно свернуть:

Очень кратко учитель останавливается на понятии **дисахаридов** на примере сахарозы. Молекулярная формула сахарозы выводится из молекулярной формулы глюкозы путем удвоения индексов и «вычитанием» молекулы воды:

$C_6H_{12}O_6 \times 2 - H_2O = C_{12}H_{22}O_{11}$

Таким образом выясняется этимология слова дисахарид — содержит два остатка моносахарида. Этот факт подкрепляется уравнением реакции гидролиза, которое учитель записывает на доске. Учитель обращает внимание, что два продукта гидролиза сахарозы – глюкоза и фруктоза — имеют одинаковые молеку-

лярные формулы. Следовательно, эти углеводы, моносахариды являются изомерами.

Если позволит время, учитель проводит демонстрационный эксперимент. Четверть чайной ложки сахарозы растворяют в половине пробирки воды, добавляют несколько капель разбавленной соляной кислоты и нагревают на кипящей водяной бане 10-15 минут. В это время продолжается объяснение материала. Затем кислоту нейтрализуют, добавляя щепотки карбоната натрия или кальция до прекращения выделения углекислого газа. Образующаяся смесь моносахаридов (продуктов гидролиза) называется инвертным сахаром. Альдегидную группу глюкозы обнаруживают в растворе с помощью качественной реакции с гидроксидом меди(II). Можно предложить другой эффектный способ. В полученный горячий раствор подщелачивают и добавляют несколько капель раствора индигокармина (пищевой краситель Е312). Синяя окраска переходит в желтую. В пробирке сравнения с раствором сахарозы изменения синей окраски не произойдет. Индигокармин в щелочной среде легко окисляет альдегидную группу глюкозы при нагревании.

Инвертный сахар гораздо меньше сахарозы склонен к кристаллизации. В кондитерской промышленности его добавляют в варенье, джемы и карамельные начинки, чтобы они не засахаривались.

Учащиеся легко догадываются, что **полисахариды** представляют собой углеводы, которые гидролизуются с образованием множества молекул моносахаридов (глюкозы), т. е. состоят из множества остатков глюкозы. Учитель подсказывает, что формулу полисахарида вывести несложно – из формулы глюкозы нужно вычесть формулу воды и остаток в скобках повторить *n* раз: $(C_6H_{10}O_5)_n$. Эту формулу имеют такие важнейшие полисахариды, как крахмал (в том числе и животный крахмал – гликоген) и целлюлоза.

Затем проводится сравнение крахмала и целлюлозы в плане нахождения общего и отличного у этих полисахаридов.

Общее: оба полимеры, построенные остатками глюкозы, а потому гидролизующиеся с образованием этого моносахарида; оба имеют растительное происхождение.

Различное: в растительной клетке крахмал выполняет запасающую функцию, а целлюлоза – строительную; крахмал дает качественную реакцию с иодом (демонстрация), а целлюлоза – нет; из крахмала получают питьевой, пищевой, медицинский этиловый спирт, а из целлюлозы – технический, денатурат, который ни в коей мере нельзя использовать в качестве алкоголя. Учитель еще раз обращает внимание на алкоголизм и его последствия.

Далее учитель повторяет с учащимися реакцию поликонденсации. В результате у учащихся формируется модельное представление в виде следующей схемы:

$$n\ \text{глюкоза} \underset{\text{гидролиз}}{\overset{\text{поликонденсация}}{\rightleftharpoons}} \text{полисахарид} + n\ \text{вода}$$

Учитель объясняет значение этого процесса в углеводном обмене у живых организмов, связывая материал уроков со знаниями учащихся, полученными ими на уроках биологии.

§18 Амины

Цели урока: познакомить учащихся с составом молекул, классификацией и представителями аминов, как органических оснований (в сравнении с аммиаком); рассмотреть получение, свойства (на основе взаимного влияния атомов в молекуле) и применение аминов.

В дополнение к информации мотивирующего характера, представленной в начале параграфа, приведем некоторые факты, которые можно использовать для иллюстрации важности химической номенклатуры для обозначения веществ.

Ведь в отсутствии универсальных подходов к построению названий веществ нередки были случаи, когда одно и то же вещество «открывали» несколько раз.

С древних времен люди использовали замечательный природный краситель синего цвета, носящий гордое испанское название индиго. Его получали из особых растений, называемых индигоносными. Высокая цена природного красителя побуждала химиков раскрыть тайну строения этого вещества с целью его дальнейшего промышленного синтеза.

В 1840 г. русский химик немецкого происхождения Юлий Федорович Фрицше обнаружил, что при нагревании со щелочью синяя окраска индиго исчезает, и образуется вязкая масса коричневого цвета. Тщательно очистив это вещество, Фрицше получил быстро желтеющую на воздухе маслянистую жидкость с характерным запахом и назвал ее анилином (от арабского слова an-nil - синий). Примерно в то же время Отто Унфердорбен нагреванием кристаллического индиго получил продукт, названный им кристаллином. Незадолго до этого немецкий химик Фридлиб Фердинанд Рунге в продуктах перегонки каменноугольной смолы открыл вещество, описанное им под названием кианол. В 1841 г. выдающийся русский химик Николай Николаевич Зинин открыл способ восстановления нитробензола до соответствующего ароматического амина - бензидама. Вся эта запутанная история закончилась неожиданным открытием: в 1843 г. немецкий химик-органик Август Вильгельм Гофман пришел к выводу, что бензидам Зинина, кристаллин Унфердорбена, анилин Фрицше и каинол Рунге - одно и то же вещество. Химики остановились на одном из названий - анилин.

Учитель вводит понятие **аминов** как производных аммиака, в которых один из атомов водорода замещен на углеводородный радикал: в **метиламине** — на метил, а в **анилине** — на фенил. На базовом уровне изучения химии рассматривается строение только первичных аминов.

Далее рассматриваются способы получения аминов. Для получения соединений алифатического ряда в промышленности используют взаимодействие

спиртов с аммиаком или алкилирование аммиака галогеналканами. Оба этих способа приведены в учебнике.

Рассказывая о получении анилина восстановлением нитробензола нельзя не упомянуть имя еще одного выдающегося российского химика Николая Николаевича Зинина. Приведем несколько поучительных фактов из его биографии.

Будущий ученый рано лишился родителей. Ему не было еще и 8 лет, когда во время эпидемии холеры умерли его мать, отец и сестра. Но даже без родительского надзора мальчик проявлял выдающиеся способности в учебе в мужской гимназии, был очень работоспособным и талантливым учеником.

В возрасте 18 лет Зинин поступил на математическое отделение философского факультета (позднее физико-математический факультет) Казанский университета. Его ректором в то время был выдающийся математик Н. И. Лобачевский. В годы учебы молодой человек не слишком увлекался химией. Его итоговое сочинение, за которое он получил степень кандидата и золотую медаль, была на стыке математики и астрономии. После окончания обучения он остался в университете преподавать физику. Однако ректор, оценив талант молодого ученого, поручил ему читать лекции по химии — предмету, который в то время в университете, как сказали бы сейчас, «провисал». В результате Зинин стал одним из выдающихся российских химиков с мировым именем, основал собственную научную школу.

Докторскую диссертацию, в которой описан способ получения анилина из нитробензола, Н. Н. Зинин защитил в 29 лет.

Учеником Н. Н. Зинина был А. М. Бутлеров.

Н. Н. Зинин в качестве восстановителя нитробензола использовал сульфид аммония. В промышленности в настоящее время восстановление осуществляют водородом. В схеме реакции, приведенной в учебнике, восстановитель условно обозначен знаком [H].

Получать алифатические амины подобным методом возможно, но нецелесообразно из-за труднодоступности нитроалканов. В 1872 г. родной брат А. М.

Зайцева —Михаил Михайлович Зайцев — впервые получил первичные алкиламинов восстановлением нитроалканов водородом в присутствии палладиевого катализатора.

Среди химических свойств аминов учитель делает акцент на важнейшее – **основный характер соединений этого класса**. Амины рассматриваются как **органические основания** за счёт содержащейся в их составе аминогруппы, имеющей атом азота с неподеленной парой электронов. За счет этой электронной пары аминогруппа может присоединять катион водорода (протон), иными словами, реагировать с кислотами с образованием солей, т. е. проявлять свойства основания.

Этот факт иллюстрируется демонстрационным экспериментом. В пробирку наливают 1—2 мл анилина и 5—6 мл дистиллированной воды. Содержимое пробирки взбалтываются — наблюдается образование эмульсии. Вывод: анилин плохо растворим в воде. Если в пробирку добавить соляной кислоты, то наблюдается исчезновение эмульсии, образуется истинный раствор. Почему? Учащиеся записывают уравнение реакции, в которой формула анилина дается в молекулярном виде. В результате реакции образуется растворимая в воде соль – хлорид фениламмония (гидрохлорид анилина). Затем к полученному раствору соли приливают раствор щелочи. Вновь наблюдается образование эмульсии. Следовательно, анилин – слабое основание, вытесняется из солей щелочью (по аналогии с солями аммония).

По аналогии с анилином учащиеся самостоятельно записывают уравнение реакции метиламина с соляной кислотой.

В качестве очередного примера взаимного влияния атомов в молекулах органических веществ учитель рассматривает свойства анилина в сравнении со свойствами аммиака, алифатических аминов и бензола.

Аммиак (и его водный раствор), как вы знаете, проявляет свойства оснований. Он легко реагирует с кислотами, его раствор изменяет окраску инди-

каторов, подобно щелочам. Вы также знаете, что аммиак – довольно слабое основание.

Влияет ли углеводородный радикал в аминах на основные свойства аминогруппы? Да, влияет, и этот факт является еще одним подтверждением положения теории строения о взаимном влиянии атомов в молекулах органических веществ. Метильный радикал усиливает основные свойства аминогруппы, поэтому метиламин – более сильное основание, чем аммиак. Фенильный заместитель, напротив, ослабляет основные свойства аминогруппы. Анилин – более слабое основание, чем аммиак и тем более чем метиламин. Причина такого влияния кроется в электронном строении молекул и изучается только в классах профильного изучения химии.

В свою очередь, аминогруппа оказывает ответное влияние на бензольное кольцо. Например, сам бензол с раствором брома в воде (бромной водой) не взаимодействует, а анилин легко вступает в подобную реакцию, причем на атомы брома замещаются сразу три атома водорода и строго в определенных положениях цикла: втором, четвертом и шестом по отношению к аминогруппе:

Учитель проводит демонстрацию этого эксперимента.

§19 Аминокислоты. Белки

Цели урока: на основе состава молекул аминокислот рассмотреть их аморфные свойства и поликонденсацию в полипептиды; на основе межпредметных связей с биологией повторить строение и структуру белковых молекул, их биологическую роль и распознавание с помощью цветных реакций.

В качестве мотивационного вступления учитель говорит о том, что главными органическими веществами, обеспечивающими жизнь на нашей планете, считаются белки. Недаром в англоязычном варианте эту группу веществ называют протеинами от греческого слова *protos – первый*. В ходе короткой беседы учитель совместно с учащимися выясняет функции белков в живых организмах, знакомые ребятам из курса биологии (каталитическая, структурная, защитная, регуляторная, сигнальная, транспортная, запасная, рецепторная, моторная). По всей вероятности, также из курса биологии, учащимся известно, что структурными элементами полимерных молекул белков служат аминокислоты.

В 1820 г. французский химик Анри Браконно в результате длительного нагревания кожи, хрящей и сухожилий с раствором серной кислоты получил некоторое количество белых кристаллов сладкого вкуса. Ученый назвал новое вещество гликоколл от греческого прилагательного glykys – сладкий. В настоящее время это название трансформировалось в глицин. Гликоколл долгое время считался углеводом, пока в 1838 г. в составе этого вещества не обнаружили азот. Спустя некоторое время была установлена молекулярная формула глицина – $C_2H_5O_2N$.

Учитель акцентирует внимание учащихся на названии темы урока, записанное на доске, и конструирует вместе с ними общую формулу **аминокислот**, предварительно повторяя понятие об **аминогруппе**, как об одновалентном радикале аммиака, и **карбоксильной группе** — функциональной группе карбоновых кислот. Следовательно, делают вывод учащиеся, **аминокислоты содержат две «части»: карбоксильную группу и аминогруппу**. Третью составляющую добавляет учитель: это углеводородная часть, к которой «крепятся» две функциональные группы. В результате этих рассуждений формируется общая формула аминокислот:

$$NH_2\text{-}\underset{\underset{R}{|}}{CH}\text{-}COOH$$

R — это часть молекул аминокислот (радикал), которая отличает их друг от друга. У простейшей аминокислоты роль этой группы выполняет атом водорода. На доске записывается структурная формула глицина.

Аминокислоты, подобно моносахаридам, являются соединениями с **двойственными функциями**. Это узловой момент урока, поскольку одно из важнейших свойств аминокислот – их амфотерность, т.е. способность проявлять как кислотные, так и основные свойства, а также вступать в реакции поликонденсации с образованием полипептидов.

Среди природных α-аминокислот (их около 20), необходимых для жизни человека, выделяют незаменимые аминокислоты, т.е. те, которые не синтезируются в организме, а поступают только с пищей. Примечательно, что для взрослого человека незаменимых аминокислот 8 (валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин), а для ребенка – 10 (еще аргинин и гистидин). Получается, что с возрастом организм человека «учится» синтезировать еще две аминокислоты.

В схеме получения аминокислот из карбоновых кислот через галогенпроизводные для классов с одним часом изучения химии в неделю допустимо упростить уравнение реакции аминирования и записывать его в следующем виде:

$$Cl—CH_2—COOH + NH_3 \longrightarrow H_2N—CH_2—COOH + HCl$$

В курсе рассматриваются три химических свойства аминокислот, отражающих особенности их химического строения.

1. Аминокислоты проявляют кислотные свойства – взаимодействуют с основаниями, образуя соль и воду:

$$NH_2—\underset{\underset{R}{|}}{CH}—COOH + NaOH \longrightarrow NH_2—\underset{\underset{R}{|}}{CH}—COONa + H_2O$$

натриевая соль аминокислоты

2. Аминокислоты проявляют основные свойства – взаимодействуют с кислотами, образуя соли:

$$NH_2—CH—COOH + HCl \longrightarrow [NH_3—CH—COOH]^+Cl^-$$

| |
R R

гидрохлорид аминокислоты

3. Реакции поликонденсации. В результате образуются полимеры – полипептиды (белки) и выделяется вода. Реакция поликонденсации служит переходом к следующему этапу урока.

Первый белок, очищенный от примеси соединений другой природы, был получен в 1728 г. Якопо Бартоломео Беккари. Это был белок пшеничного зерна, называемый клейковиной. В первой половине XIX в. благодаря работам голландского врача и химика Геррита Мульдера выяснилось, что белки составляют неотъемлемую часть всех без исключения живых веществ на Земле. Ученый сделал вывод, что белок "без сомнения, важнейшее из всех известных тел органического царства, и без него, кажется, не может быть жизни на нашей планете".

Термин «белок» имеет славянское происхождение. После того, как в XIX в обнаружилось, что белки - главные компоненты живых клеток, все проявления жизни стали связывать только с ними. Символом начала жизни издревле считалось яйцо. Вот почему белок птичьих яиц дал название всему классу веществ.

Кстати, термин «белок» ассоциируется с белком куриного яйца. Однако в желтке куриного яйца белка больше (14,6%), чем собственно в белке (10,6%).

Затем учитель рассматривает полипептидную природу белковой молекулы.

К началу XX в. было известно 13 аминокислот, полученных гидролизом белков. Пептидную теорию их строения высказал в 1899 г. выдающийся немецкий химик-органик Эмиль Фишер. Чтобы доказать правильность этой теории, Фишер стремился синтетическим путем получить полипептиды из аминокислот. В 1907 г. эти попытки завершились полным триумфом: ученому удалось получить полипептид из 18 остатков аминокислот! Э. Фишер был третьим ученым в мире, дважды удостоенным Нобелевской премии.

Из двух десятков аминокислот построено все многообразие белковых молекул любых живых организмов от вирусов до человека. Естественно, что в од-

ной молекуле белка различные остатки аминокислот повторяются многократно, число возможных изомеров настолько велико, что эти величины трудно себе представить. Например, если полипептид состоит всего из 20 остатков аминокислот, для него может существовать 2 432 902 008 178 640 000 изомеров.

Первичную, вторичную и третичную структуры белков легко проиллюстрировать с помощью шнура от трубки старого телефонного аппарата. Кусок свернутого в спираль провода от телефонной трубки растягивают и наносят на расстоянии в 1—1,5 см метки с помощью маркера или фломастера. Помеченные участки символизируют отдельные аминокислотные остатки, а растянутый провод — модель первичной линейной структуры белковой молекулы. Отпущенный провод снова сворачивается в спираль — модель вторичной структуры белка. Если его сложить в виде клубочка и скрепить полученную фигуру с помощью скрепок, то получается модель третичной структуры белка.

Объяснение материала учитель сопровождает демонстрацией качественных реакций на белок, описание которых имеется в учебнике.

При изучении темы «Белки» учитель в очередной раз подчеркивает, что знание азов химии необходимо любому человеку независимо от рода его профессиональной деятельности. В классах филологической направленности гуманитарного профиля учитель может периодически обращаться к нахождению учащимися химических ошибок и неточностей в литературных произведениях, рекламе, журнальных и газетных статьях, на этикетках.

В рассказе «Скандал в Богемии» Артур Конан Дойл знакомит читателей со знаменитым сыщиком Шерлоком Холмсом, в совершенстве владевшим дедуктивным методом раскрытия самых запутанных преступлений. Послушайте описание того, с какой легкостью Холмс определил, что его друг и помощник доктор Уотсон вновь занялся медицинской практикой, чем немало удивил самого Уотсона.

«А что касается вашей практики, — если в мою комнату входит джентльмен, пропахший йодоформом, если у него на указательном пальце пра-

вой руки черное пятно от азотной кислоты, а на цилиндре — шишка, указывающая, куда он запрятал свой стетоскоп, я должен быть совершенным глупцом, чтобы не признать в нем деятельного представителя врачебного мира».

Найдите в этом предложении химическую неточность. (Пятно на коже от азотной кислоты не черного, а желтого цвета).

§20 Генетическая связь между классами органических соединений

Цель данного урока — завершить формирование понятия о генетической связи между классами органических соединения, а также между классами неорганических и органических соединений.

На основе генетических связей между веществами учителю предстоит сформировать представление о единстве мира органических и неорганических веществ, т.е. проиллюстрировать это единство на конкретных цепочках химических превращений.

В основе урока лежат цепочки превращений, включающих, главным образом, органические вещества. Учащимся предлагается составить уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить указанные переходы.

Цепочки превращений составляются как с использованием названий веществ, так и их химических формул. Некоторые примеры приведены ниже.

1. этан → этилен → этиловый спирт → уксусный альдегид → уксусная кислота → этиловый эфир уксусной кислоты;

2. метан → ацетилен →этилен → этиленгликоль → этиленгликоль динитрат;

3. карбонат кальция → оксид кальция → карбид кальция → ацетилен → бензол → нитробензол → анилин

4. $CH_4 \rightarrow CH_3Cl \rightarrow CH_3OH \rightarrow HCHO \rightarrow HCOOH \rightarrow HCOONa$;

5. $C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 \rightarrow (–CH_2—CH_2–)_n$

Глава IV. Органическая химия и общество

§21 Биотехнология

Цели урока: дать представление современных технологиях на примере биотехнологии, в которой в качестве реакторов выступают клетки и клеточные структуры, а также ферменты.

Урок рекомендуем провести в формате школьной лекции.

Придерживаясь общей концепции курса, включающей мотивационное начало урока, учитель приводит информацию с сайта www.students.ru (приводится в изложении) или любую другую, демонстрирующую фантастические возможности биотехнологии.

Специалисты Центра регенерации сердца Университета Миннесоты опубликовали отчет об эксперименте по выращиванию функционирующего сердца в лабораторных условиях.

Научные достижения последних десятилетий открывают практически бесконечные возможности для тканевой инженерии. Однако собрать из клеточных слоев полноценные органы оказывается значительно сложнее: одним из главных препятствий здесь остается их сложная трехмерная структура. Например, ученым вполне по силам вырастить в лабораторных условиях работоспособные кардиомиоциты, но для того, чтобы составить из них фрагмент сердечной мышцы, способный реально участвовать в работе сердца, необходима тончайшая сеть сосудов и капилляров, воспроизвести которую «в пробирке» практически невозможно.

Исследователи университета решили эту проблему иным путем: в качестве «строительных лесов» они использовали уже готовый каркас из коллагена и других биополимеров, формирующих так называемую внеклеточную матрицу сердца. Для этого они в течение нескольких дней промывали сердца крыс и свиней особым веществом, разрушающим клеточные структуры. То, что получилось в результате, ученые окрестили «сердцем-призраком». После обработки

органы животных превратились в полупрозрачные желеобразные образования, которые, сохраняли форму желудочков, предсердий, клапанов и сосудов сердца.

В получившиеся «каркасы» сердец ввели смесь клеток-предшественниц кардиомиоцитов и клеток эндотелия, взятых у эмбрионов свиней и крыс, либо у новорожденных животных. Оказавшись в привычном окружении, эти клетки заполнили отведенное им пространство, образовав функционально полноценные слои сердечной мышцы, а также эндотелий сердца и кровеносных сосудов. Спустя четыре дня после введения клеток в сердцах животных начались наблюдаемые невооруженным глазом пульсации, а через восемь дней они начали отвечать на электрические импульсы и давление полноценными сокращениями.

Трудно себе представить,— резюмирует учитель, — свидетелями каких невероятных достижений биотехнологии мы станем свидетелями в ближайшие 10—15 лет!

Дальнейшее изложение материала делится на три блока в соответствии с приведенными в учебнике разделами биотехнологии: биологическая инженерия, генная инженерия и клеточная инженерия. Поскольку для учителей химии данный материал не очень знаком, позволим себе дать его в более развернутом виде.

Биологическая инженерия.

Учащиеся уже имеют первое представление о ферментах по теме «Катализ», а также из курса биологии. Поэтому начало этой части урока учитель может построить в форме диалога с классом, резюмируя по его результатам обобщенную информацию.

В каждой клетке живого организма ежесекундно протекают сотни, тысячи различных биохимических реакций. Подавляющее большинство из них происходит при участии особых веществ живых организмов – ферментов.

Далее учитель обращается к классу с вопросами.

- Что такое ферменты?
- Каково синонимическое название этих катализаторов белковой природы? (Энзимы).

- Каковы особенности ферментов в сравнении с неорганическими катализаторами? (Высокая селективность, эффективность, проявлении активности в узком интервале внешних условий – pH, температура, наличие коферментов).
- Какие ферменты вы знаете, какие химические реакции они катализируют?

Подводя итог, учитель «перекидывает мостик» к следующему информационному блоку.

Все встречающиеся в природе живые организмы содержат ферменты – биокатализаторы белковой природы, - которые ускоряют протекание биохимических реакций, необходимых для жизни. Существует даже раздел биохимии и молекулярной биологии, который называется *энзимологией*. Энзимология изучает строение, свойства, механизмы действия и возможности применения ферментов.

Ферменты используются во многих областях промышленности:

- в пищевой (для выпечки хлебобулочных и кондитерских изделий, производства кисломолочных продуктов, осветления соков и т.д.);
- в медицине (для производства лекарственных препаратов);
- в животноводстве (для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных, приготовления кормов);
- в растениеводстве (для защиты растений от вредителей);
- в металлургии (для микробиологического вскрытия пород) и т.д.

Основная задача инженерной энзимологии состоит в разработке технологий получения веществ и материалов с использованием ферментов.

Выделяемые из клеток свободные ферменты имеют ряд недостатков: они растворимы в воде, поэтому после окончания реакции в растворе их приходится отделять от продуктов процесса. При выделении и хранении ферменты могут потерять свою активность.

Ученые нашли пути преодоления перечисленных трудностей. Для этого ферменты переводят в нерастворимую форму, закрепляя их на твердом носителе. Такие ферменты называют *иммобилизованными*, а процесс закрепления - *иммобилизацией* ферментов.

Иммобилизованный на природном или синтетическом носителе фермент не смешивается с реагирующими веществами, но катализирует реакцию между ними. В результате образуются требуемые вещества, легко отделяемые от фермента.

Иммобилизованные ферменты обладают существенными преимуществами по сравнению с традиционными водорастворимыми ферментными препаратами. Главные преимущества иммобилизованных ферментов:

- стабильность работы;
- сохранение активности в течение длительного времени;
- простота отделения от реакционной смеси;
- возможность ведения процесса в непрерывном (поточном) режиме;
- возможность регулирования скорости процесса и выхода конечного продукта.

Приведем для учителя информацию о некоторых областях применения биологической инженерии и отдельных ферментах, используемых в технологических процессах.

1. Медицина. В лечебной практике широко используются ферментативные препараты. Они применяются, в частности, при ферментативной недостаточности желудка и поджелудочной железы. При таких заболеваниях, как гастрит и диспепсия, сопровождающихся нарушением переваривающей способности, назначают препараты, содержащие комплекс ферментов – трипсин, амилаза, липаза, протеаза). Названия некоторых из этих препаратов известны учащимся - фестал, мезим, панкреатин. Эти средства не только восполняют недостаток ферментов, но и стимулируют выработку организмом собственных энзимов и желчи.

Если в медицинских целях необходимо использовать чужеродные для человеческого организма энзимы, то во избежание аллергических реакций иных и побочных явлений ферменты иммобилизируют.

2. Пищевая промышленность. Ферменты используют при производстве пива, выпечке хлеба, приготовлении кисломолочных продуктов, осветлении фруктовых соков, производстве полуфабрикатов – каш, мясных продуктов и т.д.

Например, лактаза – фермент, который гидролизует лактозу (дисахарид, содержащийся в молоке) с образованием двух моносахаридов – галактозы и глюкозы. В пищевой промышленности молочные продукты обрабатывают лактазой, поскольку лактоза с трудом усваивается животными организмами, не сбраживается хлебопекарными дрожжами, малорастворима в воде. Использование иммобилизованной лактазы позволяет получать концентрированные молочные продукты, избегать добавления химических стабилизаторов в мороженое, повышать питательность смесей для детского питания. Обработка молочной сыворотки иммобилизованной лактазой делает гидролизат прекрасной добавкой к кормам для животных и птиц.

3. Химическая промышленность. Добавление ферментов в стиральные порошки позволяет удалять застарелые, а также масляные и жировые пятна. Учитель спрашивает учащихся, почему нельзя кипятить белье со стиральным порошком с добавкой энзимов?

Знакомый учащимся фермент каталаза используется для разложения пероксида водорода в процессе производства губчатой резины из латекса. Выделяющийся при разложении кислород образует поры в резиновой массе. Учитель просит учащихся написать уравнение химической реакции разложения пероксида водорода:

$$2\ H_2O_2 = 2\ H_2O + O_2$$

4. Кожевенная промышленность. С помощью иммобилизованных ферментов со шкур животных удаляют волосяной покров и смягчают кожу после дубления.

Генная инженерия.

В продолжение урока учитель рассматривает вопросы механизма передачи наследственной информации в живых организмах, а также технологии генной инженерии.

Учащиеся уже знакомы с некоторыми природными веществами полимерного характера – полисахаридами (образованы многократным повторением остатков моносахаридов), белками (образованы соединением друг с другом большого числа остатков аминокислот).

Нуклеиновые кислоты были открыты в 1869 г. швейцарским врачом Фридрихом Мишером и получили свое название от латинского слова *nucleus – ядро*, поскольку встречаются преимущественно в ядрах клеток. Существует два вида нуклеиновых кислот – дезоксирибонуклеиновые (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК). Несмотря на существенное различие в их строении, свойствах и природных функциях, молекулы любых нуклеиновых кислот состоят остатков нуклеотидов, поэтому их можно назвать полинуклеотидами.

Нуклеотидом называют молекулу, состоящую из остатка моносахарида, органического основания и фосфорной кислоты, соединенных между собой.

Учитель изображает на доске схему строения нуклеотида:

фосфорная кислота (одна, две или три молекулы)	углевод (рибоза или дезоксирибоза)	основание (аденин, гуанин, цитозин, тимин, урацил

Дезоксирибонуклеиновые кислоты имеют молекулярную массу от 500 000 до многих миллионов. Молекула ДНК построена путем соединения друг с другом отдельных нуклеотидов, содержащих в качестве моносахаридного фраг-

мента дезоксирибозу. Используя приведенную выше упрощенную схему строение нуклеотида, учитель изображает полимерную цепь ДНК так:

Для схематичного отображения строения молекулы ДНК химики совместно с биологами придумали следующую символику. Для этого каждое из азотистых оснований (в состав нуклеиновых кислот входит 5 таких оснований) обозначили одной буквой латинского алфавита: урацил U, цитозин C, тимин T, аденин A и гуанин G. Фосфорноуглеводный скелет в полимерной цепочки ДНК совершенно одинаков, специфична только последовательность азотистых оснований. Отдельные ДНК различаются между собой соотношением различных оснований и последовательностью соединения нуклеотидов, то есть первичной структурой.

Одним из величайших достижений XX в. считается расшифровка вторичной структуры ДНК. Совершили это открытие в 1953 г. два выдающихся ученых Фрэнсис Крик и Джеймс Уотсон. Англичанин по происхождению, физик по образованию и биохимик от Бога, Ф. Крик в том году отметил свое 37-летие, а американцу Д. Уотсону исполнилось всего 25! Открытие строения ДНК положило основу работ по молекулярной генетике, генной инженерии и биотехнологии и было заслуженно оценено присуждением этим ученым в 1962 г. Нобелевской премии по медицине и физиологии.

Ключевым моментом в теории Уотсона-Крика стало понимание того, что азотистые основания в цепочке ДНК могут попарно образовывать прочные водородные связи: тимин с аденином (T-A), а цитозин - с гуанином (C-G). В первой паре основания связаны двумя водородными связями, во второй – тремя.

Такая избирательность в образовании водородных связей называется комплементарностью.

Молекула ДНК представляет собой двойную спираль и состоит из двух полинуклеотидных цепей, закрученных вокруг общей оси.

Двухспиральная структура ДНК с комплементарными полинуклеотидными цепями обеспечивает возможность самоудвоения (репликации) этой молекулы. Этот сложный процесс можно упрощенно представить следующим образом. Перед удвоением две цепи раскручиваются и расходятся. Каждая цепь затем служит матрицей для образования на ней комплементарной цепи.

Таким образом, после репликации образуются две дочерние молекулы ДНК, в каждой из которых одна спираль взята из родительской ДНК, а другая (комплементарная) спираль синтезирована заново.

Длина полинуклеотидных цепей практически не ограничена. Число пар оснований в двойной спирали может меняться от нескольких тысяч у простейших вирусов до сотен миллионов у человека.

Трудно себе представить, но в каждой клетке живого организма запрограммирована информация не только обо всем организме в целом, но и о его развитии и существовании на протяжении всей жизни! Эта информация называется генетической.

Именно нуклеиновые кислоты и обеспечивают передачу наследственных свойств живых организмов.

Молекулы ДНК, содержащиеся в ядре клетки, содержит зашифрованную информацию о строении всех белков данного организма.

Учитель напоминает, что белки – главные органические вещества любого живаого организма – представляют собсой природные полимеры, состоящие из остатков аминокислот. Набор и строение белков уникален для любого живого организма. Последовательность связи аминокислотных остатков во всех белковых молекулах зашифрована в молекулах ДНК: участвок ДНК из трех азотистых оснований (так называемый кодон) соответствует одной из 20 α-аминокислот. Например, аминокислоте аланину соответствет кодон GCU, аминокислоте фенилаланину – кодон UUC. При синтезе белка последовательность своединения аминокислот «считывается» с молекулы ДНК по кодонам.

Участок ДНК, ответственный за синтез белка определенного вида, называется геном. Полный набор всех генов в организме получил название гено́мом. Впервые полностью расшифровать гено́м удалось в 1987 г. для бактерии Escherichia coli. Он состоял примерно из пяти миллионов пар оснований и содержал около 300 генов. Следовательно, бактерия могла синтезировать 300 различных белковых молекул.

Естественно, ученые начали интенсивные работы по расшифровке генома человека. Решение о финансировании и проведении таких исследований было принято в 1988 г. и было рассчитано на 15 лет. И вот - первое выдающееся открытие XXI в. В начале 2001 г. ученые-генетики из 18 стран, работающие по международной программе "Геном человека", досрочно сообщили о его полной расшифровке! Прогноз о том, что человеческий геном состоит из 100 000 генов, оказался завышенным почти в 2,5 раза. Наш организм может продуцировать около 35 000 - 45 000 белков, что немногим более, чем для мухи-дрозофилы или банана. Правда, характерные особенности человека (например, выдающиеся музыкальные способности) кодируются не одним геном, а сочетанием нескольких. Понятно, что число таких комбинаций астрономически велико.

Начало развития генной инженерии было положено в 1973 г., когда американские исследователи Стэнли Коэн и Энни Чанг встроили в плазмиду бакте-

рии участок ДНК лягушки. Затем эту модифицированную плазмиду вернули в клетку бактерии, которая стала не только синтезировать белки лягушки, но и передавать лягушачью ДНК по наследству! Таким образом был найден способ встраивания чужеродных генов в геном другого организма.

Перед генетиками открылись практически безграничные возможности. Разработаны технологии получения гибридных молекул ДНК с целенаправленно встроенными генами, введения таких модифицированных ДНК в клетки любых организмов – бактерий, растений, животных. Появилась возможность генетически «прививать» сельскохозяйственным культурам устойчивость к засухе, неблагоприятным температурным условиям, вредителям и болезням, повышать их урожайность, придавать новые признаки и свойства животным.

История трансгенных продуктов такова:

- 1983 г., в институте растениеводства г. Кельн получено первое растение с чужеродным геном;
- 1992 г., в Китае стали выращивать генетически модифицированный табак;
- 1994 г., на прилавках супермаркетов США появился первый коммерческий трансген – помидор сорта “Flavr Savr” со встроенным геном арктической камбалы;
- 1995 г., начато коммерческое выращивание генно модифицированной сои;
- 1999 г., получен «золотой» рис, обогащенный каротином.

Для ребят будет интересен перечень компаний, которые производят или используют ГМО – все они без исключения они «на слуху» и поставляют свою продукцию в Россию:

- Hershey's Cadbury (Fruit&Nut);
- Mars (M&M, Snickers, Milky Way);
- Coca-cola (Coca-cola, Sprite);

- PepsiCo (Pepsi, 7-Up);
- Frito-Lay (Lays, Cheetos);
- Nestle (Nesquik);
- Danone;
- Lipton Wrigley's (Orbit);
- Stimorol.

Главная причина, по которой производят трансгенные продукты – это решение продовольственной проблемы. Генетически модифицированные зерновые культуры могут спасти миллионы жителей развивающихся стран, умирающих от голода. В последнем отчете экспертов ООН подчеркивается, что необходимо значительное увеличение финансирования генетических исследований и совместная работа ученых многих стран в этом направлении. Генные технологии позволяют повысить урожаи в два раза, а созревают новые сорта на 30-50 дней раньше. Они богаче белком и более устойчивы к вредителям. Важно и то, что они хорошо растут без удобрений и гербицидов, которые зачастую слишком дороги для фермеров в бедных странах. По мнению авторов отчета, польза от генетически измененных продуктов значительно перевешивает опасения по поводу их возможного вреда для здоровья.

Во внеклассной работе учитель может организовать мини-диспут по проблеме биологической безопасности для человека животных и окружающей среды генетически модифицированных организмов (ГМО), в частности, трансгенных продуктов питания.

С одной стороны, трансгенные продукты попадают в пищеварительный тракт человека, где происходит переваривание пищи, в частности, гидролиз белков, жиров, углеводов. Никаких новых, не свойственных природным организмам мономеров и составляющих (соответственно α-аминокислот, карбоновых кислот, моносахаридов) при этом не образуется, что не должно приводить к негативным последствиям употребления продуктов с ГМО. По сути, генетически мо-

дифицированными являются и многочисленные сорта овощей, фруктов, злаков. Только генные изменения в них обусловлены либо природными мутациями, либо селекционным отбором. Никому и в голову не придет сомневаться в безопасности яблока сорта Северный синап или сравнивать ее со степенью полезности антоновки. В Институте питания РАН проводились испытания безопасности употребления трансгенной сои. Даже у пятого поколения подопытных крыс не было найдено каких-либо отклонений в развитии или заболеваний.

С другой стороны, выращивание трансгенных растений может влиять на природные экологические системы. Например, придание сельскохозяйственной культуре устойчивости к вредителям сокращает популяцию последних, что, в свою очередь, уменьшает кормовую базу для птиц, и т.д. по пищевой цепи экосистемы. Кроме того, по данным Социально-экологического союза, у крыс, которые употребляли корм с ГМО, снижается плодовитость. Противники использования трансгенных продуктов считают, что существует опасность влияния ГМО на микрофлору кишечника, то есть чужеродный ген может внедриться в полезные бактерии. Употребление трансгенной еды может якобы подавлять иммунитет человека, вызвав мутации болезнетворных бактерий. Есть опасность при введении генов в трансгенное растение внести ген устойчивости к антибиотикам, в результате чего все известные препараты окажутся для человека бессильными против микробов-мутантов.

Однозначного итога дискуссии – «за» или «против» учитель не подводит, а завершает урок еще одной полезной информацией.

Как же отличить трансгенные продукты? На вкус и цвет этого не сделаешь. В ряде стран Западной Европы и Америке под давлением общественности производители обязаны маркировать продуктов питания, произведенные с использованием ГМО.

В 2002 г. Минздрав России ввел обязательную маркировку продуктов, в которых содержится более 5% генно-модифицированного сырья. Но по данным мониторинга, проводимого Госсанэпидслужбой России, в настоящее время про-

изводители часто используют генетически модифицированное продовольственное сырье в рецептурах в количестве менее 5%. А удельный вес пищевых продуктов, содержащих более 1% ГМО, составляет более 80%. Впрочем, даже если товар честно маркирован, несведущий человек просто не поймёт, что держит в руках трансгенный продукт. Вся информация такого рода закодирована. Кто догадается, что значок ARDEX F означает присутствие концентрата соевого белка?

Клеточная инженерия.

В 1902 г. немецкий физиолог Готлиб Габерландт высказал предположение о возможности культивирования *in vitro* (т.е. «в стекле», вне живого организма) изолированных клеток растений, однако его попытки осуществить это на практике оказались неудачными.

Впервые эксперименты по выращиванию клеток были проведены в 1907 г. американским эмбриологом Р. Гаррисон, который доказал, что эмбриональные и даже некоторые зрелые клетки могут расти и размножаться вне тела в подходящей среде.

В 1960 г. ученые обнаружили, что соматические (неполовые) клетки мышей при культивировании в питательной среде способны сливаться, образуя жизнеспособные гибридные клетки. Эти эксперименты положили начало клеточной инженерии животных клеток.

Учитель дает определение клеточной инженерии как технологии выращивания клеток и тканей вне живого организма из соматических клеток или их протопластов.

Метод выращивания изолированных клеток и тканей на искусственных питательных средах в стерильных условиях получил название культуры тканей. В технологии культуры тканей обычно используют каллусную ткань растений. В природе такая ткань образуется на растении в результате повреждения, ее возникновение вызывает быстрое деление клеток. Причем это так называемые дедифференцированные клетки, т.е. не составляющие какую-либо ткань или часть здорового растения. Тем не менее, они содержат ДНК с полной информацией о

растении-хозяине. Каллусную ткань можно получить и искусственным путем из части растения, обработав клетки таким образом, что они теряют свою дифференциацию – превращаются из клеток листа, корня или стебля в набор «обезличенных» растительных клеток.

Учитель кратко рассказывает об использовании методов клеточной инженерии.

1. Оздоровление растений. Из-за вирусных болезней погибает от 10 до 50% урожая сельскохозяйственных культур. Вирусы быстро распространяются по проводящей системе растений, однако они практически не попадают верхушечную часть растения, которая интенсивно делится и обеспечивает его непрерывный рост. Такие ткани называются меристемными или меристемой.

Методами клеточной инженерии меристемной ткани можно получить генетически однородные, здоровые, лишенные вирусов растения в больших количествах.

В некоторых случаях для уничтожения инфекции растение подвергают температурной или химической обработке, и уже потом выделяют меристему и получают из нее здоровые растения-клоны.

2. Селекция растений. Методы клеточной инженерии позволяют значительно ускорить и облегчить традиционный процесс селекции. Биотехнологии позволяют также скрещивать растения, которые в обычных условиях не скрещиваются.

Дальнородственные гибриды получают следующим образом.

Сначала выращивают в стерильных условиях семяпочки одного вида растений и пыльцу растения другого вида. Затем действием специальных препаратов разрушают клеточные стенки и получают протопласты. При этом происходит слияние протопластов с образованием гибридных клеток. Продукты такого слияния культивируют на питательных средах, при этом образуется новая клеточная стенка. Ряд последовательных делений превращает гибридные клетки в

каллусную ткань. Ее переносят в среду для регенерации, где происходит образование зачатков стеблей, корней, а затем и полноценного гибридного растения.

3. Увеличение продуктивности растений с помощью клеточной инженерии можно достичь двумя путями. Во-первых, введение высокоэффективных хлоропластов одних растений в изолированные протопласты других может способствовать активации фотосинтеза и таким образом повышению продуктивности. Во-вторых, фотосинтезирующие цианобактерии могут образовывать ассоциации с растительными клетками в культуре тканей и снабжать их углеводами, что обеспечивает быстрый прирост растения.

4. Клонирование. Вершиной клеточной инженерии по праву считается клонирование животных или отдельных органов из одной-единственной клетки материнского организма.

Клонирование – это метод воспроизведения живого организма или нескольких живых организмов, которые обладают одинаковой наследственной информацией, т.е. одинаковым набором генов. Одно из новейших достижений метода клонирования – создание генетически идентичных объектов, полученных с помощью так называемого замещения ядра клетки. В чем состоит суть метода? Ядро из клетки, укомплектованной парными хромосомами, переносят в неоплодотворенную яйцеклетку, из которой перед тем удалили материнское ядро. Полученный эмбрион «вызревает» в течение нескольких дней, после чего нормально развивающиеся эмбрионы имплантируют суррогатным матерям. С помощью такой технологии была получена в 1996 г. известная на весь мир овца Долли.

До сих пор вокруг этого направления клонирования продолжаются несмолкающие дискуссии среди ученых, юристов, журналистов, представителей Церкви и широкой общественности. Несмотря на противоречивые взгляды в вопросе этики клонирования, недавно в Австралии впервые была выдана лицензия, позволяющая клонировать человеческие эмбрионы. Правда, в лицензии существуют ограничения, позволяющие ученым работать с эмбрионами только на ранних стадиях развития. Строго запрещено использовать клонированные эм-

брионы для искусственного оплодотворения и вынашивания плода. Ученые и медики считают, что если эксперимент пройдет успешно, то это позволит получать эмбриональные стволовые клетки человека, на которых можно испытывать новые лекарственные препараты. В перспективе планируется использовать клонированные стволовые клетки больного для пересадки и лечения.

§22 Классификация полимеров. Искусственные полимеры

Цели урока: в формате обобщения материала курса органической химии, повторить и расшироть сведения о полимерах, их классификации, способах получения, представителях и народнохозяйственном значении искусственных полимеров.

Первый этап урока целесообразно провести в форме беседы с опорой на изученный ранее материал по полимерным веществам. Учащимся задаются вопросы:

Какие вещества называют полимерами? (Соединения с большой молекулярной массой, состоящие из множества повторяющихся структурных звеньев, называются полимерами).

Что называют мономером? (Вещества с небольшой молекулярной массой, которые являются исходными в синтезе полимеров).

Что такое элементарное (структурное) звено полимера, степень полимеризации? (Периодически повторяющийся фрагмент полимерной цепи называют элементарным звеном, число элементарных звеньев в цепи – степенью полимеризации).

С каждым днем открываются все новые и новые области практического применения полимеров: строительные материалы и ткани, бытовые приборы и компьютерная техника, теплоизоляция и детали механизмов. В современном авиалайнере более 150 000 деталей из полимерных материалов, из 1000 килограммов массы автомобиля половина приходится на полимеры.

Учитель говорит, что полимерные соединения по происхождению бывают трех типов: природные, искусственные и синтетические. **Природные высокомолекулярные соединения** окружают нас всюду: это изделия из шерсти и хлопка, кожи и шелка, древесины и природного каучука. Однако чаще, обращает внимание учащихся учитель, вы встречаетесь с **искусственными и синтетическими высокомолекулярными соединениями** или полимерами.

Волокна

- Природные
  - Растительные (лен, хлопок)
  - Минеральные (асбест)
  - Животные (шерсть, шелк)
- Химические
  - Искусственные (ацетатный шелк, вискоза)
  - Синтетические (капрон, нейлон)

Далее учитель характеризует **искусственные полимеры** и материалы на их основе: пластмассы и волокна.

Акцентируйте внимание учащихся на том, что для получения искусственного полимера берут за основу природное высокомолекулярное соединение и действием реактива заменить одну группу атомов на другую, не затрагивая полимерной цепи. Такой процесс называется модификацией полимера, а полученные высокомолекулярные соединения, в отличие от природных или синтетических, называют искусственными.

Схема, иллюстрирующая общий принцип построения цепи искусственных полимеров, приведена в учебнике на примере нитрата целлюлозы. В классах базового уровня изучения химии нет необходимости изображать элементарное звено в виде циклической формы β-глюкозы. В нем выделяют три гидроксильные группы, а основу цепи записывают брутто-формулой $C_6H_7O_2$. На усмотрение учителя в качестве продукта записываю либо динитрат, либо тринитрат целлюлозы.

В качестве примеров материалов, изготавливаемых на основе искусственных полимеров, приводят целлулоид и целлофан (пластмассы), а также триацетатный шелк и вискозу (волокна).

В 1870 г. американский исследователь Джон Хайатт добавил к динитрату целлюлозы камфору и получил блестящий материал молочно-белого цвета. Это принесло ученому победу на конкурсе по замене слоновой кости для бильярдных шаров более дешевым материалом. Пластмасса была названа ***целлулоидом****. Несмотря на высокую горючесть целлулоида, из него делают украшения, расчески, рукоятки, канцелярские принадлежности, пленку и многое другое.*

История ацетатного волокна связана с именем немецкого химика Пауля Шутценбергера, который обрабатывал целлюлозу ледяной уксусной кислотой в присутствии уксусного ангидрида. Полученный продукт – ацетат целлюлозы - растворяли в ацетоне. Если полученный раствор продавливать через фильеры, то образуются блестящие шелковые нити. Ткань, которую стали производить из таких нитей, назвали ацетатным шелком.

В 1892 г. англичане Чарльз Кросс и Эдвард Бевин на основе целлюлозы получили другое искусственное волокно – вискозное. Они обработали целлюлозу разбавленным раствором едкого натра, а затем сероуглеродом. Полученный продукт - ксантогенат целлюлозы – продавливали через фильеры в ванну с разбавленной серной кислотой. В результате он превращался вновь в целлюлозу, но в виде тончайших шелковых нитей. Вискозное волокно используют для изготовления одежды, подкладочных тканей, детских изделий, в качестве корда при производстве автомобильных покрышек.

§23 Синтетические полимеры

Цели урока: повторить уже изученный материал и развить его на химии синтетических полимеров (способах получения, классификации важнейших представителей и их применении)ю

В начале урока учитель актуализирует два уже известных учащимся термина с помощью вопроса классу: какие способы получения полимерных соединений вам известны? (Реакции полимеризации и поликонденсации). Необходимо отметить главное отличие поликонденсации от полимеризации: во втором случае, помимо полимера, образуется побочный продукт реакции с небольшой молекулярной массой (например, вода). Наглядно продемонстрировать различие реакций полимеризации и поликонденсации позволяет схема, приведенная в учебнике.

Следующая часть урока также является своеобразным обобщением изученного ранее материала о полиэтилене, полипропилене, тефлоне, поливинилхлориде и других синтетических полимерах. Поэтому учитель проводит ее в форме беседы, которая сопровождается оформлением опорного конспекта.

Предлагаем еще раз подчеркнуть различие терминов полимер и пластмасса. Пластмассы или пластики – это конструкционные материалы, содержащие полимер, который при формовании изделия находится в вязко-текучем состоянии, а при его эксплуатации – в стеклообразном. Помимо полимерной основы пластмассы содержат порой более десятка сопутствующих компонентов: пластификаторы, смазки, стабилизаторы, армирующие наполнители, красители.

Если позволяет время, можно расширить знания ребят о термических свойствах полимеров. В зависимости от специфики перехода из вязкотекучего в стеклообразное состояние, происходящего при формовании изделия, пластмассы подразделяются на реактопласты и термопласты.

Термопласты могут многократно размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении, принимая каждый раз заданную форму. К подобным веществам относятся знакомые учащимся полиэтилен, полипропилен.

В противоположность термопластам, реактопласты при нагревании не размягчаются, а, напротив, приобретают прочность и твердость. Изделия из термореактивных пластмасс получают иначе: вязкую смолу заливают в формы и затем нагревают. При этом смола твердеет. Изделия из реактопластнов нельзя пе-

реформовывать. К реактопластам относятся, например, фенолоформальдегидные смолы.

Следующий этап урока – характеристика синтетических волокон.

Синтетические волокна производят из синтетических полимеров, полученных с помощью реакций полимеризации или поликонденсации.

Различают следующие виды синтетических волокон: **поливинилхлоридные** (хлорин), **полинитрильные** (нитрон), **полиамидные** (капрон, найлон), п**олиэфирные** (лавсан) и другие. Первые два типа полимеров для изготовления волокон получают реакцией полимеризации, два других – по реакции поликонденсации.

Соответствующий раздел учебника начинается со знакомства с распространенным полиамидным волокном — **капроном**. Приведена реакция поликонденсации аминокапроновой кислоты. Однако учителю следует иметь в виду, что в промышленности капрон получают иным путем – полимеризацией капролактама:

Подойти к синтезу полиамидного полимера можно и с помощью реакции поликонденсации, но иным, очень эффектным путем. Молекула одного мономера должна содержать две карбоксильные группы, молекула второго мономера – две аминогруппы. Поочередно соединяясь друг с другом с отщеплением молекулы воды, мономеры образуют длинную полиамидную цепочку:

Будет полезно, если данную схему учитель приготовит в виде отдельного слайда или плаката.

Если под прямоугольниками и овалами в приведенной схеме «скрываются» фрагменты предельной углеводородной цепочки, такие волокна имеют общее название найлон (или анид). Из найлона изготавливают искусственный шелк, парашютную ткань, щетинку для зубных щеток и, кроме того, детали машин.

Если же прямоугольники и овалы в схеме заменить бензольными кольцами, то поучится еще один уникальный полимер, описанный в учебнике – кевлар.

Наиболее важным из группы синтетических волокон, называемых полиэфирными, является лавсан. Схема его получения очень напоминает синтез найлона. Исходный полимер также получают поликонденсацией двух мономеров. Один из них содержит две карбоксильные группы, второй – две гидроксильные группы. Многократно повторяющаяся реакция этерификации приводит к полимеру, содержащим характерные для сложных эфиров фрагменты:

Аналогично, приведенную схему на уроке следует представить в виде слайда или плаката.

Ткани из лавсана идут на пошив мужских сорочек, дамского платья, трикотажа. В смеси с шерстью из них изготавливают материал для пальто и костюмов. Лавсановые изделия не мнутся и хорошо сохраняют форму. Например, на мужских брюках из лавсана долго сохраняется стрелка, а ткань на коленях не вытягивается.

Начальные знания о пластмассах и волокнах закрепляются в ходе последующей практической работы №2 «Распознавание пластмасс и волокон».

Тема «Пластмассы и волокна» весьма благодатна для демонстрации теснейшей связи химии с повседневной жизнью, что актуально для завершающего этапа изучения химии в 10 классе. В зависимости от профиля класса учитель может сделать акцент либо на проблеме замены природных материалов или металлов полимерными композиционными материалами, либо на вопросах экологической безопасности при использовании полимеров, либо на создании полимеров с заранее заданными физическими свойствами (термостойкость, прочность, упругость, эластичность, низкая плотность, несмачиваемость, и др.).

В классах любого профиля нелишним будет поднять проблему загрязнения окружающей среды полимерными изделиями, поскольку природа обладает ограниченными ресурсами для разложения синтетических высокомолекулярных соединений. Сотни лет без видимых изменений могут пролежать в земле, пребывать в воде полиэтиленовые пакеты, полистирольные баночки из-под йогурта,

пластиковые бутылки из полиэтилентерефталата, пенопластовые упаковочные поддоны. Сжигание полимерного мусора наносит не меньший вред окружающей среде. Каков же выход из создавшегося положения? Хватит ли у человечества мудрости направить ресурсы на то, чтобы последующие поколения получили в наследство цветущую планету, а не мусорную свалку?

Один из путей решения проблемы – создание полимеров, которые бы легко самоуничтожались при попадании в окружающую среду. Российскими учеными уже создана полиэтиленовая пленка для нужд сельского хозяйства, которая после использования разлагается под действием света и влаги. В полимерный материал добавляются специальные каталитические добавки, в тысячи раз ускоряющие процесс окисления материала. При этом свойства самой пленки в течение 3-3,5 месяцев остаются практически такими же, как и обычной, а затем она разлагается на вещества, легко поглощаемые микроорганизмами почвы. Понятно, что ограничивает использование такой пленки ее более высокая стоимость.

Хорошие перспективы открываются в использовании полимерного вещества, называемого поливиниловый спирт. Его химическую формулу можно изобразить так:

$$(-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-)_n$$

Этот материал пригоден для изготовления достаточно прочных пленок, которые разлагаются водой. Причем при высокой температуре этот процесс протекает за несколько часов. Ребята наверняка видели синтетические средства для стиральным машин, упакованные в прозрачные пластиковые капсулы. Эти капсулы изготавливают из поливинилового спирта. При попадании в воду полимер растворяется, высвобождая стиральное средство. Поливиниловый спирт и продукты его гидролиза являются биоразлагаемыми веществами и не наносят вреда природе.

В классах филологического профиля учитель обращает внимание учащихся, что одни и те же химические волокна в разных странах называются по разному.

Если вы прочтете на этикетке немецкое слово «zellwolle», английское «rayon» или более понятное «viscose», знайте, что так обозначают ткань из вискозы. Широко распространенный лавсан в Англии и в США обозначают «lavsan» или «polyester». Синтетическое волокно хлорин немцы помечают буквами «PS», французы обозначают словом «rovil». Если в составе ткани есть капрон, то на импортных этикетках вы прочтете «nylon» (Англия, США) или «perlon» (Германия). И, наконец, нитрон – ткань, которая, пожалуй, лучше всех умеет «маскироваться» под натуральную, у американцев называется «orlon», а у немцев – «PAN».

На упаковке чулочно-носочных изделий, в частности, женских колготок, имеется указание: 40 den или 70 den. Все ли знают, что означает эта надпись? Ден — это несистемная единица линейной плотности полимерного волокна, из которого изготовлено изделие. Ден — это масса нити длиной 9 км (обычно столько требуется для изготовления одной пары колготок). Самой популярной плотностью для каждодневной носки является 15 den, 30 den признана офисным стилем, а 70 den годится для прохладной погоды. Сверхлёгкие (или очень прозрачные) колготки, плотность которых 15, 12 и 10 den, подходят к вечерним платьям.

Содержание

Предисловие

Содержание курса химии 10 класса

Примерное тематическое планирование учебного материала курса химии 10 класса

Методические рекомендации к изучению тем курса химии 10 класса

Глава I. Предмет органической химии. Теория строения органических соединений

§1. Предмет органической химии

§2. Основные положения теории химического строения

Глава II. Углеводороды и их природные источники

§3 Предельные углеводороды. Алканы

§4 Непредельные углеводороды. Алкены

§5 Диеновые углеводороды. Каучуки

§6 Алкины

§7 Ароматические углеводороды, или арены

§8 Природный газ

§9 Нефть и способы её переработки

§10 Каменный уголь и его переработка

Глава III. Кислород- и азотсодержащие органические соединения

§11 Одноатомные спирты

§12 Многоатомные спирты

§13 Фенол

§14 Альдегиды и кетоны

§15 Карбоновые кислоты

§16 Сложные эфиры. Жиры

§17 Углеводы

§18 Амины

§19 Аминокислоты. Белки

§20 Генетическая связь между классами органических соединений

Глава IV. Органическая химия и общество

§21 Биотехнология

§22 Классификация полимеров. Искусственные полимеры

§23 Синтетические полимеры