Предисловие

Данное пособие содержит примерное тематическое планирование учебного материала, поурочные разработки и методические рекомендации к подавляющему большинству уроков курса органической химии базового уровня, а также методологию рубежных контрольных работ.

Курс органической химии базового уровня рассчитан на 1 ч в неделю или на один год обучения по 2 ч в неделю. Следует подчеркнуть, что отобранное для базового уровня обучение органической химии содержание курса позволяет изучать предмет и в режиме 2 ч в неделю. В этом случае у учащихся появляется возможность *не проходить, а изучать, не знакомиться, а усваивать* это содержание.

Учебный материал курса начинается с «Введения», в котором рассматривается теория строения органических соединений в ее классическом понимании — зависимости свойств веществ от их химического строения, т. е. от расположения атомов в молекулах органических соединений согласно валентности. Электронное и пространственное строение органических соединений при количестве часов, которое отпущено на базовое изучение органической химии, рассматривать не представляется возможным. Полученные при изучении «Введения» знания затем закрепляются и развиваются на фактическом материале химии классов органических соединений и их конкретных представителей, которые рассматриваются в порядке усложнения: от более простых — углеводородов до наиболее сложных — биополимеров

(главы «Углеводороды и их природные источники» и «Кислород- и азотсодержащие органические соединения»). Завершается изучение курса органической химии материалом об искусственных и синтетических полимерах.

В содержании курса органической химии сделан акцент на практическую значимость учебного материала. Поэтому нередко изучение представителей каждого класса органических соединений начинается с практической посылки — с их получения. Химические свойства веществ рассматриваются сугубо прагматически — на предмет их практического применения или химической организации живой природы.

В основу конструирования курса положена идея о природных источниках органических соединений и их взаимопревращениях, т. е. идея генетической связи.

Общие рекомендации для изучения органической химии на базовом уровне

В школьном химическом образовании неуклонно сокращается время, выделенное на изучение предмета. Базовый уровень официально отводит на изучение химии 1 ч в неделю, отсюда несколько советов.

Первый совет. Постарайтесь раздвинуть узкие временные рамки, отпущенные учебным планом. Как это сделать? Можно убедить руководство школы, используя в качестве аргумента ссылку на программу курса химии: «Следует подчеркнуть, что отобранное для базового уровня обучения химии содержание рекомендуется изучать в режиме 2 ч в неделю. В этом случае у учащихся появляется (повторимся!) возможность *не проходить*, *а изучать*, *не знакомиться*, *а усваивать это содержание*»[1].

Если же это не удастся, то используйте возможности курсов по выбору. Переход страны на профильную старшую среднюю школу предполагает введение *обязательных* к изучению курсов по выбору, в отличие от необязательных факультативных. В классах гуманитарного, физико-математического и других непрофильных по отношению к химии направлений среднего образования всегда найдется несколько учащихся, желающих поступить по окончании школы в вузы, в которых химия является профильной дисциплиной (медицинские, сельскохозяйственные, биологические и т. д.). Для таких учащихся можно предложить в 10 классе курс по выбору «Избранные вопросы органической химии», ко-

[1] Рабочие программы по химии. 10—11 классы / сост. Т. Д. Гамбурцева. — М.: Дрофа, 2013.

торый рассчитан на 34 ч. Создать такой курс очень просто. Для этого надо взять программу химии базового и углубленного уровней для старшей школы и отобрать наиболее важные вопросы, отсутствующие в программе базового уровня и имеющиеся в программе углубленного уровня.

Второй совет. Постарайтесь изменить свое отношение к преподаванию любимого предмета и вместо хемиоцентрического подхода (когда в центре методики обучения стоит химия) использовать антропо- или человекоцентрический (когда обучение химии в первую очередь строится на основе учета интересов, склонностей и особенностей учащихся).

Статус непрофильной дисциплины обрекает химию в гуманитарных, физико-математических и прочих классах и школах на очень низкую мотивацию ее изучения для большинства учащихся. Повысить их интерес к химии можно, на наш взгляд, усилением прикладного характера содержательной и процессуальной сторон в ее обучении (так называемая «химия и жизнь»).

В таких классах необходимо изменить и язык, на котором учитель объясняет материал учебного предмета, связывать его с литературными, художественными, музыкальными произведениями. Например, при изучении полимеров в 10 классе учитель может вместо сухого, лаконичного, бесстрастного языка использовать эпическое преподнесение материала: «На смену каменному, бронзовому и железному веку в развитии человеческой цивилизации пришел полимерный век. Пластмассы, волокна, каучуки и синтезированные человеческим гением биополимеры изменили и технологию получения веществ и материалов. Наряду с химической технологией бурно разви-ваются биотехнологии, нанотехнологии и генная инженерия».

При таком подходе к вербальному общению будет совсем не лишним применить также и соответствующую наглядность: видеофрагменты, слайды, иллюстрации и т. д.

Кроме этого, необходимо усилить практическую значимость материала, предусмотренного для изучения на базовом уровне. Так, при изучении полимерных материалов в курсе органической химии необходимо обратить внимание на формирование умения читать этикетки трикотажных изделий с целью правильного ухода за ними (чистка, стирка, сушка, утюжка).

В классах и школах гуманитарного профиля усиление гуманитаризации в обучении химии возможно при максимальном использовании приемов, методов и средств, характерных для гуманитарных дисциплин.

Так, в школах и классах с углубленным изучением иностранного языка хороший эффект дает чтение химического материала на иностранном языке. Учителю необходимо подобрать соответствующий программе по химии материал на иностранном языке. Так как подбор такого материала осуществить достаточно трудно, особенно в условиях сельской школы или школы небольшого населенного пункта, воспользуйтесь возможностями местной библиотеки или Интернета. Будет полезным привлечь к работе по подбору химического материала на иностранном языке 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 A_r и M_r происходят от англ. *relative*). С большим удовольствием учащиеся школ и классов с углубленным изучением иностранного языка добывают и представляют информацию о роли ученых-химиков или 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 номен-

клатуре. Например, в органической химии символика русского языка помогает формированию номенклатуры ИЮПАК. 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 обучается большинство детей с ярким образным видением мира, склонных к эмоциональным переживаниям, значительный эффект получается при использовании *приема анимации* — наделения объектов неживого химического мира (элементов, веществ, материалов, реакций) характерными чертами и признаками живого, «очеловечивание» их. Общий способ достижения этой цели отражается в обобщенном названии «Художественный образ вещества или процесса». Следует подчеркнуть, что учащиеся с удовольствием пишут сочинения такого плана, 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, газовые законы), логичнее изучать на основе активных форм обучения (беседы, диспута, элементов уроков-конференций), что позволяет значительно увеличить долю самостоятельной работы учащихся. Такой подход дает возможность широко использовать межпредметные связи и формировать единую естественно-научную картину мира.

Третий совет. Он относится к химическому эксперименту и решению расчетных химических задач. Химия — особая учебная дисциплина, в которой на-

ряду с теоретическими знаниями формируются также экспериментальные и расчетные умения и навыки. А именно на химический эксперимент и решение расчетных задач катастрофически не хватает времени, отпущенного на учебный процесс на базовом уровне. Поэтому уроки химии могут стать скучными, серыми, лишенными эффектной эмоциональной поддержки, которую обеспечивает яркий наглядный химический эксперимент. Отсюда необходимость обеспеченности обучения химии с обязательным демонстрационным экспериментом на каждом уроке. Так как лабораторный ученический эксперимент (в силу узкого временно́го лимита) приобретает в обучении эпизодический характер, возникает необходимость привлечения к выполнению демонстрационного эксперимента учащихся в качестве ассистентов учителя. Это позволит поддерживать на должном уровне практические умения и навыки учащихся, сформированные в основной школе. Некоторую напряженность в обеспеченности наглядностью уроков химии должны снять обязательные коллекции, подготовленные к каждому уроку химии на основе рисунков-коллажей, имеющихся в учебнике. И наконец, часть проблем химического эксперимента могут решить многочисленные видеоматериалы. Однако они применимы только в том случае, если диктуются правилами техники безопасности или требуют значительных затрат времени. В остальных случаях замена ученического и учительского эксперимента на видеофрагменты аналогична заочному или виртуальному «питанию». Эпизодическое, а не системное включение расчетных задач по формулам и уравнениям в процесс обучения химии также приводит к разрыву двух взаимосвязанных сторон рассмотрения химических объектов — веществ и реакций — качественной и количественной. Так как на уроке на решение расчетных задач по химии выкроить время проблематично, то необходимо использовать все возможности самостоятельной работы учащихся, и в первую очередь при подготовке домашнего задания. Приведенные в конце каждого параграфа учебника расчетные задачи учитель оце-

нивает, комментируя результаты оценок, в начале каждого урока на протяжении 3—5 минут. Такая технология позволит решить еще одну, возникающую при обучении химии на базовом уровне (в условиях временно́го цейтнота) проблему «накопляемости» оценок и обоснованности выставления рубежных (полугодовых) и итоговых (годовых) оценок учащимся.

Четвертый совет. Он имеет отношение к актуальной в современной дидактике проблеме интеграции. О том, что в период модернизации образования она приобретает особую актуальность, говорит тот факт, что в качестве альтернативы отдельным одночасовым курсам химии, физики и биологии предлагается интегрированный курс «Естествознание». Идеи интеграции могут плодотворно реализоваться и в обучении химии на базовом уровне.

Во-первых, это *внутрипредметная интеграция*. Она проводится на основе единых законов, понятий и теорий для неорганической и органической химии в курсе общей химии (единая система классификации и свойств неорганических и органических соединений, типология и закономерности протекания реакций между органическими и неорганическими веществами, катализ и гидролиз, окисление и восстановление, полимеры органические и неорганические и др.).

Во-вторых, это *межпредметная естественно-научная интеграция*, позволяющая на химической базе объединить знания физики, географии, биологии, экологии в единое понимание естественного мира, т. е. сформировать целостную естественно-научную картину мира. В свою очередь, это дает возможность старшеклассникам осознать то, что без знания основ химии восприятие окружающего мира будет неполным и ущербным, а люди, не получившие таких знаний, могут неосознанно стать опасными для этого мира, так как химически неграмотное обращение с веществами, материалами и процессами грозит ему немалыми бедами.

В-третьих, это интеграция химии с гуманитарными дисциплинами: историей, литературой, мировой художественной культурой. В свою очередь, такая интеграция позволяет средствами учебного предме-

та показать роль химии и в нехимической сфере человеческой деятельности (например, выполнение учащимися проектов «Химические сюжеты как основа произведений научной фантастики», «Химические ошибки в средствах массовой информации и их причины» и т. д.). Эта интеграция полностью соответствует идеям гуманизации и гуманитаризации обучения химии.

Пятый совет. Изучение химии на базовом уровне не предполагает ответственности учителя за результаты итоговой аттестации по данной учебной дисциплине. Подготовить учащихся к успешной сдаче ЕГЭ при 1—2 ч в неделю, отпущенных на изучение химии на базовом уровне, просто невозможно. Да это и не входит в задачи учителя. Его цель состоит в том, чтобы раскрыть роль химии в жизни современного общества и каждого отдельно взятого человека, показать ее вклад в формирование единой естественно-научной картины мира и целостной научной картины мира. Поэтому учителю необходимо перестать загружать учеников сведениями, превышающими базовый стандарт. Учителя, побуждаемые благими намерениями сформировать хотя бы минимальное представление о своем идеале учебной дисциплины, могут получить обратный эффект. Для учащихся нежеланная, немотивированная и непосильная перегрузка превратит химию в скучный и нелюбимый предмет. Поэтому нужно научиться сдерживать такие благородные порывы и давать только минимально необходимый объем сведений в пределах стандарта.

Шестой совет. Усилить мотивацию учащихся к изучению непрофильной химии возможно через раскрытие связи изучаемого материала с будущей профессиональной деятельностью выпускника средней школы. Наибольший эффект дает самостоятельная работа старшеклассников по раскрытию этой связи. Учитель наиболее высоко оценивает выполнение учащимися заданий типа: «Подготовьте рассказ о том, как связаны знания по химии конкретной темы с обучением в выбранном вами вузе или с вашей будущей профессией».

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 которых составляет использование природного газа», «Как мировые цены на нефть влияют на бюджет нашей страны? Предложите свои варианты уменьшения зависимости экономики России от колебания мировых цен на нефть».

В старших классах в качестве ориентировочной основы обобщения важнейших понятий и теорий химии может служить великая философская истина о том, что все в окружающем мире, в том числе и химическом, относительно. Учащиеся обсуждают этот тезис в ходе дискуссии, например о том, насколько относительно деление полимеров на органические и неорганические (широко известны элементоорганические соединения, например силиконы, которые широко применяются как в промышленности, так и в медицине).

Седьмой совет. Он касается рубежной (тематической, полугодовой, годовой) и итоговой аттестаций знаний старшеклассников по химии. Один час в неделю обрекает учителя химии на лекционно-семинарскую форму проведения учебных занятий. В этой связи проблема накопляемости оценок становится наиболее острой, равно как и слабая ориентировка учителя в том, каким должен быть уровень требований к качеству знаний по предмету. Чтобы разрешить эту проблему, учителю при подготовке к каждой контрольной работе необходимо акцентировать внимание десятиклассников на содержание обязательной части контрольной работы и ряде дополнительных заданий, за которые будут выставлены отдельные отметки.

Рекомендуемый норматив проведения контрольных работ в 10 классе основан на замечательном правиле, которое сформировала советская предметная

методика: «*Количество контрольных работ в полугодие должно соответствовать числу часов, выделяемых на изучение предмета в неделю*».

Следовательно, по органической химии, изучаемой на базовом уровне, оптимальное количество контрольных работ при одном часе в неделю равно двум, а при двух — четырем контрольным работам. Аналогичная норма рекомендуется и для проведения практических работ.

Восьмой совет. Он связан с необходимостью замены (в соответствии с новыми ФГОС) знаниевой парадигмы в обучении на системно-деятельностную.

И хотя старшая школа пока не перешла на новые стандарты, уже сейчас необходимо готовиться к ним и перестраивать свои уроки в соответствии с требованиями времени. Главное направление новых стандартов — усиление развивающей стороны обучения, а также формирование у старшеклассников умения учиться. Отсюда логичным является тезис, который в психологии обучения давно является основополагающим: «Ученик в процессе обучения должен быть не объектом, а субъектом учебной деятельности» (табл. 1).

Таблица 1

Различия традиционного и системно-деятельностного подходов в обучении

Традиционное обучение, основанное на знаниевой парадигме	**Современное обучение, основанное на системно-деятельностной парадигме**
Базируется на принципе доступности	Базируется на принципе развития
Учащийся выступает в роли объекта процесса обучения	Учащийся действует как субъект собственной учебной деятельности
Ориентировано на усвоение определенной суммы знаний, умений и навыков	Ориентировано на усвоение способов познания и формирование ключевых предметных, метапредметных и личностных компетенций

Окончание табл. 1

Традиционное обучение, основанное на знаниевой парадигме	**Современное обучение, основанное на системно-деятельностной парадигме**
Развивает преимущественно обыденное мышление и эмпирический способ познания	Развивает преимущественно теоретическое мышление и теоретический способ познания
Учащиеся усваивают частные способы познания, решая конкретные практические задачи	Учащиеся усваивают общие способы умственной деятельности, решая соответствующие учебные задачи
В результате обучения формируется личность, способная больше к исполнительской деятельности	В результате обучения формируется личность, способная больше к самостоятельной творческой деятельности

Нетрудно заметить, что все предыдущие советы отражают тенденции, изложенные в заключительном, восьмом совете.

Примерное поурочно-тематическое планирование учебного материала

Примерное тематическое планирование является составной частью учебно-методического комплекса (УМК), включающего рабочую программу курса органической химии для 10 класса базового уровня (*Габриелян О. С.* Рабочие программы для 10—11 классов общеобразовательных учреждений. — М.: Дрофа, 2013 и последующие годы) и учебник (*Габриелян О. С.* Химия. 10 класс. Базовый уровень. — М.: Дрофа, 2013 и последующие годы). В УМК также входят:

- Химия. 10 класс. Базовый уровень: учебник / О. С. Габриелян. — М.: Дрофа;
- Химия. 10 класс. Базовый уровень: книга для учителя / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, С. А. Сладков. — М.: Дрофа;
- Химия. 10 класс: рабочая тетрадь к учебнику О. С. Габриеляна «Химия. 10 класс. Базовый уровень» / О. С. Габриелян, А. В. Яшукова. — М.: Дрофа;
- Химия. 10 класс: рабочая тетрадь к учебнику О. С. Габриеляна «Химия. 10 класс. Базовый уровень» / О. С. Габриелян, С. А. Сладков и др. — М.: Дрофа;
- Химия. 10 класс. Контрольные и проверочные работы к учебнику О. С. Габриеляна «Химия. 10 класс. Базовый уровень»: учебное пособие / О. С. Габриелян и др. — М.: Дрофа.

В предлагаемом планировании учебный материал, предназначенный для обучения 2 ч в неделю, выделен курсивом.

Поурочно-тематическое планирование материала. 10 класс. Базовый уровень

(1 ч в неделю на протяжении учебного года или 2 ч в неделю в одном полугодии, всего 34 ч, из них 1 ч — резервное время; или 2 ч в неделю, всего 68 ч, из них 10 ч — резервное время)

Распределение часов при планировании		**Тема урока**	**Содержание урока**	**Вид деятельности обучаемого**
на 34 ч	**на 68 ч**			
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	**1**	***Введение***		
1	1	Методы научного познания	Наблюдение, предположение, гипотеза. Поиск закономерностей. Научный эксперимент. Вывод. **Демонстрации.** Видеофрагменты, слайды с изображением химической лаборатории, проведения химического эксперимента	Использовать основные интеллектуальные операции (формулировать гипотезу, проводить анализ и синтез, обобщение, выявлять причинно-следственные связи), проводить эксперимент и фиксировать его результаты с помощью родного языка и языка химии

3	4	*Тема 1. Теория строения органических соединений*		
1	1	Предмет органической химии	Предмет органической химии. Становление органической химии как науки. Витализм и его крах. **Демонстрации.** Коллекция природных, искусственных и синтетических органических соединений, материалов и изделий из них. Определение элементного состава органических соединений. Плавление, обугливание и горение органических веществ (на примере сахарозы). **Лабораторные опыты.** 1. Определение элементного состава органических соединений	Различать предметы органической и неорганической химии, минеральные и органические вещества. Классифицировать органические вещества по их происхождению на природные, искусственные и синтетические. Проводить и наблюдать химический эксперимент
2	3	Теория строения органических соединений	Основные положения теории строения А. М. Бутлерова. Валентность. Элементы с постоянной и переменной валентностью. Структурные формулы *неорганических* и органических веществ. *Типы углерод-*	Объяснять причины многообразия органических веществ и особенности строения атома углерода. Различать понятия «валентность» и «степень окисления», оперировать ими. Отражать состав и строение

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
			ных цепочек: *линейная*, *разветвленная*, *замкнутая*. *Кратность химической связи*. Изомерия. *Виды изомерии*. Понятие о взаимном влиянии атомов в молекулах органических веществ. **Лабораторные опыты.** 2. Изготовление моделей молекул органических соединений	органических соединений с помощью структурных формул и моделировать их молекулы. Различать понятия «изомер» и «гомолог». Называть изученные положения теории химического строения А. М. Бутлерова
9	**17**	***Тема 2. Углеводороды и их природные источники***		
1	1	Природный газ как источник углеводородов	Природный газ, его состав и направления использования в качестве топлива и химического сырья. *Конверсия метана. Синтез-газ и его использование для получения синтетического бензина и метанола.* **Демонстрации.** Коллекция веществ и материалов, получаемых на основе природного газа	Характеризовать состав и основные направления использования и переработки природного газа. Устанавливать зависимость между объемами добычи природного газа в РФ и бюджетом. Находить взаимосвязь между изучаемым материалом и будущей профессиональной деятельностью. Со-

				блюдать правила экологически грамотного поведения и безопасного обращения с природным газом в быту и на производстве
1	2	Предельные углеводороды. Алканы	Значение природного газа и иных предельных углеводородов в качестве топлива и химического сырья. Метан и другие алканы как составная часть природного газа. Химические свойства метана, обусловливающие его применение (горение, пиролиз, галогенирование). Гомологи метана, изомерия и номенклатура. Дегидрирование этана. *Крекинг и изомеризация алканов. Алкильные радикалы. Механизм свободнорадикального галогенирования алканов.* **Демонстрации.** Шаростержневые и объемные модели молекул первых представителей класса алканов. Физические свойства газообразных (пропан-	Определять принадлежность веществ к различным типам (предельным или непредельным) и классам углеводородов. Называть их по международной номенклатуре, характеризовать строение и свойства важнейших представителей, наблюдать и описывать демонстрационный эксперимент с помощью родного языка и языка химии. Обобщать знания и делать выводы о закономерностях изменения свойств углеводородов в гомологических рядах. Различать понятия «изомер» и «гомолог»

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
			бутановая смесь в зажигалке), жидких (бензин) и твердых (парафин) алканов: агрегатное состояние, растворимость в воде. Горение пропан-бутановой смеси (зажигалка). Отношение алканов к раствору перманганата калия и бромной воде	
1	3	Этиленовые углеводороды или алкены	Этилен как представитель алкенов. Получение этилена в промышленности (дегидрирование этана) и в лаборатории (дегидратация этанола). Свойства (горение, бромирование, гидратация, полимеризация, окисление раствором $KMnO_4$) и применение этилена. Полиэтилен. *Пропилен. Стереорегулярность полимера*. Основные понятия химии высокомолекулярных соединений. Реакции полимеризации.	Называть по международной номенклатуре алкены с помощью родного языка и языка химии. Характеризовать строение, свойства, способы получения и области применения этилена. Наблюдать, самостоятельно проводить и описывать химический эксперимент. Устанавливать зависимость между типом строения углеводорода и его химическими свойствами на примере логических связей: предельный — реакции

			Полиэтилен и области его применения. *Получение полиэтилена полимеризацией этилена, полипропилена полимеризацией пропилена. Правило В. В. Марковникова на примере пропилена.* Качественные реакции на непредельные соединения: обесцвечивание бромной воды и раствора перманганата калия. *Гомологический ряд этиленовых углеводородов, изомерия (углеродного скелета и положения кратной связи), номенклатура.* Получение этилена дегидратацией этанола и дегидрированием этана. **Демонстрации.** Шаростержневая и объемная модели молекулы этилена. Горение этилена. Коллекция «Полиэтилен и изделия из него». **Лабораторные опыты.** 3. Обнаружение непредельных соединений в жидких нефтепродуктах	замещения, непредельный — реакции присоединения

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
1	2	Диеновые углеводороды. Каучуки	Каучук и его свойства. Вулканизация каучука. Резина. Изопрен как мономер природного каучука. Синтетический каучук. 1,3-Бутадиен как мономер дивинилового и бутадиенового синтетических каучуков. Иные химические свойства диенов: галогенирование, *гидрогалогенирование, гидрирование, 1,2- и 1,4-присоединение. Получение диеновых углеводородов методом С. В. Лебедева и дегидрированием алканов. Гомологический ряд сопряженных диеновых углеводородов, номенклатура.* **Демонстрации.** Модели (шаростержневая и объемная) молекул 1,3-бутадиена и 2-метил-1,3-бутадиена (изопрена). Разложение каучука при нагревании, испытание продук-	Называть по международной номенклатуре диены. Характеризовать строение, свойства, *способы получения* и области применения 1,3-бутадиена. Наблюдать и описывать демонстрационный химический эксперимент

			тов разложения на непредельность. Коллекции «Каучуки», «Резина и изделия из нее»	
1	2	Ацетиленовые углеводороды, или алкины	Высокотемпературное пламя ацетилена как одна из областей его применения. Получение ацетилена пиролизом метана и карбидным способом. *Получение карбида кальция.* Химические свойства ацетилена: галогенирование, гидрогалогенирование (хлорвинил и поливинилхлорид, его применение), гидратация (реакция М. Г. Кучерова), тримеризация (реакция Н. Д. Зелинского). *Гомологический ряд, изомерия, номенклатура алкинов.* **Демонстрации.** Модели (шаростержневая и объемная) молекулы ацетилена. Горение ацетилена. **Лабораторные опыты.** 4. Получение и свойства ацетилена	Называть по международной номенклатуре алкины с помощью родного языка и языка химии. Характеризовать строение, свойства, способы получения и области применения ацетилена. Наблюдать, самостоятельно проводить и описывать химический эксперимент. Различать особенности реакций присоединения у ацетилена от реакций присоединения этилена

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
1	2	Ароматические углеводороды, или арены	Открытие бензола, его свойства и первые области применения. Установление химического строения бензола. Формула Кекуле. *Современные представления о строении бензола.* Химические свойства бензола: галогенирование, нитрование. *Получение бензола. Гомолог бензола — толуол.* **Демонстрации.** Объемная модель молекулы бензола. Горение бензола. Отношение бензола к бромной (иодной) воде и раствору перманганата калия (на примере технических растворителей, содержащих арены)	Характеризовать особенности строения, свойства и области применения бензола с помощью родного языка и языка химии. Наблюдать и описывать демонстрационный химический эксперимент
1	2	Нефть и способы ее переработки	Нефть, ее состав, физические свойства и *происхождение*. Экологические последствия разлива нефти и способы борьбы с ними. Процессы перера-	Характеризовать состав и основные направления использования и переработки нефти. Устанавливать зависимость между объемами добычи нефти

			ботки нефти: ректификация, крекинг, *риформинг*. Продукты переработки нефти и их использование. *Понятие об октановом числе.* **Демонстрации.** Образование нефтяной пленки на поверхности воды. Обнаружение непредельных соединений в жидких нефтепродуктах. **Лабораторные опыты.** 5. Ознакомление с коллекцией «Нефть и продукты ее переработки»	в России и бюджетом государства. Находить взаимосвязь между изучаемым материалом и будущей профессиональной деятельностью. Соблюдать правила экологически грамотного поведения и безопасного обращения с нефтепродуктами в быту и на производстве
1	2	Обобщение и систематизация знаний об углеводородах	Классификация углеводородов по строению углеродного скелета и наличию кратных связей. Взаимосвязь между составом, строением и свойствами углеводородов. Генетическая связь между классами углеводородов	Классифицировать углеводороды по строению углеродного скелета и наличию кратных связей. Устанавливать взаимосвязь между составом, строением и свойствами углеводородов. Описывать генетические связи между классами углеводородов с помощью родного языка и языка химии

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
1	1	Контрольная работа № 1 по теме «Углеводороды»		Проводить рефлексию собственных достижений в познании химии углеводородов. Анализировать результаты контрольной работы и выстраивать пути достижения желаемого уровня успешности
8	**14**	***Тема 3. Кислородсодержащие органические соединения***		
1	2	Спирты	Этиловый спирт и его свойства. Окисление этанола (ферментативное, оксидом меди (II)). Химические свойства этанола: дегидратация, взаимодействие с натрием, горение. Получение этанола гидратацией этилена, *щелочным гидролизом галогенэтана,* брожением сахаров. Гомологический ряд одноатомных спиртов, изомерия, номенклатура. Многоатомные спирты: *этиленгликоль*, глицерин.	Называть по международной номенклатуре спирты. Характеризовать строение, свойства, способы получения и области применения этанола и глицерина с помощью родного языка и языка химии. Классифицировать спирты по их атомности. Наблюдать, самостоятельно проводить и описывать химический эксперимент

			Качественная реакция на многоатомные спирты. **Демонстрации.** Модели (шаростержневые и объемные) молекул спиртов: метанола, этанола, *этиленгликоля* и глицерина. Горение этанола. Взаимодействие этанола с натрием. Получение этилена из этанола. **Лабораторные опыты.** 6. Свойства этилового спирта. 7. Свойства глицерина	
1	1	Каменный уголь	Каменный уголь и его использование. Коксование каменного угля, важнейшие продукты коксохимического производства. **Демонстрации.** Коллекция «Каменный уголь». Коллекция продуктов коксохимического производства	Характеризовать происхождение и основные направления использования и переработки каменного угля. Устанавливать зависимость между объемами добычи каменного угля в РФ и бюджетом. Находить взаимосвязь между изучаемым материалом и будущей профессиональной деятельностью. Соблюдать правила экологически грамотного поведения и безопасного обращения с камен-

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
				ным углем и продуктами коксохимического производства в быту и промышленности
1	2	Фенол	Строение молекулы и физические свойства фенола. Взаимное влияние атомов в молекулах органических веществ на примере фенола. Химические свойства фенола, подтверждающие взаимное влияние атомов: кислотные свойства, реакции галогенирования, нитрования. Получение фенола из каменноугольной смолы и *из производных бензола.* **Демонстрации.** Объемная модель молекулы фенола. Растворимость фенола в воде при комнатной температуре и при нагревании. Взаимодействие фенола с раствором щелочи и бромной водой. Качественная реакция на фенол с хлоридом железа(III)	Характеризовать особенности строения и свойства фенола на основе взаимного влияния атомов в молекуле, а также способы получения и области применения фенола с помощью родного языка и языка химии. Наблюдать и описывать демонстрационный химический эксперимент. Соблюдать правила экологически грамотного и безопасного обращения с горючими и токсичными веществами в быту и окружающей среде

1	2	Альдегиды	Производство и использование строительных и отделочных материалов на основе полимеров из фенолоформальдегидных смол и их аналогов. Формальдегид, его строение и физические свойства. *Формалин.* Химические свойства формальдегида: гидрирование, окисление. *Реакции поликонденсации.* Гомологический ряд альдегидов, изомерия, номенклатура. Качественная реакция на альдегидную группу. Получение формальдегида и ацетальдегида из соответствующих спиртов. *Понятие о кетонах. Альдегиды и кетоны в природе.* **Демонстрации.** Модели (шаростержневые и объемные) молекул метаналя и этаналя. Ознакомление с коллекцией пластмасс и изделий из них. **Лабораторные опыты.** 8. Свойства формальдегида	Характеризовать особенности свойств формальдегида и ацетальдегида на основе строения молекул, способы получения и их области применения с помощью родного языка и языка химии. Наблюдать, описывать и проводить химический эксперимент. Соблюдать правила экологически грамотного и безопасного обращения с горючими и токсичными веществами в быту и окружающей среде

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
1	2	Карбоновые кислоты	Карбоновые кислоты в природе и в быту. Химические свойства карбоновых кислот в сравнении со свойствами соляной кислоты (взаимодействие с металлами, осно́вными оксидами, основаниями, солями). Уксусная кислота как слабый электролит, ионные уравнения реакций с ее участием. Реакция этерификации. Гомологический ряд предельных одноосновных карбоновых кислот, изомерия, номенклатура. Получение *муравьиной* и уксусной кислот. *Отдельные представители кислот иного строения*: *олеиновая*, *линолевая*, *линоленовая*, *акриловая*, *щавелевая*, *бензойная*. **Демонстрации.** Модели (шаростержневые и объемные) молекул муравьиной и уксусной	Характеризовать особенности свойств карбоновых кислот на основе строения их молекул, а также способы получения и области применения *муравьиной* и уксусной кислот с помощью родного языка и языка химии. Различать общее, особенное и единичное в строении и свойствах органических (*муравьиной* и уксусной кислот) и неорганических кислот. Наблюдать, описывать и проводить химический эксперимент. Соблюдать правила экологически грамотного и безопасного обращения с горючими и токсичными веществами в быту и окружающей среде

			кислот. Образцы некоторых карбоновых кислот: муравьиной, уксусной, олеиновой, стеариновой, *щавелевой*, *бензойной*, *лимонной*. Отношение различных карбоновых кислот к воде. Получение сложного эфира реакцией этерификации. **Лабораторные опыты.** 9. Свойства уксусной кислоты	
1	2	Сложные эфиры. Жиры	Изучение состава жиров. Жиры растительного и животного происхождения, различия в их составе. Гидролиз жиров и их омыление. Мыла. *Синтетические моющие средства* (*СМС*). *Экологические аспекты применения СМС*. Гидрирование жидких жиров. Производство твердых жиров на основе растительных масел. Понятие о сложных эфирах. Сложные эфиры одноосновных карбоновых кислот и одно-	Характеризовать особенности свойств жиров на основе строения их молекул, а также классификации жиров по их составу и происхождению и производство твердых жиров на основе растительных масел. На основе реакции этерификации характеризовать состав, свойства и области применения сложных эфиров. Наблюдать, описывать и проводить химический эксперимент. Соблюдать правила экологически

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
			атомных спиртов. *Изомерия и номенклатура сложных эфиров.* Реакция этерификации. Сложные эфиры в природе. Жиры как сложные эфиры глицерина и высших карбоновых кислот. *Замена жиров в технике непищевым сырьем.* **Демонстрации.** Коллекция пищевых жиров и масел. Растворимость жиров в органических и неорганических растворителях. Изготовление мыла. Коллекция образцов природных пахучих эфирных масел. Коллекция жидких и твердых моющих средств. **Лабораторные опыты.** 10. Свойства жиров. 11. Сравнение свойств растворов мыла и стирального порошка	грамотного и безопасного обращения с горючими и токсичными веществами в быту и окружающей среде

2	3	Углеводы	Состав углеводов, их нахождение и роль в природе. Значение углеводов в технике, быту, производстве. Классификация углеводов: моно-, ди- и полисахариды. *Строение молекулы глюкозы.* Двойственность функции органического вещества на примере глюкозы (альдегидоспирт). Химические свойства глюкозы, доказывающие двойственность ее функции: гидрирование, взаимодействие с гидроксидом меди(II), окисление (*ферментативное*, реакция «серебряного зеркала»). Брожение глюкозы. Фотосинтез. *Фруктоза как изомер глюкозы.* Сахароза как представитель дисахаридов. *Производство сахара.* Полисахариды: крахмал, целлюлоза. Сравнение их строения и свойств. Качественная реакция на крахмал.	Характеризовать состав углеводов и их классификацию на основе способности к гидролизу. Описывать свойства глюкозы как вещества с двойственной функцией (альдегидоспирта). Устанавливать межпредметные связи химии и биологии на основе раскрытия биологической роли и химических свойств важнейших представителей моно-, ди- и полисахаридов. Наблюдать, описывать и проводить химический эксперимент. Соблюдать правила техники безопасности при работе в кабинете химии

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
			Демонстрации. Коллекция крахмалосодержащих продуктов питания и продуктов на основе сахарозы. Взаимодействие глюкозы и сахарозы с гидроксидом меди(II). **Лабораторные опыты.** 12. Химические свойства глюкозы. 13. Свойства крахмала	
8	**12**	***Тема 4. Азотсодержащие органические соединения***		
1	2	Амины. Анилин	Природные красители как производные анилина. Открытие и структура анилина. Аминогруппа. Основные свойства анилина. Бромирование анилина (*качественная реакция на анилин*). *Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений на примере анилина.* Получение анилина. Реакция Н. Н. Зинина.	Характеризовать особенности строения и свойства анилина на основе взаимного влияния атомов в молекуле, а также способы получения и области применения анилина с помощью родного языка и языка химии. Наблюдать и описывать демонстрационный химический эксперимент. Соблюдать правила экологически грамотного и безопасного обра-

			Демонстрации. Модели (шаростержневые и объемные) молекул метиламина и анилина. Физические свойства анилина: агрегатное состояние, цвет, запах, отношение к воде. Взаимодействие анилина с кислотами. Взаимодействие газообразных метиламина и хлороводорода. Отношение анилина к бромной (иодной) воде. Коллекция анилиновых красителей и препаратов на основе анилина	щения с горючими и токсичными веществами в быту и окружающей среде
1	1	Аминокислоты	Аминокапроновая кислота. Полиамидные волокна, капрон. Реакция поликонденсации. *Понятие об амидах карбоновых кислот.* Понятие об аминокислотах. Аминокислоты как бифункциональные амфотерные соединения. Физические свойства аминокислот. *Особенности диссоциации аминокислот в водных растворах. Биполярные ионы.*	Описывать свойства аминокислот как бифункциональных амфотерных соединений. Устанавливать межпредметные связи химии и биологии на основе раскрытия биологической роли и химических свойств аминокислот. Наблюдать и описывать демонстрационный химический эксперимент

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
			Классификация и номенклатура аминокислот. Дипептиды. Пептидная связь. Способы получения аминокислот. Аминокислоты в природе, *их биологическая роль. Незаменимые аминокислоты.* **Демонстрации.** Аптечные препараты, содержащие аминокислоты. Упаковки от продуктов, содержащих аминокислоты и их соли (продукты питания, содержащие вещества с кодами Е620 — глутаминовая кислота, Е621 — глутаминат натрия, Е622—525 — глутаминаты других металлов, Е640 — глицин, Е641 — лейцин). Доказательства амфотерности аминокислот	
1	2	Белки	Белки как биополимеры, их строение (первичная, вторичная и третичная структуры),	Описывать структуры и свойства белков как биополимеров. Устанавливать межпред-

			химические свойства (денатурация, гидролиз, качественные реакции — биуретовая и ксантопротеиновая). Биологические функции белков: строительная, ферментативная, защитная, *транспортная, сигнальная и др.* **Демонстрации.** Денатурация раствора куриного белка под действием температуры, растворов солей тяжелых металлов и этанола. Горение птичьего пера, шерстяной нити и кусочка натуральной кожи. Цветные реакции белков. **Лабораторные опыты.** 14. Свойства белков	метные связи химии и биологии на основе раскрытия биологической роли и химических свойств белков. Проводить, наблюдать и описывать химический эксперимент
1	1	Понятие о нуклеиновых кислотах	ДНК и РНК как биополимеры. Общая схема строения нуклеотида. Сравнение строения, нахождение в клетке и функции ДНК и РНК. *Виды РНК и их функции. Понятие о биотехнологии и ее использование. Понятие о генной инженерии.*	Описывать структуру и состав нуклеиновых кислот как полинуклеотидов. Устанавливать межпредметные связи химии и биологии на основе раскрытия биологической роли этих кислот в передаче и хранении наследственной информации

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
			Генномодифицированные продукты. **Демонстрации.** Модель молекулы ДНК. Образцы продуктов, полученных из трансгенных форм растений и животных. Лекарственные средства и препараты, изготовленные с помощью генной инженерии	
1	2	Генетическая связь между классами органических соединений	Понятие о генетической связи и генетическом ряде на примере взаимопереходов между классами углеводородов и кислород- и азотсодержащих соединений. Иллюстрация генетической связи на примере органических соединений различных классов, содержащих два атома углерода. **Демонстрации.** Переход: этанол → этилен → этиленгликоль	Устанавливать взаимосвязь между составом, строением и свойствами представителей классов углеводородов и кислород- и азотсодержащих соединений. Описывать генетические связи между классами углеводородов с помощью родного языка и языка химии

1	1	Практическая работа № 1 «Идентификация органических соединений»	Решение экспериментальных задач по идентификации органических соединений	Проводить, наблюдать и описывать химический эксперимент для подтверждения строения и свойств различных органических соединений, а также их идентификации с помощью качественных реакций
1	2	Обобщение и систематизация знаний о кислород- и азотсодержащих органических соединениях	Классификация кислород- и азотсодержащих органических соединений по наличию функциональных групп. Составление формул и названий кислород- и азотсодержащих органических соединений, их гомологов и изомеров. Свойства представителей важнейших классов этих соединений, их получение и применение. Генетическая связь между различными классами кислород- и азотсодержащих органических соединений и углеводородов. Подготовка к контрольной работе. Решение расчетных задач	Классифицировать кислород- и азотсодержащие органические соединения по наличию функциональных групп. Составлять формулы и давать названия кислород- и азотсодержащим органическим соединениям. Описывать свойства представителей важнейших классов этих соединений, их получение и применение с помощью родного языка и языка химии. Устанавливать генетическую связь между различными классами кислород- и азотсодержащих органических соединений и углеводородов

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
1	1	Контрольная работа № 2 по теме «Кислород- и азотсодержащие органические вещества»		Проводить рефлексию собственных достижений в познании химии углеводородов, а также кислород- и азотсодержащих органических веществ. Анализировать результаты контрольной работы и выстраивать пути достижения желаемого уровня успешности
4	**10**	***Тема 5. Химия и жизнь***		
1	2	Пластмассы и волокна	Полимеризация и поликонденсация как способы получения синтетических высокомолекулярных соединений. Получение искусственных высокомолекулярных соединений химической модификацией природных полимеров. Строение полимеров: линейное, пространственное, сетчатое. Понятие о пластмассах. Термопластичные и термореактив-	Характеризовать реакции полимеризации и поликонденсации как способы получения синтетических высокомолекулярных соединений. Описывать отдельных представителей пластмасс и волокон, их строение и классификацию с помощью родного языка и языка химии

			ные полимеры. Отдельные представители синтетических и искусственных полимеров: фенолоформальдегидные смолы, поливинилхлорид, тефлон, целлулоид. Понятие о химических волокнах. Натуральные, синтетические и искусственные волокна. Классификация и отдельные представители химических волокон: ацетатное (триацетатный шелк) *и вискозное* волокна, *винилхлоридные* (*хлорин*), *полинитрильные* (*нитрон*), *полиамидные* (*капрон*, *найлон*), *полиэфирные* (*лавсан*). **Демонстрации.** Коллекция синтетических и искусственных полимеров, пластмасс и изделий из них. Коллекция синтетических и искусственных волокон и изделий из них. Распознавание натуральных (хлопчатобумажного и льняного, шелкового и шерстяного)	

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
			и искусственных волокон (ацетатного, вискозного) по отношению к нагреванию и химическим реактивам (концентрированным кислотам и щелочам). **Лабораторные опыты.** 15. Знакомство с образцами пластмасс, волокон и каучуков	
$^1/_2$	1	Ферменты	Понятие о ферментах как биологических катализаторах белковой природы. Особенности строения и свойств (селективность и эффективность, зависимость действия от температуры и pH среды раствора) ферментов по сравнению с неорганическими катализаторами. Значение ферментов для жизнедеятельности живых организмов. Применение ферментов в промышленности.	На основе межпредметных связей с биологией устанавливать общее, особенное и единичное для ферментов как биологических катализаторов. Раскрывать их роль в организации жизни на Земле, а также в пищевой и медицинской промышленности

			Демонстрации. Лекарственные средства, содержащие ферменты: «Пепсин», «Мезим», «Фестал» и др. Стиральные порошки (упаковки), содержащие ферменты. Действие сырого и вареного картофеля или мяса на раствор пероксида водорода	
$^1/_2$	1	Витамины	Понятие о витаминах. Нормы потребления витаминов и их функции. Понятие об авитаминозах, гиповитаминозах, гипервитаминозах. Классификация витаминов. Витамин С как представитель водорастворимых витаминов и витамин А как представитель жирорастворимых витаминов. **Демонстрации.** Образцы витаминных препаратов, в том числе поливитамины. Фотографии животных и людей с различными формами авитаминозов. Испытание среды раствора аскорбиновой кислоты	На основе межпредметных связей с биологией раскрывать биологическую роль витаминов и их значение для сохранения здоровья человека

Окончание табл.

1	2	3	4	5
$^1/_2$	1	Гормоны	Понятие о гормонах как биологически активных веществах, выполняющих эндокринную регуляцию жизнедеятельности организмов. Важнейшие свойства гормонов: высокая физиологическая активность, дистанционное действие, быстрое разрушение в тканях. Отдельные представители гормонов: инсулин и адреналин. Профилактика сахарного диабета. *Понятие о стероидных гормонах на примере половых гормонов.* **Демонстрации.** Испытание аптечного препарата инсулина на белок. Коллекция гормональных препаратов	На основе межпредметных связей с биологией раскрывать химическую природу гормонов и их роль в организации гуморальной регуляции деятельности организма человека
$^1/_2$	1	Лекарства	Лекарственная химия: от ятрохимии и фармакотерапии до химиотерапии. Антибиотики и дисбактериоз. Наркотические вещества. Наркомания, борьба с ней и профилактика.	Раскрывать роль лекарств от фармакотерапии до химиотерапии. Осваивать нормы экологического и безопасного обращения с лекарственными препаратами. Формировать внут-

			Демонстрации. Домашняя, лабораторная и автомобильная аптечки	реннее убеждение о неприемлемости даже однократного применения наркотических веществ
1	1	Практическая работа № 2 «Распознавание пластмасс и волокон»	Решение экспериментальных задач на распознавание пластмасс (полиэтилена, поливинилхлорида, фенолоформальдегидной) и волокон (хлопчатобумажного, вискозного, ацетатного, капронового, из натуральной шерсти и натурального шелка)	Проводить, наблюдать и описывать химический эксперимент для идентификации пластмасс и волокон с помощью качественных реакций
—	3	*Решение задач по органической химии*	*Повторение и обобщение материала за курс органической химии. Решение задач на вывод формулы органического вещества по продуктам сгорания и массовым долям элементов*	*Рассматривать химические реакции качественно и количественно с помощью расчетов. Решать задачи на вывод формулы органического вещества по продуктам сгорания и массовым долям элементов*
1	10	Резервное время		
34	**68**	**Всего часов по курсу**		

Методические рекомендации к изучению темы «Введение. Предмет органической химии. Теория химического строения органических соединений»

Предмет органической химии. Валентность. Теория химического строения органических соединений А. М. Бутлерова

Цели уроков. Дать понятие о предмете органической химии — органических веществах (природных, искусственных, синтетических), сформировать понятия «валентность» и «химическое строение» как порядок соединения атомов в молекулах веществ по валентности. Начать формировать умение учащихся отражать это строение на письме с помощью полных и сокращенных структурных формул. Раскрыть роль органической химии в жизни современного общества. Сформулировать основные положения теории химического строения органических соединений А. М. Бутлерова. Дать понятие о гомологии и изомерии как причинах многообразия органических соединений.

Оборудование и реактивы. Коллекции природных, искусственных и синтетических органических соединений и материалов и изделий из них. Шаростержневые и масштабные (Стюарта—Бриглеба) модели молекул органических соединений. Оксид меди(II), известковая вода, прибор для получения газов, парафиновая свеча, безводный сульфат меди(II).

Предмет органической химии

В начале урока учитель подчеркивает, что в неорганической химии изучались минеральные (неорганические) вещества, а на этом уроке учащиеся по-

знакомятся с новым типом веществ — *органических*. Свое название эти вещества получили потому, что раньше их получали исключительно из продуктов жизнедеятельности живых организмов.

Демонстрация образцов природных, искусственных и синтетических материалов. Обобщение по этой части урока оформляется схемой (схема 1).

Схема 1

Классификация органических соединений по происхождению

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Природные	Искусственные	Синтетические
Получены на основе природного растительного и животного сырья: белки, жиры, углеводы, витамины, гормоны, натуральный каучук, природные волокна (хлопок, лен, шерсть, шелк)	Получены: 1) на основе природного сырья путем его химического преобразования; 2) химически модифицированные органические соединения (целлулоид, ацетатное волокно)	Получены синтетическим путем, соединением более простых молекул в сложные (синтетические каучуки, волокна, пластмассы, синтетические гормоны)

Исторический очерк возникновения и развития органической химии учителю подробно дать не позволит недостаток времени. Поэтому ему следует остановиться только на учении о витализме и его крахе, а также подробно раскрыть вклад отечественных ученых в развитие мировой органической химии. Далее необходимо рассмотреть особенности органической химии в сравнении с неорганической. Обобщение этой части урока можно представить в форме таблицы 2.

Таблица 2

Сравнение органической и неорганической химии

Признаки сравнения	Неорганическая химия	Органическая химия
1. Предмет изучения	Минеральные вещества	Органические соединения
2. Число известных веществ	100 тыс.	Более 25 млн
3. Образующие их элементы	110 химических элементов	C, H, а также O, N, S, Cl и некоторые другие
4. Важнейшее понятие для составления формул	Степень окисления	Валентность
5. Ведущая теория	Периодический закон	Теория строения органических соединений
6. Авторы ведущих теорий	Д. И. Менделеев	А. М. Бутлеров, Ф. А. Кекуле, А. Купер
7. Причины многообразия веществ	Аллотропия	Изомерия, гомология, способность атомов углерода образовывать различные цепи (линейные, разветвленные, циклические)
8. Сходство	Строение, свойства, получение и применение веществ или их значение в живой и неживой природе, а также в жизни человека	

Анализ таблицы 2 позволит расставить следующие акценты.

• Подавляющее большинство органических соединений горят с образованием углекислого газа и воды.

• Талантом и гением химиков созданы сотни тысяч веществ, не встречающихся в живой природе, — *синтетические вещества*. Тем не менее в силу традиций и эти вещества называют органическими.

• Природные и синтетические органические вещества состоят из атомов углерода, в подавляющем большинстве содержат также атомы водорода и нередко атомы кислорода, азота и некоторых других элементов. Органических веществ, построенных этими элементами (в первую очередь углеродом), насчитывается более 25 млн, тогда как неорганических веществ, образованных всеми 110 элементами таблицы Менделеева, насчитывается всего 100 тыс.

Следующий акцент относится к сравнению валентности и степени окисления.

Валентность. Химическое строение

Для неорганической химии ведущей теоретической основой являются Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева, а для органической такой основой служит теория химического строения органических соединений А. М. Бутлерова.

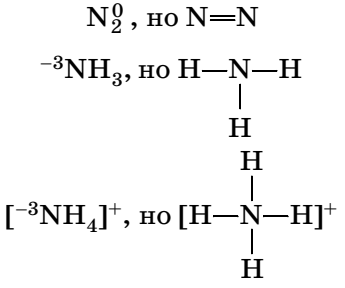
Что же такое химическое строение? Учитель подчеркивает, что под химическим строением понимают порядок соединения атомов в молекулы согласно валентности. А что такое, в свою очередь, валентность? Ученики по заданию учителя вспоминают однокоренное химическое понятие — «ковалентная химическая связь».

Следовательно, понятие «валентность» определяется числом ковалентных связей, т. е. числом общих электронных пар, вне зависимости от того, по какому механизму образовались эти пары — по обменному или донорно-акцепторному.

Далее учитель подчеркивает, что в органической химии понятие «валентность» является аналогом понятия «степень окисления», которым учащиеся широко пользовались в неорганической химии. Но эти понятия не равнозначны, так как валентность не может быть нулевой и не имеет знака, тогда как сте-

пень окисления обязательно характеризуется знаком и может иметь значение, равное нулю.

Чтобы показать различие между понятиями «валентность» и «степень окисления», учитель просит учащихся обратиться к химии азота.



В органической химии порядок соединения атомов в молекулах веществ по валентности, т. е. их химическое строение, отражают с помощью структурных формул — полных и сокращенных. Учитель предлагает учащимся определить степени окисления углерода и записать молекулярные и полные и сокращенные структурные формулы для метана CH_4, этана C_2H_6 и пропана C_3H_8 с учетом того, что углерод в органических соединениях всегда четырехвалентен. Этот этап урока он сопровождает демонстрацией различных моделей молекул этих соединений.

Закрепляют представление учащихся о различиях между валентностью и степенью окисления на примере бутана, этилена, ацетилена, бензола (для последнего на формуле Кекуле).

Основные положения теории строения органических соединений А. М. Бутлерова

1. Атомы в молекулах веществ соединены согласно их валентности.

Учитель подчеркивает, что свободных валентностей у атомов химических элементов не должно быть, все они должны быть задействованы, что и отражают структурные формулы. Еще раз записываются

сокращенные структурные формулы метана, этана, пропана, бутана. Это позволит учителю начать формирование понятия о гомологическом ряде и гомологах. Выделяются признаки гомологического ряда: расположение веществ по возрастанию M_r, сходство строения и, очевидно, свойств, возможность отразить эти особенности с помощью общей формулы.

2. Свойства веществ зависят не только от их состава (***качественного и количественного*** — повторяется, что это такое), ***но и от строения.***

Это положение объясняет явление изомерии, которое рассматривается на примере существования изомеров бутана, а также этанола и диметилового эфира.

Обращаем внимание учителей на то, что, начиная со второго издания, в учебник базового уровня автор под давлением рецензентов с целью получения грифа «Рекомендовано МО РФ» был просто вынужден включить материал о видах и типах изомерии (!). *Учителю материал, отмеченный в учебнике синей полосой слева, включать в содержание урока не следует, если на изучение химии отводится лишь 1 ч в неделю. Этот материал предназначен для 2 ч в неделю.*

3. Атомы в молекулах веществ взаимно влияют друг на друга.

Это положение учитель может раскрыть, сравнивая строения и свойства этанола и диметилового эфира в контексте учебника.

Особо подчеркнем, что на первых двух уроках по курсу органической химии мы рекомендуем дать понятия о термохимических уравнениях и расчетах по ним.

Напоминаем, что согласно ФГОС базового уровня в старшей школе (по сравнению с основной) введение новых типов расчетных задач (например, вывод формул по массовым долям образующих вещества элементов или вывод формул веществ по продуктам их горения) не предусмотрено. Из новых типов задач лишь в ознакомительном плане предлагаются только расчеты по термохимическим уравнениям.

Методические рекомендации к изучению темы «Углеводороды и их природные источники»

Природный газ. Алканы

Цели урока. Дать представление о предельных углеводородах — алканах, используя материал предыдущего урока. Начать формировать умение называть углеводороды по формуле и наоборот. Связать материал урока с физической географией, экономикой и политикой, раскрывая роль природного газа в мировой энергетике. Рассмотреть химические свойства метана, лежащие в основе его применения. Дать понятие о реакции дегидрирования этана.

Природный газ

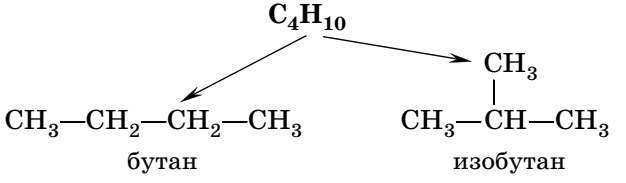
Учитель вводит понятие «углеводороды» и называет в качестве их важнейшего источника природный газ. В контексте параграфа учебника учитель показывает приоритет нашей страны по запасам, добыче и транспортировке природного газа, используя для этого географические карты и видеофрагменты. В ходе беседы выясняется, какую роль играют углеводороды в межгосударственных отношениях (процессы интеграции и вооруженные конфликты), в экономике страны, раскрываются преимущества природного газа перед другими видами топлива.

Изомерия алканов. Номенклатура

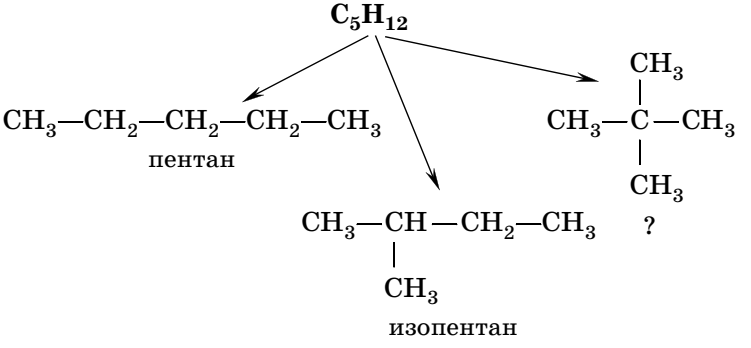
Явление изомерии — очень важное понятие органической химии, которое развивается и конкретизируется на протяжении всего курса. В этом уроке на

примере алканов нужно сделать первые шаги, чтобы научить ребят составлять структурные формулы изомеров.

Преподаватель сначала активизирует внимание учащихся на рассматриваемом явлении. Что такое изомерия? Что такое изомеры? Имеют ли изомеры метан, этан, пропан? Выясняется, что, начиная с бутана, алканы могут иметь *структурные изомеры*, которые отличаются *строением углеродной цепи*:



Демонстрируются шаростержневые модели этих молекул, которые можно по-разному расположить в пространстве и по-разному записать одну и ту же формулу вещества на доске или в тетради. Учащиеся часто путают разную запись формулы вещества с изображением изомеров. Сразу же надо предостеречь их от этой типичной ошибки. Учитель показывает запись одной и той же структурной формулы вещества в разных вариантах. Очевидно, что алканов с пятью атомами углерода будет больше, учитель предлагает обучающимся алгоритм составления формул изомеров алканов. Алканов состава C_5H_{12} оказалось три:



Возникает проблема — как назвать третий изомер? Преподаватель рассказывает, что химики пользуются особой системой названий — химической номенклатурой. Наиболее универсальной является международная номенклатура. Основные принципы современной систематической (международной) номенклатуры выработаны специальным комитетом Международного союза теоретической и прикладной химии (*International Union of Pure and Applaid Chemistry — IUPAC*) — ИЮПАК. В основу ее положены известные учащимся названия *н*-алканов. Алканы с разветвленной цепью рассматривают как продукт замещения атомов водорода в *н*-алкане на углеводородные радикалы (алк**ил**ы), частицы, получаемые из молекул алканов при отрыве одного атома водорода (табл. 3).

Далее учитель знакомит учащихся с основными правилами, в соответствии с которыми составляют названия алканов с разветвленной углеродной цепью (табл. 4).

Для обучающихся в режиме 1 ч в неделю можно не уделять особого внимания номенклатуре органических соединений сложного строения и ограничиться только простейшими примерами.

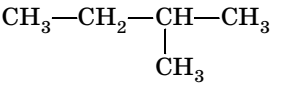
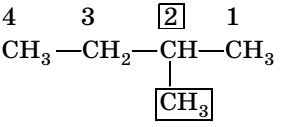
Таблица 3

Алканы и алкильные радикалы

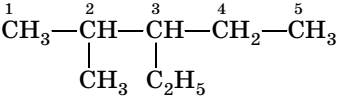
Алкан C_nH_{2n+2}	**Название алк**ан**а**	**Радикал C_nH_{2n+1}**	**Название алк**ил**ьного радикала**
CH_4	Мет**ан**	CH_3—	Мет**ил**
C_2H_6	Эт**ан**	C_2H_5—	Эт**ил**
C_3H_8	Проп**ан**	C_3H_7—	Проп**ил**
C_4H_{10}	Бут**ан**	C_4H_9—	Бут**ил**
C_5H_{12}	Пент**ан**	C_5H_{11}—	Ам**ил**

Таблица 4

Алгоритм составления названия алканов

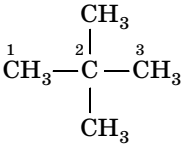
Этапы составления названия	Пример
1. Найдите по структурной формуле самую длинную цепь атомов углерода	
2. Пронумеруйте атомы углерода в ней, начиная с того конца, к которому ближе разветвление	
3. Перед основой названия укажите номер атома углерода, у которого есть разветвление (радикал-заместитель), и дайте ему название*	2-метил...
4. Назовите главную углеродную цепь (в ней 4 атома углерода) — основу названия	2-метил**<u>бутан</u>**

* Если радикалов несколько, нумерацию начинайте с того конца, к которому ближе старший заместитель (старшинство определяется по алфавиту).



2-метил-3-этилпентан

Если радикалы одинаковые, используйте умножающие приставки: *ди-*, *три-*, *тетра-*. Число цифр в названии равно количеству радикалов.



2,2-диметилпропан

Обратите внимание на разделительные знаки: все цифры друг от друга отделяют запятыми, буквы от цифр — дефисом, в названии нет пробелов.

Физические свойства алканов

Сначала учитель предлагает старшеклассникам проанализировать информацию об алканах, известную им из повседневной жизни и ранее изучаемого материала (слайд или раздаточный материал).

1. ***Метан*** (CH_4) — *газ* без цвета и запаха, почти в 2 раза легче воздуха (подтвердите расчетом). Образуется в природе в результате разложения без доступа воздуха остатков растительных и животных организмов, поэтому обнаружен в заболоченных водоемах, рудниках, шахтах. Это основной компонент природного газа.

Пропан (C_3H_8), ***бутан*** (C_4H_{10}) — легко сжижающиеся *газы*, используемые в быту (например, в газовых зажигалках) и в качестве горючего для автомобильного транспорта.

Бензин — *жидкость* с характерным запахом, состоящая в основном из смеси *н*-алканов C_5—C_{10}.

Парафин — смесь *н*-алканов C_{20}—C_{30}, *твердый*, жирный на ощупь, легко плавится.

2. В заболоченных водоемах появляются пузырьки болотного газа. Бензин или нефть, попадая в воду, разливаются по ее поверхности.

3. Температуры кипения двух изомеров с общей молекулярной формулой C_4H_{10} сильно отличаются: у бутана –0,5 °С, а у его изомера изобутана –11,7 °С.

Затем учащиеся получают задание найти общее в свойствах алканов и выявить закономерности влияния состава и структуры алканов на их физические свойства (агрегатное состояние, температуры кипения и плавления, растворимость в воде). Можно организовать групповую работу, разделив задание на три части.

Преподаватель подсказывает учащимся, что для выполнения задания нужно использовать не только анализ предложенных фактов, но и обратиться к теории:

а) *алканы — вещества молекулярного строения со слабым межмолекулярным взаимодействием, которое зависит и от состава, и от строения молекул*;

б) *при нагревании жидких веществ отдельные молекулы приобретают энергию, достаточную, чтобы преодолеть взаимодействие с другими молекулами и образовать газ*;

в) «*подобное растворяется в подобном*».

В итоге дальнейшего обсуждения работы учащихся делаются выводы.

• С увеличением числа атомов углерода (т. е. M_r) в гомологических рядах алканов увеличиваются их температуры кипения и плавления.

• Температуры кипения и плавления *н*-алканов выше, чем у их разветвленных изомеров, так как молекулы *н*-алканов «упаковываются» плотнее, что приводит к усилению межмолекулярного взаимодействия.

• Алканы нерастворимы в воде и легче ее (плотность менее 1 г/см^3). Но алканы могут растворяться друг в друге, «подобное растворяется в подобном» (примерами являются бензин и нефть).

Далее учитель предлагает выполнить задания, которые позволяют закрепить полученные знания (одно в классе, другое дома).

1. Напишите структурные формулы возможных изомеров, имеющих состав C_6H_{14}. Назовите их.

2. Напишите структурные формулы изомеров октана, главная цепь которых состоит из пяти атомов углерода. Назовите их.

3. Напишите структурную формулу 2,3-диметилпентана, составьте для него структурные формулы одного гомолога и трех изомеров. Дайте им названия по международной номенклатуре.

4. Среди названных ниже веществ выберите изомеры: а) 2,2-диметилпентан; б) 4-метилгептан; в) 3-этилпентан; г) 2-метилпентан; д) 2,2,3-триметилбутан; е) гептан.

Химические свойства алканов

Важно подчеркнуть, что состав и строение молекул вещества определяют его химические свойства. Поэтому преподаватель предлагает сначала сделать прогноз реакционной способности алканов и опреде-

лить, какие типы реакций наиболее характерны для этих углеводородов. Учащиеся вспоминают важнейшее положение теории А. М. Бутлерова: *свойства веществ зависят от их состава, строения и взаимного влияния атомов.*

В алканах атомы водорода и углерода полностью исчерпали свои валентные возможности, значит, *в реакции присоединения они не вступают.*

Чтобы из алканов получить новые вещества, можно разорвать связь С—Н и заменить атом водорода другим атомом или группой атомов. Значит, для алканов *характерны реакции замещения.*

Очевидно, могут протекать и реакции с разрушением углеродной цепи — связи С—С, называемые реакциями *крекинга.*

Как и большинство органических веществ, алканы могут окисляться: гореть с образованием воды и углекислого газа (полное *окисление*) или частично окисляться в присутствии катализаторов.

Однако, подчеркивает учитель, алканы — *малоактивные соединения.* При обычных условиях они не взаимодействуют даже с концентрированными кислотами, щелочами, сильными окислителями, например перманганатом калия $KMnO_4$ и галогенами.

Опыт 1. К 1—2 мл гексана (керосина) добавляют примерно 0,5 мл разбавленного раствора перманганата калия. Учащиеся наблюдают, что раствор перманганата калия не обесцвечивается, гексан не растворяется в воде и образует верхний слой. Можно для этого опыта использовать и бензин, заранее убедившись, что в нем не содержатся непредельные соединения.

Опыт 2. К 1—2 мл гексана добавляют примерно 0,5 мл бромной или иодной воды. Несмотря на то что при встряхивании смеси гексана с бромной водой происходит некоторое побледнение водного раствора, никакой реакции с участием гексана не происходит. Просто бром растворяется в гексане с образованием розоватого раствора, который после отстаивания собирается сверху (бром лучше растворяется в гексане, чем в воде).

Но инертность алканов, продолжает преподаватель, можно преодолеть, если использовать известные способы увеличения скорости реакций. Какие?

Называются повышение температуры, концентрации, давления, применение катализаторов и др. Далее рассматриваются реакции с участием алканов, обращается особое внимание на условия их проведения, практическую значимость реакций и получаемых продуктов. Степень глубины изучения материала выбирается в зависимости от профиля специализации учащихся. Учащиеся, изучающие курс из расчета 1 ч в неделю, знакомятся лишь с самыми характерными реакциями — горение, галогенирование, разложение.

Предлагаем еще два опыта, которые по усмотрению учителя могут быть включены в канву урока или использоваться во внеурочное время.

Опыт 3. В широкий химический стакан помещают небольшой кусочек парафиновой свечи и поджигают его с помощью горящей лучинки. Обращают внимание на стенки стакана — на них появляются капельки воды. (*О наличии какого химического элемента в составе парафина они свидетельствуют?*) Свечу гасят, а затем вынимают ее из стакана. В стакан наливают немного прозрачной известковой воды и осторожно взбалтывают. Наблюдают помутнение известковой воды. (*О наличии какого химического элемента свидетельствует наблюдаемое изменение?*)

Опыт 4. Пробирку заполняют на $^1/_3$ объема кусочками парафина, добавляют 2—3 кусочка битого фарфора. Закрепляют пробирку в пробиркодержателе и нагревают ее содержимое до закипания парафина. Кипящий парафин тонкой струйкой выливают в большой поднос с песком с высоты около 20 см. Парафин вспыхивает и сгорает ярким пламенем. Обращают внимание и на появление обильной копоти.

Подводя итоги этой части урока, учитель задает обобщающий вопрос: *«С помощью чего химикам удалось «оживить» алканы? Приведите примеры»*.

Применение предельных углеводородов

В заключение изучения темы «Предельные углеводороды» суммируются знания учащихся об их применении. Очевидно, учащиеся обратили внимание на то, что, несмотря на сравнительно малую ак-

тивность, предельные углеводороды широко применяются в быту и особенно в промышленности в качестве:

• простого и достаточно дешевого *топлива* (реакция горения);

• *сырья* для получения большого количества нужных веществ (реакции галогенирования, нитрования, изомеризации, крекинга, дегидрирования, пиролиза).

Помимо этого учащимся заранее предлагают подготовить сообщения с презентациями по следующей тематике: «Применение алканов в качестве топлива», «Машины на газообразном топливе», «Применение метана», «Применение вазелина и парафина», «Применение циклогексана».

Проблемный вопрос, предлагаемый учителем, для обсуждения или написания эссе: «Представляет ли какую-либо опасность для окружающей среды использование предельных углеводородов?»

Этилен как представитель алкенов

Цели урока. Дать понятие о непредельных углеводородах (на примере этилена) и о кратной двойной связи. Продемонстрировать качественную реакцию на кратную связь. Начать формировать понятие о генетической связи между классами органических соединений на примере взаимопереходов «алкан ↔ алкен». Рассмотреть химические свойства этилена, лежащие в основе его применения. Дать понятие о реакции полимеризации на примере получения полиэтилена.

Введение в урок

Учитель начинает урок с выяснения вопроса, как учащиеся поняли термин «предельные углеводороды». Разумеется, что если существуют углеводороды предельные, то должны быть и непредельные. К *непредельным* относятся углеводороды, содержащие в углеродной цепи кратные связи: двойную

C═C или тройную C≡C. Термин «непредельные» объясняется способностью этих углеводородов вступать в реакции присоединения с разрывом кратных связей, превращаясь при этом в предельные углеводороды.

Простейшими непредельными углеводородами являются алкены.

Алкены — непредельные углеводороды с открытой углеродной цепью и одной двойной связью в ней. Общая формула алкенов $\mathbf{C_nH_{2n}}$.

Первый и важнейший представитель алкенов — *этен*, или этилен (последнее — это исторически сложившееся название).

Гомологический ряд алкенов, структурная изомерия

Рассмотрение состава и строения этилена и других алкенов, очевидно, следует начать с повторения известных учащимся понятий: «гомологи», «гомологический ряд», «изомеры». Затем учащиеся составляют структурные формулы ближайших гомологов этилена. Они убеждаются, что для алкена, формула которого C_3H_6, возможен лишь один вариант строения, а с молекулярной формулой C_4H_8 существует три *структурных изомера*. Преподаватель подчеркивает, что для алкенов характерны *два вида структурной изомерии*:

- строения углеродной цепи (как у алканов);
- положения двойной связи (в отличие от алканов).

Изучение гомологии и изомерии алкенов преподаватель сопровождает демонстрацией шаростержневых моделей молекул, одновременно рассматривается номенклатура. Отмечается, что все правила составления названий, рассмотренные для алканов, сохраняются и для алкенов, но в алгоритм добавляются три новых этапа:

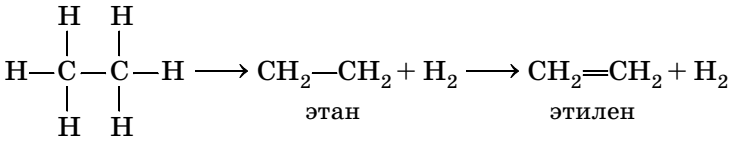
— цепь атомов углерода, которую нумеруют, должна содержать двойную связь, при этом начинают с того конца, к которому она располагается ближе;

— в названии алкена вместо суффикса **-ан**, характерного для алканов, используют суффикс **-ен**;

— положение двойной связи в цепочке атомов углерода фиксируют цифрой, которую записывают после суффикса **-ен**.

Получение этилена

Урок начинается с установления взаимосвязи с материалом предыдущей темы — разбирается реакция дегидрирования этана с целью получения этилена:



Учитель подчеркивает, что вторая связь в молекуле этилена образовалась от «безысходности», от «голода». Полученный углеводород (этилен) относится к ненасыщенным углеводородам, тогда как в молекуле этана все валентности атомов углерода насыщены соседними атомами до предела, потому он относится к насыщенным углеводородам. Этилен имеет в молекуле двойную связь (ненасыщенную), а молекула этана имеет насыщенную (одинарную) связь. Чтобы отличить насыщенное органическое соединение от ненасыщенного, подчеркивает учитель, для последнего используют качественные реакции — обесцвечивание растворов бромной (иодной) воды и перманганата калия (проводится демонстрация).

Для получения этилена учитель использует реакцию дегидратации этанола, которую на уровне демонстрации он может проводить, используя концентрированную серную кислоту в качестве дегидратирующего фактора. Важно подчеркнуть, что эта реакция в ученическом эксперименте не используется, так как не соответствует правилам техники безопасности. Понятно, что в классах базового уровня подобная практическая работа не предусмотрена. Однако если учитель работает в режиме 2 ч в неделю, то для проведения практической работы можно предложить два варианта получения этилена учениками.

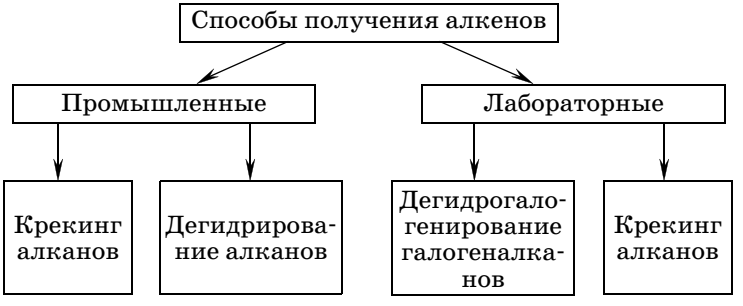
Первый состоит также в дегидратации этилового спирта, только в этом случае в качестве дегидратирующего фактора применяется особый катализатор — алюмосиликаты, входящие в состав свежей глины. Комочки ее подсушивают и заполняют ими пробирку на $^1/_4$. Затем в нее тонкой струйкой наливают этиловый спирт так, чтобы он заполнил столбик глины на $^3/_4$. Пробирка закрывается пробкой с газоотводной трубкой, закрепляется в лапке штатива, обогревается, а затем проводится нагревание спирта, начиная с влажной верхней части столбика глины.

В основе второго способа лежит проводимая при нагревании реакция деполимеризации полиэтилена, для которой можно использовать 5—6 гранул имеющегося в каждом кабинете химии образца этой пластмассы. В случае ее отсутствия можно использовать нарезанные мелкими кусочками изделия из технического полиэтилена (на таких изделиях, как правило, присутствует надпись «Для непищевых целей»). Нетрудно догадаться, что 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). Рассмотрение этих процессов иллюстрирует еще одно звено генетической связи между углеводородами.

Затем учитель обобщает: все способы получения алкенов делятся на две группы — промышленные и лабораторные (схема 2).

Схема 2

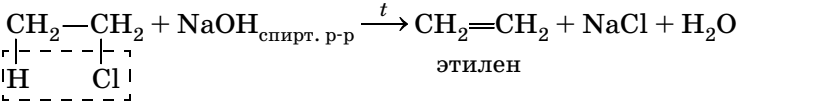
Получение алкенов



Реакции крекинга (расщепления) и дегидрогалогенирования алканов учитель объясняет следующим образом. Частица *де* означает «удаление»: дегидрогалогенирование — удаление галогеноводорода, дегидратация — удаление воды.

Также учитель обращает внимание учащихся на то, что в реакциях с участием органических веществ большое значение имеют условия проведения процесса (температура, растворитель, присутствие и тип катализатора).

Возвращаясь к получению алкенов, учитель обращает внимание на то, что отщепление галогеноводорода происходит под действием *спиртового раствора щелочи* при нагревании. Использование водного раствора приводит к образованию совсем другого продукта.



В качестве исходных веществ для такой реакции лучше брать хлор- или бромалканы, а также гидроксиды натрия или калия.

Химические свойства и применение этилена

Снова обращаем внимание учителей на то, что объем символьной химической информации (уравнений реакций) не должен превышать четырех единиц. К ним относится взаимодействие этилена с бромной водой (в случае ее отсутствия учитель демонстрирует обесцвечивание иодной воды) как качественная реакция на кратную связь.

Вторую качественную реакцию — обесцвечивание подкисленного раствора перманганата калия учитель демонстрирует без приведения соответствующего уравнения реакции.

Две следующие, обязательные для усвоения реакции — гидратацию и полимеризацию этилена — учитель приводит для показа практической значимости изучаемого материала. Это даст возможность,

помимо всего прочего, также проиллюстрировать еще одно звено генетической связи между углеводородами и спиртами на примере реакций гидратации этилена и дегидратации этанола.

Получение и применение полиэтилена

На этом этапе урока формируется понятие о реакции полимеризации на примере получения полиэтилена и рассматриваются области его применения. Настоятельно рекомендуем использовать подготовленную коллекцию «Полиэтилен и изделия из него», равно как и коллекцию «Применение этилена» для предыдущего этапа урока. Напоминаем, что в основе формирования подобных коллекций лежат соответствующие рисунки учебника.

Алкадиены. Каучуки

Ц е л и у р о к а. Представить учащимся многообразие углеводородов на примере знакомства еще с одним классом непредельных углеводородов — алкадиенами — на примере бутадиена-1,3 и изопрена. Показать значение этих углеводородов для получения каучуков. Познакомить учащихся с проблемой синтеза каучука и ее решением. Рассмотреть области применения каучуков и резины.

Понятие о диенах

Связывая новый материал с ранее изученным, учитель в беседе с учащимися выясняет, какие классы углеводородов изучены, каковы их отличительные особенности и общие молекулярные формулы.

Далее учитель проводит анализ темы урока (*ди* — два, *ен* — двойная связь) и подчеркивает, что наибольшее значение имеют углеводороды, у которых двойные связи разделены одинарной (без введения термина «сопряженные диены»). В ходе беседы учащиеся сами определяют, что простейший углеводород такого строения должен иметь в составе

молекулы четыре углеродных атома и остов его графически может быть представлен так: C═C—C═C, а затем записывают окончательную формулу бутадиена-1,3. Учитель объясняет способ образования названия этого углеводорода и предлагает записать формулу соединения, имеющего у второго атома метильный радикал, — изопрена и назвать его в соответствии с предложенным способом.

Химические свойства алкадиенов

На основании строения диеновых углеводородов учащиеся без труда делают вывод, что по химическим свойствам алкадиены во многом сходны с алкенами. Для них характерны реакции присоединения, они обесцвечивают бромную воду и раствор $KMnO_4$, вступают в реакции полимеризации. Учителю остается лишь подчеркнуть, что реакции гидрирования и галогенирования протекают с образованием продуктов 1,2- и 1,4-присоединения, соотношение которых зависит от условий и способа проведения реакций. Во втором случае, обращает внимание старшеклассников учитель, происходит перемещение двойной связи:

$$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + H_2 \longrightarrow CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3.$$

При наличии избытка водорода и галогена образуется предельное соединение.

Для большинства категорий учащихся можно ограничиться рассмотрением реакции полимеризации таких алкадиенов с образованием эластичных высокомолекулярных соединений — синтетических каучуков:

$$n\underset{\text{бутадиен-1,3}}{CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2} \xrightarrow{\text{кат.}} n\underset{\text{бутадиеновый каучук}}{(-CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2-)_n}.$$

Далее можно отметить, что каучук есть и в природе, его называют природным или натуральным, и рассмотреть строение, свойства и применение натурального каучука.

Натуральный каучук

Эту часть урока учитель может провести сам в виде мини-лекции или попросить учащихся помочь подготовить сообщение.

Родина каучука — Центральная и Южная Америка. По берегам реки Амазонки, во влажных жарких тропиках растет необычное дерево — *бразильская гевея* (*Hevea brasiliensis*). Если на коре дерева сделать надрез, то из ранки вытекает сок молочно-белого цвета, называемый *латексом*. На воздухе сок постепенно темнеет и затвердевает, превращаясь в резиноподобную смолу. Латекс содержит примерно 30% натурального полимера, крохотные частички которого находятся во взвешенном состоянии в воде, т. е. представляет собой эмульсию. Аналогичная эмульсия — молоко — содержит мельчайшие капельки жира, взвешенные в водном растворе. Сок дерева гевеи туземцы назвали *каучуком* (это название берет свое начало от двух индейских слов: *сао* — дерево и *о-Chu* — течь, плакать), что можно перевести как «слезы дерева». Уже в XV в. индейцы придумали, как можно использовать каучук в быту. Они пропитывали млечным соком лодки, корзины, одежду, чтобы те не пропускали воду. Из каучука стали изготавливать факелы, которые долго и равномерно сгорали, распространяя приятный запах. Если каучуком обмазать глиняную бутылку, а затем, после затвердевания полимера, разбить и вынуть через горловое отверстие глиняные черепки, то получится легкая и небьющаяся емкость для различных жидкостей. Аналогичным способом туземцы научились изготавливать даже каучуковую обувь!

Если в лаборатории имеется кусочек натурального каучука, учитель демонстрирует его разложение с образованием изопрена.

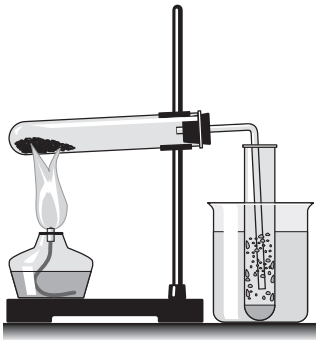


Рис. 1. Прибор для деполимеризации натурального каучука

Опыт 1. В пробирку с газоотводной трубкой помещают несколько кусочков полимера, газоотводную трубку опускают в пустую пробирку, охлаждаемую водой (рис. 1).

При нагревании каучука происходит его деполимеризация, выделяющийся изопрен конденсируется в охлаждаемой пробирке ($T_{кип}$ изопрена = 34 °С). Для эксперимента достаточно нескольких капель конденсата. Его растворяют в 1—2 мл органического растворителя (лучше тетрахлорметана) и добавляют 1 мл бромной воды.

При энергичном встряхивании водный слой обесцвечивается, указывая на непредельный характер продуктов деполимеризации каучука.

Не только изопрен, но и сам каучук содержит двойные связи и является непредельным соединением. Это также можно доказать реакцией с бромной водой. Вязкий раствор каучука в органическом растворителе (например, в бензоле), приготовленный до урока, обесцвечивает бромную воду.

Эксперимент можно проделать с обыкновенным резиновым клеем или клеем «Момент». В их состав входит натуральный каучук.

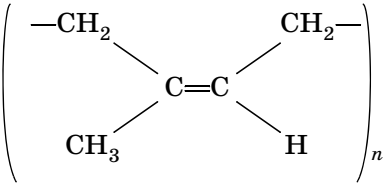
Опыт 2. На дно пробирки помещают каплю клея, добавляют 1—2 мл органического растворителя и 1 мл бромной воды или каплю аптечной настойки йода. Смесь энергично встряхивают и наблюдают за исчезновением окраски.

В настоящее время состав и строение натурального каучука установлены во всех деталях.

1. Состав — $(C_5H_8)_n$. Натуральный каучук — углеводород.

2. Относительная молекулярная масса — 150 000 ÷ 500 000. Натуральный каучук — природный полимер.

3. Строение



цис-полиизопрен (стереорегулярный полимер[1])

4. Форма — молекулы изогнуты, свернуты в клубки.

5. Свойства сырого каучука:

- водо- и газонепроницаем;
- эластичен (способен восстанавливать форму);
- обладает диэлектрическими свойствами;
- мягкий, обладает незначительной механической прочностью;
- неустойчив к высоким (размягчается) и низким (становится хрупким) температурам;
- набухает в органических растворителях, растворяется в бензине (резиновый клей).

Природа создала и *транс*-изомер полиизопрена — это *гуттаперча*. Этим материалом покрывают мячи для игры в гольф. Учащиеся самостоятельно составляют структурную формулу этого изомера.

Переработка и применение каучуков

Сырой каучук (натуральный или синтетический) из-за его некоторых отрицательных качеств имеет ограниченное применение. Важнейшим процессом превращения каучука в технический продукт — *резину* — является вулканизация.

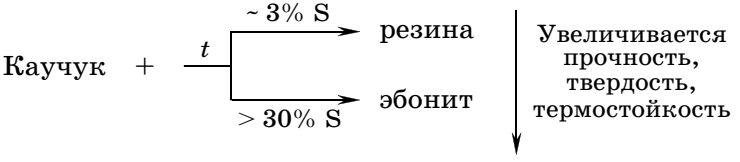
Вулканизация — это процесс нагревания и формования смеси каучука с серой, наполнителями (например, сажей) и другими веществами.

Преподаватель объясняет суть процесса вулканизации, рассказывает о свойствах резины и ее приме-

[1] Полимер, в котором все структурные звенья находятся или в *цис*-, или в *транс*-форме, относят к стереорегулярным.

нении. Желательно продемонстрировать учащимся заранее подготовленную выставку изделий из резины. Интересным для учащихся может быть выполнение и обсуждение следующего задания: «Вы используете жвачки? Какое другое название они имеют? Почему? Изучите состав жвачек, указанный на их обертках. Какой компонент определяет их основные свойства? Полезно ли использование жвачек, с вашей точки зрения? А что говорят по этому поводу стоматологи?»

Свойства вулканизированного каучука сильно зависят от количества серы.



Эбонит — один из лучших электроизоляторов. Для демонстрации этого материала можно использовать эбонитовые палочки из кабинета физики.

В настоящее время производство синтетических каучуков достигло огромных масштабов, выпускается около 100 видов каучуков, отличающихся механической прочностью, сопротивляемостью к истиранию, устойчивостью к высоким и низким температурам и т. д. О масштабах производства каучуков можно судить по следующим данным: на изготовление комплекта покрышек для малолитражного автомобиля нужно приблизительно 20 кг каучука, как правило, разных сортов и марок, а для 40-тонного самосвала — около 2 т каучука.

Как же получают алкадиены, необходимые для производства синтетических каучуков?

Получение алкадиенов

Самый распространенный способ получения алкадиенов — дегидрирование алканов, содержащихся в нефтяных газах и продуктах переработки нефти:

$$\underset{\text{бутан}}{CH_3—CH_2—CH_2—CH_3} \xrightarrow{\text{кат., } t}$$

$$\longrightarrow \underset{\text{бутадиен-1,3}}{CH_2=CH—CH=CH_2} + 2H_2.$$

Для повышения интереса учащихся к изучаемой теме преподаватель может включить в содержание урока исторический материал о создании синтетического каучука отечественными химиками во главе с С. В. Лебедевым.

Алкины. Ацетилен

Ц е л и у р о к а. Дать понятие о другом классе непредельных углеводородов (на примере ацетилена) и о кратной тройной связи. Продолжить формировать понятия о генетической связи между классами органических соединений на примере пиролиза метана. Рассмотреть химические свойства ацетилена, лежащие в основе его применения. Продолжить формировать понятия о реакции полимеризации на примере получения поливинилхлорида.

Понятие об алкинах. Ацетилен

В начале урока учитель выясняет у старшеклассников, как они понимают термин «непредельные углеводороды», какие непредельные углеводороды им уже известны. После получения правильных ответов учитель напоминает, что в непредельных углеводородах атомы углерода могут образовывать друг с другом тройную связь. Такие непредельные углеводороды называют алкинами.

Алкины — это непредельные углеводороды с одной тройной связью в открытой углеродной цепи.

Далее учащиеся выводят общую формулу соединений этого ряда: $\mathbf{C_nH_{2n-2}}$.

Наиболее ярким представителем алкинов является родоначальник этого ряда — *этин*, который известен многим под названием *ацетилен* $\mathbf{C_2H_2}$. Впервые об ацетилене узнали в 1836 г., когда он был по-

лучен английским химиком Э. Дэви действием воды на карбид кальция CaC_2.

В 1860 г. французский химик Марселен Бертло определил его состав C_2H_2 и дал название этому веществу. Он же в 1868 г. получил ацетилен пиролизом метана.

Преподаватель напоминает, что *пиролиз* — это нагревание метана без доступа воздуха, в результате которого образуются простые вещества (углерод в виде сажи и водород), но одним из промежуточных продуктов является ацетилен. Чтобы остановить реакцию на стадии получения ацетилена, метан подают в нагретую зону реактора на доли секунды, после чего продукты резко охлаждают. Учащиеся составляют уравнение пиролиза метана, в результате которого получается ацетилен.

Далее преподаватель рассказывает, что ацетилен — это газ без цвета и запаха, практически нерастворимый в воде. Многим он может быть известен по ослепляющему пламени при автогенной сварке или резке металлов — это горение ацетилена в кислороде. Ацетилен с этой целью начали использовать еще в 1906 г. в США. Преподаватель демонстрирует шаростержневую и масштабную модели молекулы этина (ацетилена). На доске записывается полная структурная формула ацетилена.

Получение ацетилена

Учитель обращает внимание на взаимосвязь классов углеводородов. Затем рассказывает о получении ацетилена карбидным способом.

Учитель проводит демонстрацию получения, горения ацетилена и обесцвечивание им раствора перманганата калия и иодной воды.

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. Если вам удалось получить кусок карбида кальция, разбейте его молот-

ком на мелкие кусочки величиной с горошину. Поместите их в склянку с крышкой и храните в керосине, так как карбид кальция легко гидролизуется парами воды, содержащимися в воздухе. Для получения ацетилена выньте из керосина кусочек карбида кальция, промокните его фильтровальной бумагой или бумажной салфеткой и опустите в пробирку прибора для получения газа. Чтобы ацетилен из карбида кальция под действием воды выделялся спокойно и без обильной пены, используйте для гидролиза насыщенный раствор хлорида натрия или же добавьте в воду 2—3 капли серной кислоты, которая будет ингибировать процесс из-за образования на поверхности карбида кальция малорастворимого сульфата.

Химические свойства, лежащие в основе применения ацетилена

Практически значимые реакции и составят тот минимум химической символики в виде уравнений реакций, который должен усвоить учащийся 10 класса базового уровня: горение ацетилена, гидратация его (реакция Кучерова), гидрохлорирование и последующая полимеризация продукта.

Уравнение реакции бромирования учащиеся записывают самостоятельно, руководствуясь указанием учителя о том, что она протекает в две стадии.

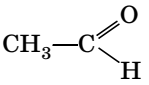
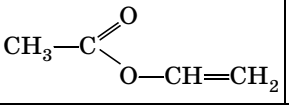
Учителю останется лишь способ формирования названий продуктов данной реакции.

Ацетилен применяется не только (и не столько) в автогенной сварке, он является важнейшим сырьем для химической промышленности.

Большой вклад в исследование ацетиленовых углеводородов внесли выдающийся русский химик А. Е. Фаворский и его многочисленные ученики. Благодаря им химия ацетилена разрослась в обширную ветвь органической химии и органической промышленности. Некоторые примеры соединений, получаемых на основе ацетилена, и их применение приведены в таблице 5.

Таблица 5

Области применения производных ацетилена

Название соединения	Структурная формула	Применение
Полихлорвинил (поливинилхлорид)	$(—CH_2—CHCl—)_n$	Основа различных пластмасс и волокон
Уксусный альдегид		Сырье для получения уксусной кислоты и др.
2-Хлорбутадиен-1,3 (хлоропрен)	$CH_2=CH—CCl=CH_2$	Сырье для получения хлоропренового каучука
1,2-Дихлорэтан	$ClCH_2—CH_2Cl$	Растворитель
Этиловый спирт	C_2H_5OH	Растворитель, антисептик, топливо, сырье для получения других органических веществ
Винилацетат		Клей ПВА

Бензол

Цели урока. Дать понятие о следующем классе углеводородов — аренах (на примере бензола) и об особой ароматической (полуторной) связи. Продолжить формировать понятия о генетической связи между классами углеводородов на примере тримеризации ацетилена. Рассмотреть химические свойства бензола, лежащие в основе его применения. Дать

представление об инсектицидах на примере гексахлорана и показать диалектику применения ядохимикатов в сельском хозяйстве и быту.

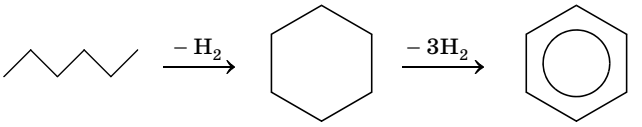
Получение бензола

Учитель рассказывает о тримеризации ацетилена, дает именно́е название этой реакции и развивает генетическую цепочку «метан ⟶ ацетилен ⟶ бензол».

В качестве промышленных источников бензола называются нефть и каменный уголь.

Процесс переработки *нефти* с целью получения аренов называют *риформингом* или *ароматизацией*.

При ароматизации нефти при $t \approx 500\,^{\circ}C$ и $p = 3—4$ МПа происходит каталитическое (Pt, Pd, Re) дегидрирование алканов и циклоалканов.



гексан циклогексан бензол

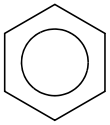
При коксовании *каменного угля* образуется каменноугольная смола, из нее перегонкой выделяют арены.

Строение молекулы бензола

Учитель рассказывает об истории появления формулы Кекуле и приводит ее с обозначением каждого атома углерода и водорода.

Учащиеся выдвигают предположение, что, несмотря на циклический характер, бензол тем не менее должен обесцвечивать раствор бромной воды. Учитель демонстрирует налитый в пробирку раствор иодной воды объемом 1—2 мл. Затем приливает к нему равный объем препарата «Сольвент», закрывает пробирку пробкой и энергично встряхивает содержимое пробирки. Через непродолжительное время

оно расслаивается на обесцвеченную воду и окрашенный экстрагированным иодом слой брома. Учитель обращает внимание, что бензол легче воды, растворяет неполярные молекулы и не обесцвечивает галогены. Следовательно, в его молекуле отсутствуют двойные связи. Каково же истинное строение молекулы бензола? На базовом уровне учителю приходится ограничиться простейшим объяснением: шесть атомов углерода «по-братски» поделили между собой три двойные связи. Между атомами углерода возникла особая ароматическая или полуторная связь, что и отражает следующая формула:



Следовательно, от бензола можно ожидать как реакций замещения, характерных для веществ с одинарными связями (алканами), так и реакций присоединения, характерных для веществ с двойными связями (алкенами). Учителю остается констатировать, что первые идут легче, чем у алканов, а вторые труднее, чем у алкенов.

Химические свойства и применение бензола

1. ***Реакции замещения*** предлагается рассмотреть на примере взаимодействия бензола с бромом и азотной кислотой (нитрование) с последующим восстановлением нитробензола в анилин по реакции Зинина. Уравнение реакции предлагаем записывать с использованием не структурных, а молекулярных формул. Для азотной кислоты важно подчеркнуть, что она, как одноосновная, содержит одну гидроксогруппу и остаток, называемый нитрогруппой HO—NO_2.

2. ***Реакции присоединения*** рассматриваются на примере присоединения трех молекул хлора к молекуле бензола и также записываются в молекулярном виде. Рассказывается история гексахлорана, вво-

дится понятие ядохимикатов и рассматривается диалектика их использования.

3. ***Реакция горения бензола*** демонстрируется учителем: в «Сольвент» обмакивается стеклянная палочка и вносится в пламя горелки. Учитель обращает внимание на схожесть горения бензола и ацетилена и предлагает учащимся рассчитать дома массовую долю элементов в этих соединениях. Учитель подчеркивает, что эта реакция используется для улучшения качества моторного топлива.

Нефть и нефтепродукты

Ц е л и у р о к а. Связать материал урока с физической географией, экономикой и политикой, раскрывая роль запасов нефти в мировой энергетике и международных отношениях. Рассмотреть состав и такой способ переработки нефти как перегонку. Познакомить учащихся с основными видами нефтепродуктов. Дать понятие о крекинге и октановом числе бензина.

Нефть и ее состав

В контексте параграфа учебника учитель показывает приоритет 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).

Учитель подчеркивает, что нефть представляет собой смесь углеводородов различной классовой принадлежности (алканы, циклоалканы, арены), содержащих в молекуле пять и более атомов углерода. Кроме углеводородов в состав нефти входят также и другие органические вещества, которые содержат серу, кислород, азот. Добыча и транспортировка нефти учителем тесно увязывается с экологическими проблемами.

Переработка нефти

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 (рис. 2). Эти способы относятся к ***первичной переработке нефти***.

Вторичная переработка нефти включает несколько процессов: крекинг, риформинг, пиролиз.

Крекинг — это процесс разложения больших молекул углеводородов на меньшие. Впервые в мире промышленный крекинг осуществил в 1891 г. русский инженер В. Г. Шухов. Суть крекинга —

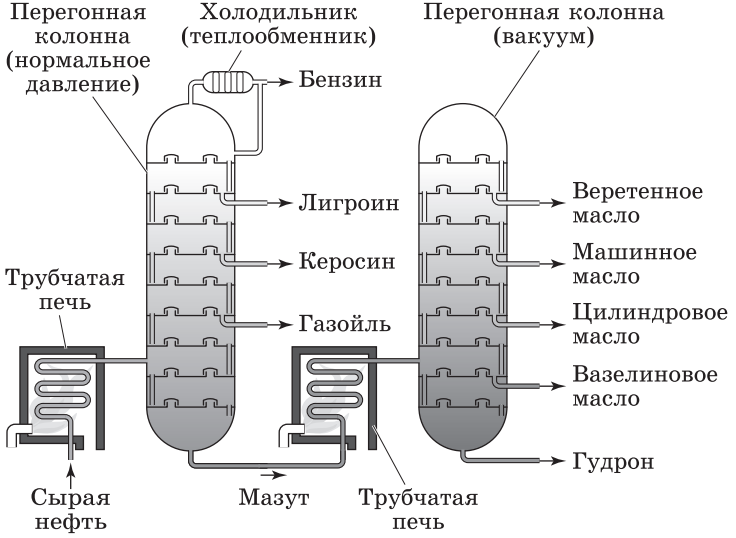


Рис. 2. Схема первичной переработки нефти

термическое или каталитическое разрушение С—С связей:

$$\underset{\text{гексадекан}}{C_{16}H_{34}} \longrightarrow \underset{\text{октан}}{C_8H_{18}} + \underset{\text{октен}}{C_8H_{16}},$$

$$\underset{\text{октан}}{C_8H_{18}} \longrightarrow \underset{\text{бутан}}{C_4H_{10}} + \underset{\text{бутен}}{C_4H_8},$$

$$\underset{\text{бутан}}{C_4H_{10}} \longrightarrow \underset{\text{этан}}{C_2H_6} + \underset{\text{этен}}{C_2H_4}.$$

Цели крекинга:

• получение дополнительного количества бензина;

• получение крекинг-газов, содержащих алкены — ценное химическое сырье.

Если учитель работает в режиме 2 ч в неделю, то, очевидно, будет правильным рассмотреть виды крекинга для того, чтобы отработать логическую операцию сравнения и установления логической взаимосвязи между качеством бензина и видом крекинга тяжелых нефтепродуктов. Это обобщение учитель может оформить в виде таблицы 6.

Таблица 6

Виды крекинга, качество бензина

Термический	Каталитический
$t = 470—550$ °С, $p = 4—6$ МПа. Процесс идет медленно	$t = 450—500$ °С, p до 0,37 МПа, катализаторы — алюмосиликаты $Al_2O_3 \cdot nSiO_2$. Процесс идет быстро
Образуется много алкенов	Образуется значительно меньше алкенов. Идет изомеризация *н*-алкенов. Идет ароматизация циклоалканов
Выход бензина — 30 ÷ 35%. Качество бензина: — устойчив к детонации; — неустойчив при хранении (окисление и полимеризация алкенов)	Выход бензина — до 70%. Качество бензина: — устойчив к детонации; — устойчив при хранении (мало алкенов)

Крекинг-бензин превосходит по качеству и бензин термического крекинга, и бензин прямой перегонки. Он характеризуется более высокими октановыми числами, благодаря алканам разветвленного строения, алкенам и повышенной доле аренов.

Октановое число, подчеркивает учитель, определяет детонационную стойкость бензина, т. е. устойчивость к взрывному сгоранию при сжатии в цилиндре двигателя. Наименьшей стойкостью к детонации обладают *н*-алканы. Более устойчивы разветвленные алканы, алкены, арены.

Для количественной характеристики стойкости к детонации используют *октановую шкалу*.

Октановое число изооктана $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$

принято за 100.

Октановое число *н*-гептана принято за 0.

Смеси *н*-гептана и изооктана имеют октановые числа, равные содержанию (в %) изооктана. Например, если бензин имеет октановое число 76, то это значит, что он допускает такое же сжатие в цилиндре без взрыва (детонации), как смесь из 76% изооктана и 24% *н*-гептана. В качестве антидетонационной присадки к бензину используют тетраэтилсвинец (ТЭЦ) — $(C_2H_5)_4Pb$.

Риформинг (ароматизация) — это процесс каталитического дегидрирования алканов и циклоалканов с образованием аренов. Риформинг осуществляют при $t \approx 500\,^{\circ}C$, $p = 3$—4 МПа, в присутствии катализаторов Pt, Pd, Re. Уже знакомая учащимся схема риформинга обсуждалась при изучении бензола.

гексан циклогексан бензол

Цели риформинга:

- повышение октанового числа бензина;

• получение индивидуальных аренов из бензиновой фракции нефти.

Пиролиз — это процесс разложения органических соединений при высоких температурах.

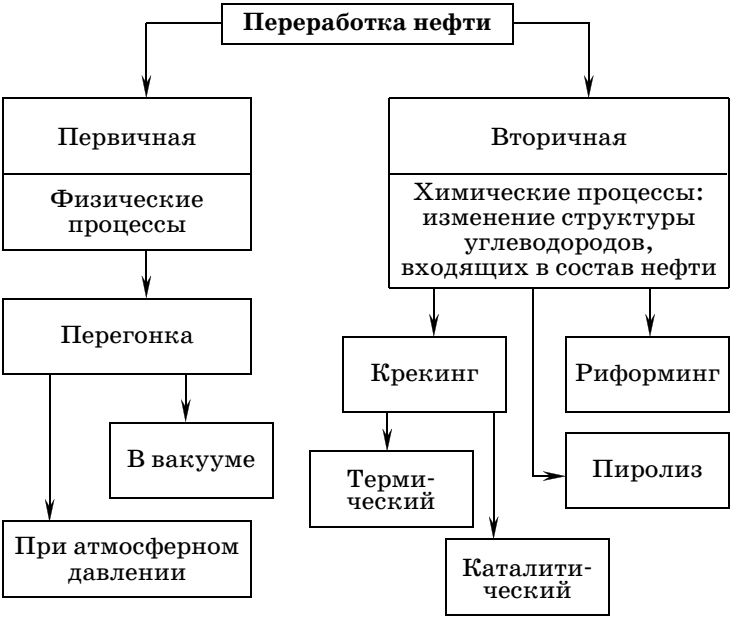
Пиролиз протекает при t = 700—1000 °С (фактически это глубокий крекинг).

Нефтепродукты $\longrightarrow C_2H_2$, C_2H_4, C_3H_6, C_6H_6 и другие (керосин, лигроин, газойль).

Учитель просит обратить внимание старшеклассников на следующие факты.

• Необходимо различать физические (первичные процессы) и химические (вторичные процессы) методы переработки нефти (схема 3).

Схема 3



• Вторичным процессам переработки нефти подвергают не саму нефть, а фракции, полученные в результате первичной переработки.

• Отрасль промышленности, занятая получением многочисленных органических веществ из углеводородов нефти, называется *нефтехимией*.

• При все возрастающих масштабах добычи и переработки нефти большое значение приобретает охрана окружающей среды от загрязнения нефтепродуктами.

В завершение изучения этого блока материала преподаватель дает учащимся эвристическое задание: «Нефть часто называют «черным золотом». Почему? Что ее так отличает от других полезных ископаемых (например, алюминиевой, железной, медной руд)?»

А в качестве домашнего задания может быть предложено написание небольшого рассказа (эссе): «Как, на ваш взгляд, будет выглядеть мир без использования нефти в качестве топлива?»

Контрольная работа № 1

При подготовке к контрольной работе учитель акцентирует внимание учащихся на вопросах, которые будут вынесены на рубежный контроль в письменной контрольной работе. Учащиеся выполняют ряд тренинговых заданий, обсуждают их результаты, а учитель проводит текущую аттестацию знаний, умений и навыков по теме. Вместе с тем учитель акцентирует внимание десятиклассников на содержании обязательной части контрольной работы и ряде дополнительных заданий, за которые будут выставлены отдельные отметки.

Приведем примерное содержание обязательных и дополнительных заданий первой контрольной работы.

1-е задание. Даны две формулы и два названия различных углеводородов.

О б я з а т е л ь н а я ч а с т ь: по названию дать формулу и по формуле дать название каждого углеводорода; указать тип (предельный или непредельный) и класс (алкан, алкен, диен, алкин, арен), к которому он принадлежит.

Д о п о л н и т е л ь н а я ч а с т ь:

1) для углеводорода, имеющего в составе пять или шесть атомов углерода, записать формулы возможных изомеров и дать им названия;

2) для этого же углеводорода записать формулы двух гомологов, отличающихся друг от друга на одну гомологическую разность, и дать им названия.

2-е задание

О б я з а т е л ь н а я ч а с т ь: записать уравнения реакций, характеризующих свойства конкретного углеводорода (метана, этилена, бутадиена-1,3, ацетилена и бензола). Указать тип и вид реакций, назвать реагенты и продукты реакций.

Д о п о л н и т е л ь н а я ч а с т ь:

1) назвать основные способы получения углеводорода в лаборатории и промышленности, записать уравнения реакций для тех способов, где это имеет место;

2) охарактеризовать основные области применения данного углеводорода.

3-е задание (*официальное дополнительное*). Расчетная задача на нахождение объема воздуха, необходимого для сжигания определенного объема газообразного углеводорода (н. у.), или на расчет по термохимическому уравнению реакции горения конкретного углеводорода.

Методические рекомендации к изучению темы «Кислород- и азотсодержащие органические соединения»

Единство химической организации живых организмов на Земле

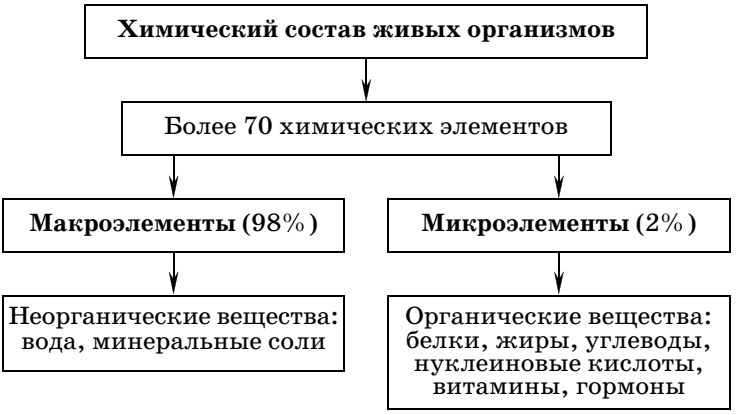
Ц е л и у р о к о в. Дать представление о единстве химической организации живых организмов. Осуществить межпредметную связь с биологией на основе знакомства учащихся с микро- и макроэлементами, фотосинтезом. На основе спиртового брожения глюкозы рассмотреть предельные одноатомные спирты на примере метанола и этанола, а многоатомные на примере глицерина. Дать представление о водородной связи. Рассмотреть химические свойства спиртов, лежащие в основе их применения. Провести профилактическую антиалкогольную работу со старшеклассниками.

Химическая организация живой клетки

Цель этого этапа урока состоит в том, чтобы показать учащимся, что на атомном уровне различий между живой и неживой природой нет: как та, так и другая состоят из одних и тех же химических элементов. Для живых организмов, актуализирует межпредметные связи учитель, вся совокупность элементов (более 70), которые образуют вещества, входящие в их состав, как известно из курса биологии, делится на две группы — микро- и макроэлементы. Обобщением этого этапа урока может служить схема 4.

Схема 4

Химическая организация живых организмов



Учитель подчеркивает, что крах витализма носит условный характер, так как осуществить в пробирке реакцию фотосинтеза

$$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

пока не удалось ни одному человеку на Земле.

Именно эта реакция лежит в основе обмена веществ и энергии в живых организмах, так как накопленная растениями солнечная энергия составляет основу цепей питания в экосистемах. Познание таких процессов позволило человечеству овладеть современным биотехнологическим производством. Тем не менее самым первым биотехнологическим процессом в истории человечества явилось спиртовое брожение глюкозы:

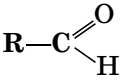
$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_2H_5OH + 2CO_2.$$

Знакомству со спиртами в режиме двухчасового изучения химии на базовом уровне может предшествовать введение в главу «Кислород- и азотсодержащие органические соединения».

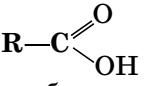
Производные углеводородов — это продукты замещения атомов водорода в молекулах углеводородов на другие атомы или группы атомов, называемые функциональными группами.

Функциональная группа, рассказывает учитель, определяет наиболее характерные химические свойства вещества (функции) и его принадлежность к определенному классу производных углеводородов. Органические соединения, содержащие одну функциональную группу, называют монофункциональными. Часто монофункциональные производные углеводородов представляют общей формулой: **R—X**, где **R** — углеводородный радикал (остаток углеводорода), **X** — функциональная группа. Например:

R—OH
спирты


альдегиды

$R—NO_2$
нитросоединения


карбоновые кислоты

$R—NH_2$
амины

Производные углеводородов, содержащие кроме атомов углерода и водорода еще и атомы кислорода, называют *кислородсодержащими органическими соединениями*. Простейшими из них являются спирты.

Спирты: классификация, изомерия, номенклатура

Прежде чем приступать к изложению «сухого» материала по классификации спиртов, преподаватель может сделать «лирическое отступление», дав краткое сообщение по истории знакомства человечества с этим классом органических веществ.

Еще в IV в. до н. э. люди умели приготавливать напитки, содержащие этиловый спирт. Вино получали сбраживанием фруктовых и ягодных соков. Однако отделять из него дурманящий компонент научились значительно позже. В средние века *винный спирт* считался одним из сильнейших лекарственных средств, одно из первых его названий *aqua vitae* — «жизненная вода».

Известно дезинфицирующее и антибактериальное действие этанола, его влияние на поведение человека. Чрезмерное его употребление вызывает нарушение психики, разрушение внутренних органов и даже смерть. Потребление алкоголя в Средние века считалось дурной привычкой.

Впервые в XV в. слово «алкоголь» применил к этиловому спирту знаменитый немецкий врач и естествоиспытатель Т. Парацельс. В дословном переводе с арабского *al-kuhl* означает «тонкий порошок». Только в XVШ в. А. Лавуазье установил, что в состав этилового спирта входят углерод, водород и кислород, а молекулярную формулу C_2H_6O определил в 1833 г. Й. Я. Берцелиус.

Вторым «алкоголем», открытым химиками, стал метиловый спирт. Его в 1834 г. получили Жан Батист Дюма и Эжен Мелькьор Пелиго нагреванием древесных опилок и конденсацией образующихся паров. Именно поэтому метиловый спирт называют *древесным*. Дюма и Пелиго сопоставили состав и свойства винного и древесного спиртов, заложив тем самым первые представления об этом классе соединений. Берцелиус предложил распространить термин *«алкоголи»* на все подобные вещества.

Понятие о спиртах

Эту часть урока учитель начинает с рассмотрения схемы реакции гидратации этилена.

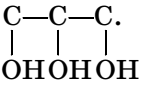
$$CH_2{=}CH_2 + HOH \longrightarrow {-}CH_2{-}CH_2{-} + HOH \longrightarrow$$
$$\longrightarrow CH_3{-}CH_2{-}OH$$

Учитель предлагает учащимся сложить углеводородную часть формулы получившегося соединения C_2H_5— и просит их определить, что собой представляет данная частица. Учащиеся вспоминают, что это молекула этана, потерявшая атом водорода и получившая в результате этого свободную валентность. Учитель просит дать определение понятия «углеводородный радикал» и предлагает символику этой частицы R—. Затем обращает внимание учащихся на вторую часть молекулы — гидроксильную группу

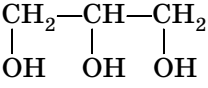
—OH, подчеркивает, что она определяет принадлежность данного соединения к классу спиртов и вводит понятие «функциональная группа» и название полученного продукта — этиловый спирт. Для закрепления рассмотренных понятий учитель предлагает записать формулу метилового спирта.

Далее учитель вводит понятие «атомность» спирта и в качестве трехатомного спирта предлагает записать формулу глицерина, конструируя ее на доске по следующему алгоритму.

Каждую группу OH— соотносят с отдельным углеродным атомом, следовательно, основу формулы можно изобразить так:



Недостающие до четырех валентности атомов углерода занимаются водородными атомами:



Учитель демонстрирует качественную реакцию на многоатомные спирты и разбирает с учащимися область применения глицерина.

Классификация спиртов

Учитель четко выделяет признаки, по которым проводится классификация спиртов.

1. *Классификация по типу углеводородного радикала*. Преподаватель напоминает ребятам, что гидроксильная группа не может располагаться у атома углерода, связанного двойной или тройной углерод-углеродной связью. Учащиеся знают об изомеризации таких спиртов на примере изомеризации винилового спирта в уксусный альдегид.

Может ли гидроксильная группа быть непосредственно связана с ароматическим кольцом? Да, но такие вещества называют фенолами и их рассматривают как самостоятельный класс веществ.

2. *Классификация по числу гидроксильных групп в молекуле*. Многоатомные спирты тоже имеют свою особенность: две и более гидроксильные группы не «уживаются» при одном атоме углерода. Для базового преподавания химии констатации этого факта достаточно.

Изомерия и номенклатура

Учитель подчеркивает, что в спиртах впервые встретился новый тип изомерии — *изомерия положения функциональной группы* и знакомит старшеклассников с этим видом изомерии на примере пропиловых спиртов: пропанола-1 ($CH_3—CH_2—OH$) и пропанола-2 ($CH_3—CHOH—CH_3$), тем самым переходя к номенклатуре спиртов.

Далее выводится общая формула предельных одноатомных спиртов: $\mathbf{C_nH_{2n+1}OH}$. Если не подчеркивать наличие функциональной группы, то общую формулу можно записать так: $\mathbf{C_nH_{2n+2}O}$.

На следующем этапе урока учитель обращает внимание учащихся на то, что уже первые спирты гомологического ряда алканолов являются жидкостями, хотя имеют невысокие значения относительных молекулярных масс, и переходит к рассмотрению водородной связи.

Химические свойства и применение спиртов

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.

Реакция горения спиртов также имеет практическое значение. Для глицерина учитель демонстрирует качественную реакцию на многоатомные спирты без приведения уравнения реакции.

На заключительном этапе этой части урока рассматриваются области применения метанола, этанола и глицерина (демонстрируются коллекции).

Подчеркнем, что для двух уроков объем предлагаемых к рассмотрению реакций достаточно оптимален: реакцию дегидратации этанола учащиеся уже рассматривали, реакция горения является универсальной для органических веществ и потому наибольшую сложность для них представляют реакции окисления спиртов в альдегид и этерификации. Чтобы закрепить последнюю, предлагаем рассмотреть для глицерина также и реакцию нитрования.

В методическом плане эта реакция имеет двойное значение: показывает универсальность понятия «реакция этерификации» (она справедлива не только для органических, но и для неорганических кислот) и закрепляет умение записывать такие реакции. Мы рекомендуем также на уровне словесной модели рассмотреть и реакцию этерификации глицерина в жир:

Глицерин + Жирные кислоты $\longleftrightarrow$ Жир + Вода.

Также обращаем внимание коллег на появившуюся удивительную возможность продемонстрировать взаимосвязь количества и качества на примере составных частей молекул спиртов. Разные радикалы у метанола и у этанола определяют разное их действие на организм.

Число гидроксильных групп также определяет разные физиологические эффекты: этанол — питьевой спирт, этиленгликоль — сильный яд, глицерин — пищевой спирт. Для закрепления материала уроков и реализации деятельностного подхода учитель предлагает следующие задания.

1. В инструкциях для автомобилистов указано, что перед заливкой антифриза на основе этиленгликоля систему охлаждения необходимо очистить от накипи. Почему это важно?

2. Этиловый и метиловый спирты прекрасно горят и используются в некоторых странах в качестве горючего. Целесообразно ли это? Что может препятствовать широкому применению этанола и метанола в этом качестве?

3. Продолжите фразу: «Глицерин в отличие от этанола...» Укажите как можно больше отличий.

Алкоголизм, его последствия и предупреждение

Учитель проводит профилактическую работу по предупреждению алкоголизма, обращая внимание учащихся на недопустимость применения технического этилового спирта в питьевых целях, особенно в свете участившихся случаев массового отравления суррогатным алкоголем. Здесь будет уместно использовать подготовленные старшеклассниками сообщения с соответствующими презентациями.

Фенол

Ц е л и у р о к а. Познакомить учащихся с коксохимическим производством и его продукцией, в том числе и с фенолом. Дать понятие о фенолах как органических соединениях, у которых гидроксильная группа связана с фенилом. Рассмотреть на примере фенола взаимное влияние атомов в молекуле. Химические свойства фенола связать с областями его применения. Дать представление о реакции поликонденсации на примере получения фенолоформальдегидных смол.

Получение фенола

На этом этапе урока учитель рассказывает о том, что природными источниками углеводородов являются не только нефть и природный газ, но также и каменный уголь. Наряду с углеводородами (коксовым газом и бензолом, получаемым из каменноугольной смолы), каменный уголь служит сырьем

также для получения и фенола. Учитель объясняет принципы коксохимического производства и демонстрирует коллекцию его продукции.

Из 3,5 трлн тонн органического топлива, которое можно извлечь из земных недр, больше 80% составляет уголь. В нашей стране находится значительная часть всех мировых запасов угля. Уголь — прекрасное топливо, а также источник ароматических углеводородов, других органических и неорганических веществ.

Переработка угля

Коксование, *полукоксование* — нагревание угля в закрытых реакторах (коксовых печах) без доступа воздуха при $t = 500 \div 1000$ °С в течение 14 ч. В таблице 7 приведены продукты переработки каменного угля и их применение.

Таблица 7

Продукты переработки каменного угля

Продукты коксования	Применение
Кокс	Топливо и восстановитель металлов из руд в металлургии
Каменноугольная смола	Источник бензола и его гомологов, антрацена, нафталина, фенолов, пиридиновых оснований, технических масел и др.
Аммиачная вода	Получают соли аммония, являющиеся азотными удобрениями
Коксовый газ: до 60% CH_4, а также H_2, CO, N_2, CO_2, C_2H_4	Горючее, источник H_2

Следующий материал предназначен для изучения химии на базовом уровне из расчета 2 ч в неделю и несет определенный патриотический потенциал, так как подземная газификация угля была предложена еще Д. И. Менделеевым для бедных угольных месторождений (она может осуществляться непосредственно в месте их залегания).

Газификация. Схема этого процесса:

$$\underset{\text{раскаленный}}{C} + \underset{\text{пары́}}{H_2O} \rightleftharpoons$$

$$\rightleftharpoons \boxed{\underset{\text{синтез-газ}}{CO + H_2}} \xrightarrow[CO,\ Ni,\ Fe]{t = 180—200\ ^\circ C,\ p > 20\ МПа} \text{Жидкие углеводороды.}$$

$$\downarrow$$

искусственное газообразное топливо, сырье для получения алкенов, метанола CH_3OH, формальдегида CH_2O, уксусной кислоты CH_3COOH и др.

Гидрирование. Схема этого процесса:

$$\text{Уголь} \xrightarrow[\text{перестройка молекул, их гидрирование}]{+ H_2,\ \text{оксиды Fe},\ t = 400—650\ ^\circ C,\ p = 20—60\ МПа} \text{Жидкие углеводороды.}$$

Гидрированию обычно подвергают низкосортный дешевый бурый уголь. Образующиеся углеводороды могут быть использованы как моторное топливо.

После рассмотрения способов переработки угля самое время поставить проблемный вопрос: *«Может ли уголь полностью заменить нефть?»*

Энергетическая проблема. Несмотря на огромные запасы органического топлива (3,5 трлн т), его ежегодный расход весьма велик. По разным оценкам, оно иссякнет в течение ближайших десятилетий. Если учесть еще экологические проблемы, возникающие при добыче, транспортировке, сжигании углеводородного сырья, особенно жидкого и твердого, картина становится угрожающей. Решение энергетической проблемы возможно несколькими способами.

• Поиск и использование новых источников энергии — солнечной, гидротермальной, водородной, ядерной и др.

• Экономия потребления энергии за счет улучшения технологии его потребления.

• Предполагается, что энергетическая стратегия нашей страны будет ориентирована в ближайшем времени на преимущественное развитие газовой энергетики. Это значительно снизит экологические проблемы. Уже сегодня большое значение придается синтетическому топливу, полученному из угля. А при этом можно увеличить долю нефти в органическом синтезе.

Кроме ответа на ключевой вопрос преподаватель предлагает учащимся высказать свое мнение и по такой проблеме: *«Актуально ли для России, крупнейшего в мире экспортера нефти и газа, развитие и использование альтернативных источников энергии?»*

Строение молекулы фенола и взаимное влияние атомов в его молекуле

Эту часть урока учитель может начать с постановки вопросов, основанных на бытовом опыте учащихся:

— Чем опасен широко используемый материал ДСП?

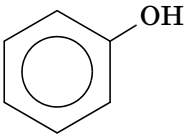
— Чем пахнут акварель и гуашь?

— Что является основой клея БФ?

В качестве введения в тему преподаватель задает учащимся эти интересные с практической точки зрения вопросы. А чтобы учащиеся смогли на них ответить, предлагает познакомиться с соединениями, которые, как и спирты, содержат гидроксильную группу, но соединенную с бензольным кольцом. Такие соединения называют фенолами.

Фенолы — производные аренов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода бензольного кольца замещены на гидроксильные группы.

Простейший из них — одноатомный фенол, просто *фенол* C_6H_5OH.



Демонстрируется модель молекулы фенола.

Учитель объясняет этимологию названия «фенол» (радикал фенил, связанный с гидроксильной группой) и обращает внимание на две части в составе молекулы, которые, согласно третьему положению теории А. М. Бутлерова, должны взаимно влиять друг на друга. В качестве данности, учитель констатирует, что радикал фенил способен еще более поляризовать ковалентную связь между атомами водорода и кислорода в гидроксиле. В силу этого атом водорода становится более подвижным по сравнению со спиртами, что и обусловливает кислотные свойства фенола (отсюда и его тривиальное название «карболовая кислота»). Поэтому, в отличие от спиртов, фенол вступает в реакцию нейтрализации с щелочами:

$$C_6H_5OH + NaOH \longrightarrow C_6H_5ONa + H_2O.$$

Обратное влияние гидроксила на фенил проявляется в том, что из-за смещенной электронной плотности в бензольном кольце нарушается «братское равенство» равномерного распределения трех кратных связей между шестью углеродными атомами, а посему атомы водорода в 2,4,6-положениях становятся более подвижными и реакция замещения протекает сразу по этим трем водородным атомам:

$$C_6H_5OH + 3Br_2 \longrightarrow C_6H_2OHBr_3 + 3HBr.$$

Подчеркнем, что учитель предлагает уравнение реакции с использованием структурных и молекулярных формул. Для учащихся же достаточно будет записей уравнений в молекулярной форме.

Химические свойства и применение фенола

В качестве наиболее значимых реакций учитель предлагает учащимся, по аналогии с реакцией бромирования, записать и уравнение реакции нитрования фенола в молекулярной форме, акцентируя внимание на том, что почти все органические вещества, содержащие в составе молекулы две и более нитрогруппы, являются взрывчатыми веществами. Тринитрофенол, или пикриновая кислота, — яркое тому подтверждение.

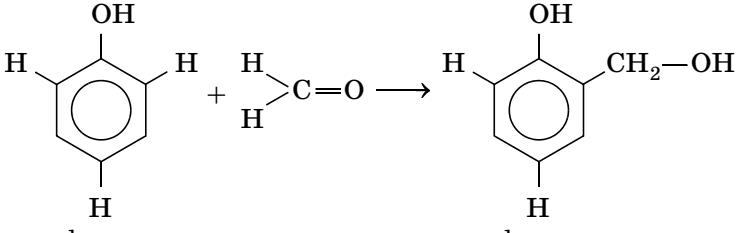
$$C_6H_5OH + 3HONO_2 \longrightarrow C_6H_2(NO_2)_3OH + 3H_2O$$

Затем учитель переходит к формированию понятия «реакция поликонденсации» как процессу получения полимера, который сопровождается выделением побочного низкомолекулярного продукта (водяные пары конденсируются в капельки, отсюда и название процесса).

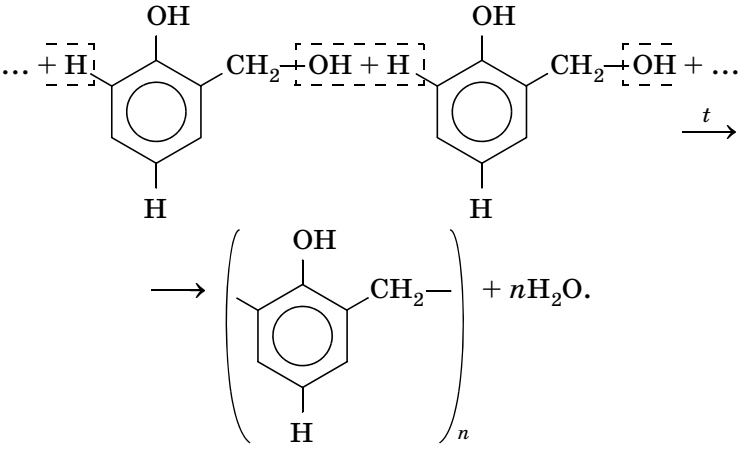
Реакция поликонденсации. При нагревании фенола с формальдегидом в присутствии кислотных или осно́вных катализаторов происходит реакция поликонденсации. Это реакция образования полимера с выделением побочного низкомолекулярного продукта.

Полезно сравнить реакции полимеризации и поликонденсации. Используя слайд (кодопленку, плакат), учитель поясняет схему процесса поликонденсации, протекающего в кислотной или щелочной среде.

Присоединение в *орто*- или *пара*-положения:



Поликонденсация:



фенолоформальдегидная смола

При достаточном количестве реагентов получается *пространственный полимер*, имеющий уникальные свойства: твердость, устойчивость к нагреванию, высокие диэлектрические характеристики, химическую инертность. Фенолоформальдегидные смолы используют для производства древесно-стружечных плит (ДСП), фанеры, электротехнических приборов, бытовых предметов и др. Демонстрируются образцы изделий из материалов на основе фенолоформальдегидной смолы.

Для отображения реакции поликонденсации фенола с формальдегидом в непрофильных классах достаточно будет словесной модели:

$$(n)\text{фенол} + (n)\text{формальдегид} \longrightarrow$$
$$\longrightarrow \text{фенолоформальдегидная смола} + (n)\text{вода}.$$

Обращаем внимание учителя на то, что он может предложить учащимся формулу формальдегида, вспомнить формулу ацетальдегида, который получался при окислении этанола, а также реакцией гидратации ацетилена. Это позволит осуществить опережающее курс формирование понятия об альдегидах.

В заключение учитель демонстрирует растворение фенола в воде при обычной температуре и при нагревании и качественные реакции на фенол: с бромной водой и хлоридом железа(III).

Взаимодействие с раствором хлорида железа(III). Качественной реакцией на фенол и его гомологи является образование окрашенных комплексов с раствором хлорида железа(III).

Опыт 1. В пробирку с 2—3 мл раствора фенола добавляют 2—3 капли хлорида железа(III). Появляется интенсивное фиолетовое окрашивание.

В экстрактах многих растений, особенно обладающих дубильным и вяжущим действием, содержатся особые вещества — таннины. В состав их молекул входит большое число фенольных остатков. Они также дают с хлорным железом интенсивное окрашивание.

Опыт 2. Наливают в пробирку 2—3 мл холодной чайной заварки светло-желтого цвета и добавляют 2—3 капли раствора хлорида железа(III). Жидкость приобретает чернильный цвет.

В чайных листьях содержится большое количество таннина, придающего напитку терпкий, вяжущий привкус. Почему железный нож темнеет от фруктов? Содержащаяся в них кислота в ничтожно малой степени растворяет железо, а таннины фруктового сока образуют с катионом Fe^{3+} интенсивно окрашенные соединения. Если на свежий срез яблока нанести каплю раствора хлорида железа(III), постепенно появляется зеленое окрашивание (лучше, если яблоко будет недозрелым, вяжущим).

Для закрепления материала учитель может предложить десятиклассникам выполнить следующие упражнения.

Выберите правильные утверждения.

1. Водный раствор фенола называют фенольной кислотой.

2. Гидроксильная группа в феноле повышает электронную плотность бензольного кольца.

3. Электронная плотность ароматического цикла в феноле понижена в положениях 3 и 5.

4. Кислотные свойства фенола сильнее, чем у метанола.

5. Продукт взаимодействия фенола с натрием называется фенилат натрия.

6. Фенол, в отличие от этанола, реагирует и с натрием, и с гидроксидом натрия.

7. Для фенола не характерны реакции замещения.

8. Для бромирования фенола требуется катализатор $AlCl_3$.

9. При взаимодействии фенола с концентрированной азотной кислотой образуется 2,4,6-тринитрофенол.

10. Реакция получения фенолоформальдегидной смолы называется поликонденсацией.

Для характеристики областей применения фенола используются коллекции «Применение фенола», «Изделия на основе фенолоформальдегидных пластмасс».

Альдегиды и кетоны

Цели урока. Продолжить формирование понятия о генетической связи между классами органических соединений на примере получения альдегидов. Обобщить полученные ранее сведения об этом классе соединений. Рассмотреть практическое значение формальдегида и ацетальдегида на основе их свойств.

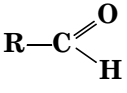
Получение альдегидов

Этот этап урока является обобщением полученных учащимися ранее сведений об альдегидах — повторяются реакция Кучерова и окисление спиртов в соответствующие альдегиды. Учитель акцентирует внимание учащихся на состав функциональной карбонильной группы, связанной с углеводородным ра-

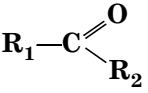
дикалом, и обращает внимание на особенности состава формальдегида.

Учитель акцентирует внимание старшеклассников на тот факт, что альдегиды и кетоны называют *карбонильными соединениями*. Их молекулы содержат карбонильную группу: **C═O.**

Общая формула ***альдегидов***



Общая формула ***кетонов***



Связывая новый материал с ранее изученным, преподаватель напоминает учащимся, что они уже встречались с альдегидами и кетонами. Учащиеся вспоминают, что альдегиды и кетоны получаются при окислении спиртов. В связи с этим, рассказывает преподаватель, появился термин «альдегиды». Такое название им дал Ю. Либих, который установил, что состав нового вещества, выделенного им из продуктов окисления этилового спирта, на 2 атома водорода меньше: ***Alkohol dehydrogenatus*** — безводородный алкоголь.

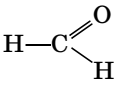
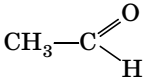
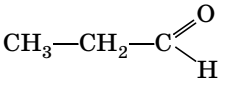
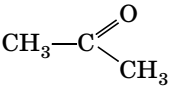
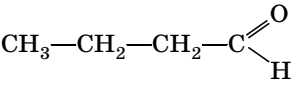
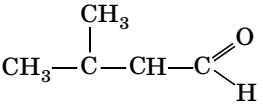
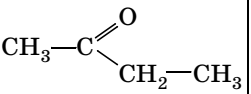
С помощью кодопленки повторяются уравнения реакций получения образования альдегидов и кетонов:

- при гидратации алкинов (реакция Кучерова);
- при мягком окислении спиртов.

Учитель обсуждает с учащимися возможную классификацию карбонильных соединений в зависимости от характера углеводородного радикала: предельные, непредельные и ароматические. Далее учащиеся, исходя из общей формулы предельных одноатомных спиртов $\mathbf{C_nH_{2n+2}O}$, выводят общую молекулярную формулу предельных альдегидов и кетонов $\mathbf{C_nH_{2n}O}$ и знакомятся с простейшими представителями этих соединений (таблица 8 может быть заготовлена заранее в виде демонстрационного слайда или раздаточного материала).

Таблица 8

Простейшие предельные альдегиды и кетоны

$n = 1$	CH_2O	 метан**аль** (формальдегид, муравьиный альдегид)	
$n = 2$	C_2H_4O	 этан**аль** (ацетальдегид, уксусный альдегид)	
$n = 3$	C_3H_6O	 пропан**аль** (пропионовый альдегид)	 пропан**он** (диметилкетон, ацетон)
$n = 4$	C_4H_8O	 бутан**аль** (масляный альдегид)  2-метилпропан**аль** (изомасляный альдегид)	 бутан**он** (метилэтилкетон) альдегидная группа

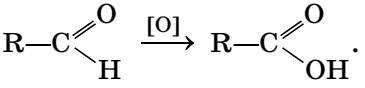
По таблице 8 учащиеся знакомятся с особенностями номенклатуры, повторяют понятие «гомологи», находят изомеры, указывают виды структурной изомерии, возможные для альдегидов и кетонов.

Химические свойства и применение альдегидов

В начале повторяется материал прошлого урока о поликонденсации фенола и формальдегида в соответствующую смолу. Затем учитель демонстрирует две качественные реакции на альдегиды и записывает уравнения соответствующих реакций.

Реакции присоединения (например, гидрирование) — общее свойство альдегидов и кетонов, обусловленное карбонильной группой. Приводятся соответствующие уравнения реакций, подчеркивается, что карбонильные соединения восстанавливаются водородом в *спирты*. Альдегиды восстанавливаются в первичные спирты, кетоны — во вторичные спирты. Тем самым учитель обращает внимание учащихся на то, что классы органических соединений связаны между собой родственными — генетическим связями, иллюстрируя эту мысль взаимопревращениями «спирт ↔ альдегид». Для иллюстрации областей применения формальдегида используются коллекции.

Реакции окисления. Альдегиды в отличие от кетонов, подчеркивает учитель, легко окисляются. Эти реакции используют как в целях органического синтеза, так и для качественного обнаружения альдегидов:



альдегиды карбоновые кислоты

Альдегиды окисляются в кислоты с целью обнаружения их аммиачным раствором оксида серебра (реакция «серебряного зеркала») или гидроксидом меди(II).

Опыт 1. Реакция «серебряного зеркала». В тщательно вымытой пробирке готовят аммиачный раствор оксида серебра: к 3—4 мл 1%-го раствора нитрата серебра добавляют понемногу 10%-й раствор аммиака до полного растворения образующегося вначале серого осадка оксида серебра. К полученному бес-

цветному раствору прибавляют 1 мл 5%-го раствора формальдегида и помещают пробирку со смесью в горячую водяную баню. На стенках пробирки постепенно образуется слой серебра — зеркальный налет.

Примечание. При отсутствии в лаборатории необходимых реактивов можно воспользоваться аптечным товаром: нитрат серебра можно заменить измельченным ляписным карандашом, а вместо формалина использовать 2%-й раствор глюкозы, продаваемый в виде порошка или ампул с раствором. Нагревание можно производить и на спиртовке, но при этом следует пробирку держать вертикально, нагревать ее стенки, а не дно, и избегать закипания раствора. Если опыт получился, сохраните пробирку для последующих демонстраций, высушив и залив ее парафином.

Уравнение реакции окисления альдегида (в общем виде) может быть записано так:

$$RCHO + Ag_2O_{\text{аммиач. р-р}} \xrightarrow{t} RCOOH + 2Ag\downarrow.$$

Еще один важный момент: в отличие от других альдегидов формальдегид окисляется до угольной кислоты, которая разлагается на углекислый газ и воду.

Опыт 2. Окисление свежеприготовленным гидроксидом меди(II). В пробирку наливают 3—4 мл 5%-го раствора формальдегида (или глюкозы), 2—3 мл 10%-го раствора гидроксида натрия и при встряхивании по каплям добавляют 2%-й раствор сульфата меди(II) до появления нерастворяющейся взвеси. Содержимое пробирки равномерно нагревают в пламени спиртовки. Наблюдают постепенное изменение окраски смеси с образованием в итоге кирпично-красного осадка оксида меди(I):

$$RCHO + 2Cu(OH)_2 \longrightarrow RCOOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O.$$

После составления уравнения реакции важно сделать акцент, обсудив с учащимися вопросы: «Почему реакции окисления альдегидов аммиачным раствором оксида серебра и гидроксидом меди(II) называют *качественными*? Почему кетоны не вступают

в аналогичную реакцию? Как с помощью только одного реактива распознать три вещества в растворе: ацетон, формальдегид, этиленгликоль?»

Применение альдегидов и кетонов

Изучение областей использования карбонильных соединений — это еще одна возможность повторить их физические и химические свойства, и эту возможность нельзя упускать, особенно при обсуждении применения формальдегида, ацетальдегида и ацетона. Надо не забыть и про высшие альдегиды и кетоны, особенно непредельные и ароматические. Они входят в состав эфирных масел и содержатся во многих цветах, фруктах, плодах, душистых и пряных растениях. Получается, что мы сталкиваемся с альдегидами и кетонами практически ежедневно. Демонстрация каких-либо экспонатов оживит эту часть урока.

Карбоновые кислоты

Цели урока. Продолжить формирование понятия о генетической связи между классами органических соединений на примере получения карбоновых кислот из альдегидов. Дать понятие о предельных одноосновных карбоновых кислотах на примере уксусной и жирных карбоновых кислот: предельных — пальмитиновой и стеариновой, непредельных — на примере олеиновой. Рассмотреть практическое значение уксусной кислоты на основе ее свойств.

Получение кислот и их строение

В начале урока учитель формулирует проблему: «Неспелые фрукты, щавель, барбарис, клюква, лимон... Что общего между ними?»

Даже дошкольник, не задумываясь, ответит — они кислые. А обусловлен кислый вкус плодов и

листьев многих растений различными органическими кислотами. Название кислот «карбоновые» происходит от латинского названия угольной кислоты *acidum carbonicum*, которая была первой изученной в истории химии углеродсодержащей кислотой.

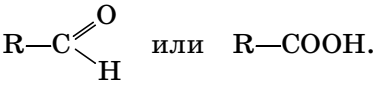
Учащиеся вспоминают реакцию окисления альдегидов в кислоты, уравнение которой записывают в общем виде.

Учитель обращает внимание на функциональную карбоксильную группу, которая в молекулах кислот связана с углеводородным радикалом. Для 2 ч в неделю, а также для 1 ч в неделю, если класс сильный и темп урока высокий, учитель может спрогнозировать с помощью учащихся возможное многообразие соединений этого типа: по радикалу — предельные и непредельные, алифатические и ароматические; по числу карбоксильных групп — одно-, двухосновные и т. д. В этих же классах можно обратить внимание на особенности муравьиной кислоты и впервые ввести понятие «вещество с двойственной функцией», т. е. содержащее в составе молекулы два типа функциональных групп.

Вместе с тем учитель должен помнить, что из всего многообразия кислот для изучения на базовом уровне предусмотрены одноосновные предельные и непредельная олеиновая кислоты.

На основе общего уравнения получения карбоновых кислот из альдегидов старшеклассники дают определение этому классу органических соединений.

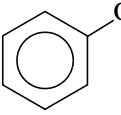
Карбоновые кислоты — производные углеводородов, в молекулах которых содержатся карбоксильные группы, связанные с углеводородным радикалом:



Классификацию карбоновых кислот (ее можно представить в виде таблицы 9 или схемы) проводят по двум главным признакам: по природе углеводо-

Таблица 9

Классификация карбоновых кислот

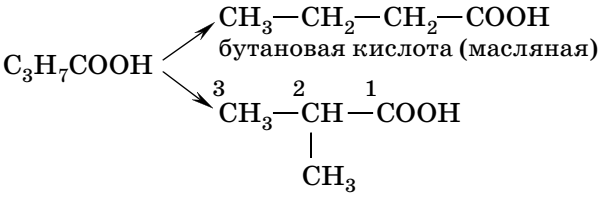
По природе углеводородного радикала —R	**По числу карбоксильных групп —COOH**
Предельные $CH_3—CH_2—COOH$ пропановая (пропионовая) $CH—CH_2—CH_2—COOH$ бутановая (масляная)	*Одноосновные* HCOOH метановая (муравьиная) CH_3COOH этановая (уксусная)
Непредельные $CH_2=CH—COOH$ пропеновая (акриловая)	
Ароматические  бензойная	*Двухосновные* HOO—COOH этандиовая (щавелевая) HOOC—CH_2—COOH пропандиовая (малоновая) и др.

родного радикала и числу карбоксильных групп (осно́вности).

Наиболее важными для изучения в школьном курсе являются предельные одноосновные карбоновые кислоты, поэтому их гомологический ряд учитель и предлагает рассмотреть в первую очередь. Обучающиеся записывают общую формулу одноосновных кислот **R—COOH** и выводят общую формулу *предельных одноосновных* карбоновых кислот $\mathbf{C_nH_{2n+1}COOH}$ или $\mathbf{C_nH_{2n}O_2}$. Учитель обращает внимание на то, что при $\boldsymbol{n = 0}$ карбоксильная группа связана будет не с углеводородным радикалом, а с атомом водорода. Это метановая кислота HCOOH, родоначальник этого ряда кислот.

Первые три члена гомологического ряда предельных одноосновных карбоновых кислот не имеют

изомеров внутри класса, для других возможна изомерия углеродной цепи.



«Возможна ли у одноосновных карбоновых кислот изомерия положения функциональной группы?» — спрашивает учитель далее. Очевидно, нет, поскольку карбоксильная группа может располагаться только на конце углеродной цепи. Далее преподаватель уделяет внимание номенклатуре карбоновых кислот и подчеркивает, что для них часто используют тривиальные названия, которые указывают скорее на их природные источники, чем на химическую структуру.

Например, жжение при укусе муравья вызывает *муравьиная кислота* (от лат. *formica* — муравей); *уксусная кислота* впервые выделена из уксуса, образующегося при скисании вина; *масляная кислота* придает прогорклому маслу его типичный запах; *капроновая кислота* входит в состав козьего жира (от лат. *caper* — коза). Карбоновые кислоты с длинной алифатической цепью называют *жирными кислотами*, так как они входят в состав жиров и могут быть выделены из них. Для общего представления о многообразии карбоновых кислот учитель может использовать таблицу 10.

Химические свойства и применение кислот

Учитель предлагает записать простейший радикал в соединении с карбоксильной группой. На доске и в тетрадях записывается формула уксусной кислоты CH_3COOH. Учитель подчеркивает, что это одноосновная кислота и атом водорода, определяю-

Таблица 10

Формулы и названия некоторых важнейших карбоновых кислот

Формула	Тривиальное название	Международное название	Название радикала RCOO—
$HCOOH$	муравьиная	метановая	формиат
CH_3COOH	уксусная	этановая	ацетат
CH_2CH_2COOH	пропионовая	пропановая	пропионат
$CH_2CH_2CH_2COOH$	масляная	бутановая	бутират
$CH_3CH(CH_3)COOH$	изомасляная	3-метилпропановая	изобутират
$CH_3—(CH_2)_8—COOH$	валериановая	пентановая	валерат
$CH_3—(CH_2)_4—COOH$	капроновая	гексановая	капрат
$CH_3—CH_2)_{14}—COOH$	пальмитиновая	гексадекановая	пальмитат
$CH_3—(CH_2)_{16}—COOH$	стеариновая	октадекановая	стеарат
$CH_2{=}CH—COOH$	акриловая	пропеновая	акрилат
$CH_2{=}C(CH_3)—COOH$	метакриловая	2-метилпропиновая	метакрилат
$C_{17}H_{35}—COOH$	олеиновая	*цис*-9-окта-деценовая	олеат
$C_6H_5—COOH$	бензойная	бензойная	бензоат
$HOOC—OOH$	щавелевая	этандиовая	оксалат
$HOOC—CH_2—COOH$	малоновая	пропандиовая	малонат
$HOOC—(CH_2)_2—COOH$	янтарная	бутандиовая	сукцинат

щий эту ее характеристику, в отличие от неорганических кислот, записывается не в начале, а в конце формулы. Кислотный же остаток пишется в формуле на первом месте. Будет полезным отработать на примере уксусной кислоты общие с неорганическими кислотами свойства: обратимую диссоциацию, как слабого электролита, взаимодействие с металлами, оксидами металлов, основаниями и солями, идущие с образованием ацетатов.

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:

$$\text{Кислота} + \text{Спирт} \xleftrightarrow[\text{гидролиз}]{\text{этерификация}} \text{Сложный эфир} + \text{Вода}.$$

То же в виде формульной модели:

$$RCOOH + HOR_1 \longleftrightarrow RCOOR_1 + H_2O.$$

Реакцию получения уксусной кислоты из амилового эфира на этом уроке можно не демонстрировать из-за нехватки времени. Логичнее будет эту демонстрацию провести на следующем уроке. На этом же учащиеся выполняют следующую лабораторную работу.

Опыт 1. Электролитическая диссоциация. Добавляют индикатор к раствору уксусной кислоты, а также капают индикатор на дольки лимона (лимонная кислота) и яблока (яблочная кислота), добавляют в сухое вино (винная кислота) и в молочную сыворотку (молочная кислота). Учащиеся наблюдают изменение окраски.

Лимонная, яблочная, винная, молочная кислоты, как и уксусная, содержат карбоксильные группы и благодаря им проявляют кислотные свойства. Они являются слабыми электролитами, в водном растворе они диссоциируют обратимо; разрушается связь О—Н. Тем не менее они имеют кислый вкус и изменяют окраску индикаторов. О кислом вкусе карбоновых кислот учащиеся могут судить на примере из-

вестных им уксусной, щавелевой и многих фруктовых кислот.

В водном растворе низшие карбоновые кислоты диссоциируют с образованием катиона водорода и аниона кислотного остатка.

Опыт 2. Взаимодействие с металлами. В пробирку наливают 3—4 мл уксусной кислоты, добавляют 2—3 гранулы цинка. Реакция ускоряется при нагревании.

При написании формулы ацетата цинка могут возникнуть трудности. Преподаватель поясняет, что для солей органических кислот удобнее писать символ металла не до, а **после** кислотного остатка. Почему? В неорганических кислотах подвижный атом водорода изображается в формуле первым, а в органических кислотах — на последнем месте. Его и заменяют символом металла. Следует обратить внимание ребят на заряды кислотного остатка и катиона металла, а следовательно, на выведение формул солей органических кислот.

Опыт 3. Взаимодействие с основными оксидами. Для демонстрации используют оксид кальция или магния. Они легко растворяются в уксусной кислоте. При проведении реакции с оксидом меди(II) требуется нагревание. Отмечают появление голубоватой окраски раствора.

Опыт 4. Взаимодействие кислот с основаниями. Для большей наглядности можно использовать свежеосажденный гидроксид меди(II). Голубой осадок растворяется, и образуется такого же цвета раствор.

Опыт 5. Взаимодействие кислот с солями более слабых кислот. Это могут быть, к примеру, соли угольной кислоты. К раствору карбоната натрия приливают раствор уксусной кислоты — характерное «вскипание» содержимого пробирки от выделившегося углекислого газа свидетельствует о протекании реакции.

Области применения уксусной кислоты учитель иллюстрирует демонстрацией коллекций.

Сложные эфиры. Жиры. Мыла

Ц е л и у р о к а. Обобщить наиболее характерные свойства спиртов и карбоновых кислот на основе реакции этерификации. Показать значение сложных эфиров в природе и их применение на основе свойств. Раскрыть природу жиров как частного случая сложных эфиров, дать их классификацию и рассмотреть химические свойства, имеющие практическое значение. Сформировать представление о мылах как натриевых и калиевых солях жирных кислот.

Получение сложных эфиров и их строение

В начале урока учитель просит учащихся вспомнить сущность реакции этерификации:

$$RCOOH + HOR_1 \longleftrightarrow RCOOR_1 + H_2O,$$

повторяет с ними, как называется обратный процесс, и демонстрирует получение изоамилового эфира уксусной кислоты.

В пробирку наливается 2 мл уксусной кислоты, 2 мл изоамилового (изопентилового) спирта и 0,5 мл концентрированной серной кислоты. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой, укрепляют в лапке штатива и осторожно нагревают в течение нескольких минут (рациональнее этот процесс проводить на водяной бане, но узкие временные рамки диктуют осторожное нагревание открытым пламенем). После охлаждения добавляют в пробирку 3—4 мл воды. Учащиеся отмечают, что на поверхности содержимого образуется слой изоамилацетата с характерным запахом грушевой эссенции.

Учащиеся констатируют, что эфиры легче воды, не растворяются в ней и обладают характерным запахом. Учитель демонстрирует растворимость подсолнечного или сливочного масла в органических растворителях, например в бензине.

Сложные эфиры — производные карбоновых кислот, в которых атом водорода карбоксильной группы замещен на углеводородный радикал.

Сложные эфиры, образованные муравьиной кислотой, имеют общую формулу H—COOR.

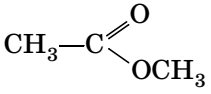
Называют сложные эфиры разными способами:

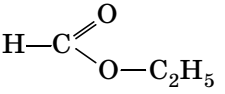
а) по названию спиртового радикала и названию карбоновой кислоты, добавляя слово «эфир»;

б) по названию спиртового радикала и названию кислоты, в котором окончание -**овая** заменяют на -**оат** (подобно названиям солей);

в) по названию спиртового радикала и общепринятому названию кислотного остатка.

Например:





а) метиловый эфир уксусной кислоты (уксусно-метиловый эфир)	этиловый эфир муравьиной кислоты (муравьино-этиловый эфир)
б) метилэтаноат	этилметаноат
в) метилацетат	этилформиат

Нелишне будет обратить внимание учащихся и на прилагательное «сложные» в названии изучаемых эфиров. Это помогает отличить их от соединений, именуемых простыми эфирами, и вспомнить формулу простых эфиров.

Применение сложных эфиров

Учитель подчеркивает, что сложные эфиры определяют в природе запах цветов, фруктов, овощей, пряностей, и спрашивает у учеников, какую роль выполняют, следовательно, сложные эфиры в жизни растений. Демонстрируются коллекции эфирных масел (лавандового, полынного и т. д.). Затем учитель рассказывает о том, что сложные эфиры с невысокой молекулярной массой являются ароматизаторами изделий пищевой промышленности: метиловый эфир масляной кислоты имеет запах яблок, этиловый эфир этой кислоты — запах ананасов, изобутилацетат — запах бананов. Показывая роль сложных эфиров, применяемых в парфюмерии и

косметике, учителю будет желательно, особенно в гуманитарных классах, связать материал урока со знаменитым романом П. Зюскинда «Парфюмер» и его не менее знаменитой экранизацией. Далее учитель подчеркивает, что некоторые низкомолекулярные сложные эфиры используются как растворители лаков и красок. Сложные эфиры высших карбоновых кислот и высших одноосновных спиртов называют *восками*.

Жиры

Начало систематического исследования жиров, рассказывает учитель, связано с именем французского ученого Э. Шевреля, который в 1811 г., нагревая жиры с водой в щелочной среде, получил глицерин и мыло. В 1854 г. французский химик М. Бертло впервые синтезировал жир. Таким образом, к середине XIX в. было выяснено, что жиры *представляют собой сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и высших карбоновых кислот* (поэтому их называют *жирными*). Жирные кислоты содержат в молекуле от 10 атомов углерода и более, хотя в составе жиров встречаются и более простые гомологи (масляная и капроновая кислоты).

Молекулы жиров содержат остатки как предельных, так и непредельных кислот, имеющих *четное число углеродных атомов* и *неразветвленный углеродный скелет*.

CH—O—CO—R′	C_3H_7COOH	масляная кислота
|	$C_{15}H_{31}COOH$	пальмитиновая кислота
CH—O—CO—R′	$C_{17}H_{35}COOH$	стеариновая кислота
|	$C_{17}H_{33}COOH$	олеиновая кислота
CH—O—CO—R′	$C_{17}H_{31}COOH$	линолевая кислота
	$C_{17}H_{29}COOH$	линоленовая кислота

Природные жиры, как правило, являются смешанными сложными эфирами, т. е. их молекулы образованы различными кислотами.

Предельные кислоты (C_3H_7COOH — масляная, $C_{15}H_{31}COOH$ — пальмитиновая, $C_{17}H_{35}COOH$ — сте-

ариновая) образуют, как правило, твердые жиры. Это жиры животного происхождения. Исключение, как вы знаете, составляет рыбий жир. Непредельные кислоты ($C_{17}H_{33}COOH$ — олеиновая, $C_{17}H_{31}COOH$ — линолевая, $C_{17}H_{29}COOH$ — линоленовая) образуют жидкие жиры — *масла*. Масла — жиры растительного происхождения. Исключение — твердое пальмовое масло.

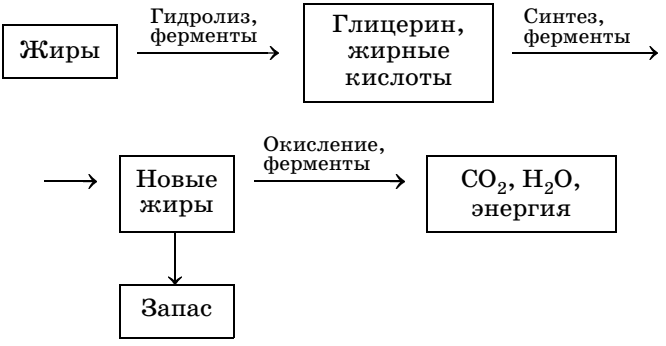
Свойства, значение и применение жиров. Многие свойства жиров, особенно физические, известны учащимся из повседневной жизни и из курса биологии. Поэтому учащиеся получают опорный конспект (таблицу) по данной теме и обсуждают все его разделы с той степенью глубины, которая определяется числом часов, отведенных на изучение химии на базовом уровне.

Рассматривая химические свойства жиров, важно не забыть подчеркнуть пищевую ценность этих веществ и проследить упрощенную цепочку превращений жиров пищи в живом организме, используя схему 5.

При окислении жиров в организме выделяется значительное количество энергии, необходимой для протекания жизненно важных эндотермических процессов и поддержания постоянной температуры тела.

Схема 5

Превращение жиров пищи в живом организме



В незначительной степени гидролиз протекает и при хранении жира под действием влаги, света и тепла. Жир *прогоркает* — приобретает неприятный вкус и запах, обусловленный образующимися кислотами.

Остатки непредельных кислот в жирах сохраняют свойства алкенов, в том числе обесцвечивают бромную воду (реакция присоединения) и раствор перманганата калия (реакция окисления).

Опыт. В пробирку наливают 2 мл растительного масла и равный объем подкисленного раствора $KMnO_4$ и закрывают пробкой. Затем пробирку сильно встряхивают. Происходит обесцвечивание водного слоя, несмотря на то что масло и вода не смешиваются.

Твердые жиры животного происхождения более ценны и дорогостоящи, чем жидкие растительные масла. Учитель предлагает учащимся решить проблемную ситуацию: сравнив молекулярный состав жиров и масел, предложить химический способ получения твердых жиров из жидких. Обычно ребята легко находят правильный ответ. Гидрированием двойных C═C связей в остатках непредельных кислот растительные масла превращают в аналог твердых жиров — *саломас*.

Обобщение сведений о жирах можно оформить в виде таблицы 11.

Из других практически значимых свойств жиров учитель останавливается на гидролизе, или *омылении*, разъясняя этимологию этого термина. Реакция гидролиза жиров обратима, и для того, чтобы сместить равновесие вправо, полученную кислоту связывают щелочью или карбонатами калия и натрия:

$$RCOOH + NaOH \longrightarrow RCOONa + H_2O.$$

Твердое мыло состоит из натриевых солей жирных карбоновых кислот, а жидкое — из калиевых.

Неподдельный интерес у десятиклассников вызывают подготовленные девочками совместно с учителем домоводства коллекции различных пищевых

Таблица 11

Свойства жиров и их значение

Свойства жиров	Значение и применение
1. Нерастворимы в H_2O, $\rho < 1$ г/см^3	Не вымываются водой, накапливаются в живых организмах
2. Жиры — растворители витаминов A, D, E, K, пахучих веществ. Жиры впитываются кожей	Важны для человека и животных. Используются в производстве *косметических* и *лекарственных средств*
3. Гидролиз и последующее окисление в организме с образованием CO_2, H_2O, Q	Высококалорийный *источник энергии*
4. Гидрирование *жидких* жиров ($+H_2$, Ni)	Продукт гидрирования, под названием «саломас», используется: а) в производстве *маргарина*; б) в технике для получения *стеарина*, *глицерина*, *мыла*
5. Полимеризация и окисление на воздухе масел	*Олифы* для приготовления масляных красок (масло + + пигмент + катализатор)

масел и мыла. Далее преподаватель предлагает учащимся задания по каждому из рассмотренных разделов (1—5) для выполнения на уроке или дома.

1. Почему жиры нерастворимы в воде? В чем растворяются жиры?

2. Какой (какие) жир (жиры) содержит один из ваших кремов для лица или рук?

3. а) Напишите уравнение реакции щелочного гидролиза тристеарата глицерина. Сделайте вывод: какие продукты можно получать в результате этого процесса?

б) Сравните энергетическую ценность основных компонентов пищи (рис. 3). Во сколько примерно раз жиры превосходят углеводы и белки по калорийности?

4. а) Один из жиров сливочного масла образован стеариновой и олеиновой кислотами в отношении 2 : 1. Напишите уравнение реакции его гидрирования.

б) Как называется процесс получения из саломаса глицерина и стеарина? Как из саломаса получают мыло?

5. Почему жидкие жиры (масла) в отличие от твердых полимеризуются и окисляются на воздухе?

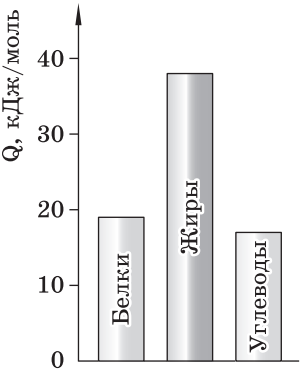


Рис. 3. Энергетическая ценность основных компонентов пищи (цифры — количество теплоты, выделившейся из 1 моль вещества)

Углеводы. Дисахариды и полисахариды

Ц е л и у р о к а. Дать понятие об углеводах, рассмотреть их классификацию на основе способности к гидролизу. Познакомить учащихся с важнейшими представителями ди- и полисахаридов, последние рассмотреть в сравнительном плане. Реализовать на уроке межпредметные связи химии с биологией.

Понятие об углеводах и их классификации. Дисахариды

Этимологию термина учитель раскрывает в ходе беседы: «Уголь (углерод) и вода» — и предлагает обобщенную формулу этого типа соединений $C_n(H_2O)_m$, справедливую для большинства углеводов. Учащиеся вспоминают фотосинтез и записывают его уравнение.

Учитель говорит, что продукт фотосинтеза — глюкоза относится к группе углеводов, которая на-

зывается моносахаридами. «Моно» — «один», так как молекула глюкозы не гидролизуется. Дисахаридами, подчеркивает учитель, называются углеводы, которые гидролизуются с образованием двух молекул моносахарида (глюкозы). Будет некоторым превышением стандарта, если учитель введет для глюкозы и ее изомеров (фруктозы, галактозы) термин «гексозы», с тем чтобы далее ввести аналогичный ему термин — «пентозы». Однако мы считаем, что такое превышение стандарта оправдано. Оно позволяет показать биологическую роль гексоз (для глюкозы — это энергетическая функция; достаточно вспомнить рассматриваемый в биологии процесс гликолиза) и пентоз (рибоза, входящая в состав АТФ, играет роль своеобразного энергетического «консерва»; рибоза и дезоксирибоза входят в состав нуклеиновых кислот — РНК и ДНК, которые выполняют функцию сохранения и передачи наследственной информации). В этом случае следует привести формулу рибозы $C_5H_{10}O_5$ и дезоксирибозы (рибозы, лишенной атома кислорода) $C_5H_{10}O_4$, чтобы объяснить этимологию терминов «гексозы» и «пентозы».

Далее, констатирует учитель, чтобы вывести формулу дисахаридов, необходимо провести несложную математическую операцию: нужно сложить две молекулы глюкозы и из получившейся формулы вычесть молекулу воды. Полученная формула $C_{12}H_{22}O_{11}$ соответствует таким дисахаридам, как сахароза (свекловичный, тростниковый или кленовый сахар), мальтоза (солодовый сахар), лактоза (молочный сахар). Учитель обращает внимание на то, что все эти дисахариды имеют одинаковую молекулярную формулу, но разные свойства, в том числе гидролизуются по-разному, а следовательно, являются изомерами.

Затем раскрывается роль дисахаридов в природе и пищевой промышленности.

Сахароза — пищевой сахар — содержится в большом количестве в сахарной свекле и сахарном тростнике (отсюда названия — *свекловичный* или *тростниковый* сахар), сахарной пальме, клене, кукурузе и т. д. В промышленности сахарозу получают из сока этих растений.

Любой из учащихся сможет так охарактеризовать сахарозу: кристаллическое вещество, имеет сладкий вкус, хорошо растворяется в воде и с ней не реагирует. Но это в обычных условиях, замечает преподаватель, просто скорость реакции гидролиза при обычных условиях ничтожно мала, но она может быть увеличена в лабораторных условиях каталитическим действием кислот (H^+) при нагревании, а в живом организме под каталитическим действием соответствующих ферментов. Учащиеся проводят лабораторные опыты.

Опыт 1. В пробирку наливают 1 мл раствора сахарозы, 1 мл раствора гидроксида натрия, несколько капель раствора сульфата меди(II). Получившийся бледно-голубой осадок гидроксида меди(II) при встряхивании растворяется. Образуется ярко-синий раствор сахарата меди(II) — это качественная реакция на многоатомные спирты. Нагревают полученный раствор в пламени спиртовки до начала кипения раствора. Изменений не наблюдается: сахароза — невосстанавливающий сахар и не имеет свойств альдегида.

Опыт 2. В пробирку наливают 1 мл раствора сахарозы и добавляют капельку раствора серной кислоты. Нагревают полученную смесь в пламени спиртовки до начала закипания. Снова добавляют в пробирку 1 мл раствора гидроксида натрия и несколько капель раствора сульфата меди(II). Поскольку смесь была горячей, сразу наблюдают изменение окраски смеси с образованием в итоге кирпично-красного осадка. Это качественная реакция на альдегиды. Значит, в продуктах реакции обнаруживается вещество со свойствами альдегида (это, конечно, глюкоза).

Преподаватель поясняет, что при нагревании водного раствора сахарозы в присутствии сильных кислот или фермента инвертазы происходит *гидролиз* этого дисахарида с образованием равных количеств глюкозы и фруктозы (инвертного сахара):

$$\underset{}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{H^+,\ t} \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{фруктоза}}{C_6H_{12}O_6}.$$

Следовательно, молекулы сахарозы состоят из двух разных остатков моносахаридов: глюкозы и фруктозы. Аналогичное превращение осуществляется в организме пчел: собирая нектар с цветов, они

приобретают сахарозу, которую затем гидролизуют до глюкозы и фруктозы (с примесью других природных веществ). Инвертный сахар используется для получения искусственного меда, подслащивания пищевых продуктов, для производства карамели.

Следующий материал по изомерам сахарозы предназначен для 2 ч изучения химии.

Мальтоза, или *солодовый* сахар, содержится в прорастающих зернах злаков (ячменя, ржи, пшеницы, овса), называемых солодом. Образуется мальтоза при частичном гидролизе крахмала, сама мальтоза гидролизуется с образованием глюкозы. Следовательно, молекулы мальтозы состоят из двух остатков глюкозы. Практическое применение мальтоза находит в микробиологии как компонент питательных сред.

Лактоза, или *молочный* сахар, содержится в молоке млекопитающих, является побочным продуктом при производстве сыра. Этот дисахарид образован глюкозой и галактозой, которые образуются при ее гидролизе. Используется как наполнитель в драже и аптечных таблетках.

Преподаватель подчеркивает, что все дисахариды проявляют свойства многоатомных спиртов. А учащиеся приводят способ экспериментального доказательства этого: многоатомные спирты с гидроксидом меди(II) в щелочной среде дают ярко-синее окрашивание. Сахароза, в отличие от лактозы, мальтозы и глюкозы, не проявляет свойств альдегида и является невосстанавливающим сахаром. Поэтому сахароза не дает соответствующих качественных реакций. Каких?

Полисахариды
(на примере крахмала и целлюлозы)

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 число раз: $(C_6H_{10}O_5)_n$. Эту фор-

мулу 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.

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

Отличия: 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.

Весь последующий материал в плане характеристики и сравнения полисахаридов предназначен для 2 ч изучения химии на базовом уровне в неделю.

Сравнительная характеристика полисахаридов

Состав. Общая формула полисахаридов (крахмала, гликогена, целлюлозы) — $(C_6H_{10}O_5)_n$.

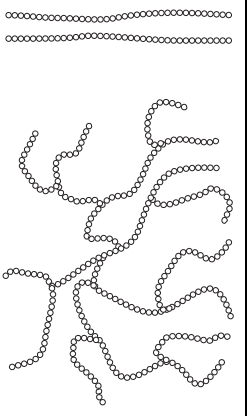
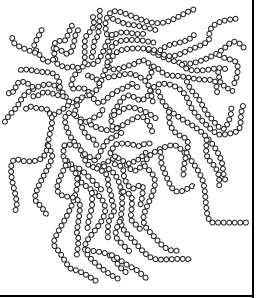
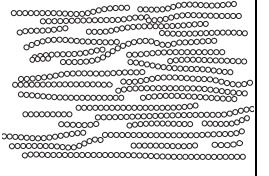
Однако целлюлоза отличается бóльшим по сравнению с другими полисахаридами (в первую очередь по сравнению с крахмалом) числом звеньев и, следовательно, большей молекулярной массой, которая достигает нескольких миллионов (табл. 12).

Физические свойства. Преподаватель демонстрирует крахмал и целлюлозу (хлопчатобумажную медицинскую вату), а также растворение крахмала в горячей воде.

Опыт 3. В пробирку насыпают крахмал, приливают воду и содержимое энергично взбалтывают. Наблюдают: крахмал не растворяется в воде. Полученную смесь медленно при помешивании вливают в заранее подготовленную в стакане горячую воду и доводят до кипения. Образуется крахмальный клейстер.

Таблица 12

Сравнительная характеристика полисахаридов

Углевод	Структура молекул	
Крахмал	Линейная, закрученная в спираль — амилоза (~20%) Разветвленная, свернутая «в клубочки» — амилопектин (~80%)	
Гликоген	Структура, похожая на амилопектин, но более разветвленная и с меньшим числом звеньев	
Целлюлоза	Линейная, причем в природных волокнцах молекулы ориентированы вдоль оси волокна. Молекулы образуют пучки. Пучки сплетены подобно веревкам и образуют волокна	

Учащиеся характеризуют физические свойства веществ. В результате обсуждения учащиеся приходят к выводу, что отличия в физических свойствах крахмала и целлюлозы обусловлены особенностями соста-

ва и структуры молекул, которые определяют силы межмолекулярного взаимодействия. Межмолекулярное взаимодействие между линейными вытянутыми и очень длинными молекулами целлюлозы значительно сильнее по сравнению с межмолекулярным взаимодействием преимущественно разветвленных и меньшей длины молекул крахмала.

Химические свойства. *Гидролиз* в присутствии минеральных кислот — *общее свойство для крахмала и целлюлозы*. Этот процесс идет ступенчато, но конечным продуктом является глюкоза:

$$\underset{\text{полисахарид}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{H^+,\ t} \underset{\text{глюкоза}}{nC_6H_{12}O_6}.$$

В отличие от целлюлозы *крахмал* пищи в организме человека и животных гидролизуется и под действием ферментов:

$$\underset{\text{крахмал}}{(C_6H_{10}O_5)_n} \xrightarrow{+H_2O} \underset{(x < n)\ \text{декстрины}}{(C_6H_{10}O_5)_x} \xrightarrow{+H_2O}$$

$$\longrightarrow \underset{\text{мальтоза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} \xrightarrow{+H_2O} \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6}.$$

Образование сложных эфиров (*этерификация*). Полисахариды, так же как моно- и дисахариды, имеют свойства многоатомных спиртов. Каждое звено крахмала и целлюлозы содержит три «спиртовые» гидроксогруппы, поэтому их общую формулу можно записать так:

$$\left(C_6H_7O_2\begin{<}{OH}{OH}{OH}\right)_n,$$

Правда, полисахариды не дают качественной реакции с $Cu(OH)_2$, так как нерастворимы в воде, но могут образовывать сложные эфиры. Эфиры крахмала не нашли практического применения. А *сложные эфиры целлюлозы* имеют важное техническое значение.

Нитраты целлюлозы получают обработкой целлюлозы смесью концентрированных азотной и серной кислот:

$$\left(C_6H_7O_2(OH)_3\right)_n + 3nHNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4\ конц.} \left(C_6H_7O_2(ONO_2)_3\right)_n + 3nH_2O.$$

тринитрат целлюлозы
(пироксилин)

Пироксилин имеет взрывчатые свойства и используется для изготовления бездымного пороха.

Ацетат целлюлозы получают действием на целлюлозу уксусного ангидрида (или уксусной кислоты) в присутствии небольшого количества серной кислоты:

$$\left(C_6H_7O_2(OH)_3\right)_n + 3nHNO_3 \longrightarrow \left(C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3\right)_n + 3nCH_3COOH.$$

триацетат целлюлозы

Из триацетата целлюлозы изготавливают *искусственные волокна*. Так называют волокна, полученные из химически модифицированных природных полимеров. Из искусственных волокон на основе целлюлозы изготавливают ткани, например ацетатный и вискозный шелк.

Горение целлюлозы. Разложение целлюлозы без доступа воздуха. Из повседневной жизни каждый знает, что целлюлоза хорошо горит. А если целлюлозу (например, в составе древесины) нагревать без доступа воздуха, то она разлагается. При этом образуются вода, ценные летучие органические вещества (в том числе метиловый спирт, уксусная кислота, ацетон) и древесный уголь.

Качественная реакция на крахмал. Эта реакция специфична и применяется как для обнаружения крахмала, так и для обнаружения иода. Преподаватель для демонстрации этой реакции использует ранее полученный клейстер.

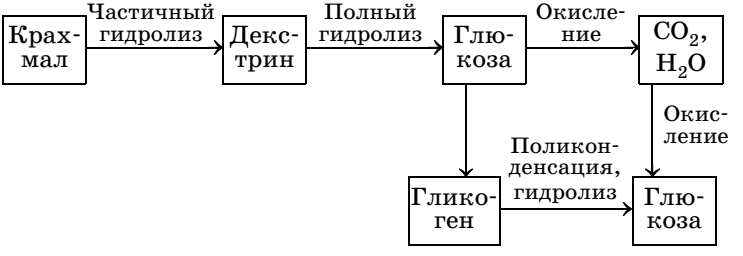
Опыт 4. К крахмальному клейстеру, разбавленному водой, добавляют каплю спиртового раствора йода. Наблюдают появление темно-синей окраски.

Преподаватель предлагает учащимся проделать эту реакцию дома: разбавьте в 10 раз водой спиртовой раствор йода из аптечки и полученным раствором испытайте белый хлеб, вареный картофель, рис, макароны, пудру, зубной порошок на содержание в них крахмала.

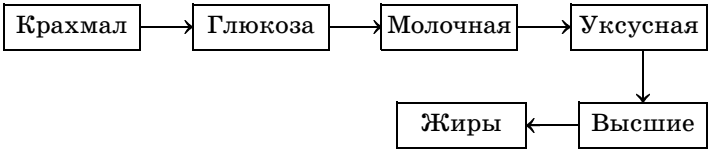
Биологическая роль и применение крахмала

Не забывайте про наглядность! Изучению этого материала способствуют разного рода демонстрации. Можно объявить конкурс плакатов, отражающих значение крахмала и целлюлозы, подготовить выставки продуктов питания и товаров, связанных с изучаемыми веществами.

Крахмал — клеточное топливо, основной углевод пищи. Наибольшее количество крахмала содержится в хлебе, макаронах и других мучных изделиях, крупах, картофеле. Используя готовые схемы, преподаватель знакомит учащихся с превращениями углеводов пищи в организме:



Кроме уже рассмотренной схемы превращений углеводов в организме, возможен и другой путь:



Вот почему людям, предрасположенным к полноте, нельзя употреблять пищу, богатую углеводами.

Помимо этого, крахмал перерабатывают (процесс гидролиза) на *декстрины*, *патоку*, глюкозу, которые используют в пищевой промышленности. Продукты на основе патоки не кажутся приторно-сладкими, долго остаются мягкими, не засахариваются. Преподаватель поясняет, что *декстрины* — это смесь веществ, продуктов частичного гидролиза полисахарида, состава $(C_6H_{10}O_5)_x$, но с меньшей молекулярной массой, чем у полисахарида, а *патока* — сиропообразная смесь декстринов и глюкозы.

Из крахмала получают *пищевой спирт*. На основе крахмала в медицине делают некоторые мази и присыпки. Как клеящее вещество, крахмал применяется для крахмаления белья, отделки тканей, при изготовлении различных соусов.

Гликоген используется организмом как запасное питательное вещество, особенно при физических нагрузках.

Биологическая роль и применение целлюлозы

Целлюлоза (клетчатка) — строительный материал растительной клетки (дополнительная оболочка). Она идет на производство бумаги и картона, в составе древесины используется как строительный материал. В виде волокнистых материалов (хлопка, льна) используется для изготовления нитей, тканей, канатов. Из целлюлозы получают *гидролизный спирт*, используемый в технических целях.

Широкое применение имеют *сложные эфиры целлюлозы*: нитраты — нитролаки, кинопленка, бездымный порох, целлулоид; ацетаты — негорючие рентгеновская пленка и кинопленки, искусственные волокна (вискозное, ацетатное).

Целлюлоза служит питательным веществом ограниченному кругу животных и насекомых (травоядные, термиты), в организме которых имеются расщепляющие клетчатку ферменты. Однако специалисты относят клетчатку к разряду важных компонентов рационального питания человека.

Для закрепления материала урока учитель может предложить старшеклассникам выполнить следующие задания.

1. Подвергается ли сахароза гидролизу в стакане сладкого чая с лимоном? Как это проверить?

2. Являются ли крахмал, гликоген, целлюлоза изомерами? Объясните свой ответ.

3. Попробуйте подольше пожевать кусочек хлеба во рту. Какой вкус при этом появляется? Напишите соответствующее уравнение реакции.

4. Почему из целлюлозы получают волокна, а из крахмала их получить невозможно?

5. Установите соответствие между двумя группами названий одних и тех же углеводов.

Химическое название	**Тривиальное название**
Глюкоза	Солодовый сахар
Фруктоза	Виноградный сахар
Мальтоза	Свекловичный сахар
Лактоза	Клетчатка
Гликоген	Животный крахмал
Целлюлоза	Фруктовый сахар
Сахароза	Молочный сахар

6. Как используют древесный уголь? Что такое активированный уголь и как его применяют?

Глюкоза как представитель моносахаридов

Ц е л и у р о к а. Закрепить понятие о соединениях с двойственной функцией на примере структуры и свойств глюкозы. Рассмотреть практическое значение глюкозы. Связать химию глюкозы с биологическими понятиями «гликолиз», «брожение».

Строение и свойства глюкозы

Учитель демонстрирует образец глюкозы в пробирке, показывает ее растворимость в воде. Далее учитель получает свежий гидроксид меди(II) (фелингову жидкость) и доказывает, что глюкоза представляет собой многоатомный спирт (демонстрирует растворение осадка гидроксида меди(II) и образование ярко-синего раствора сахарата меди(II). Затем полученный раствор подогревают и учащиеся замечают выпадение кирпично-красного осадка оксида меди(I), который свидетельствует о наличии в молекуле глюкозы карбонильной альдегидной группы. Учитель подтверждает этот вывод еще одной демонстрацией — реакцией «серебряного зеркала». Выводом к этой части урока служит заключение о том, что глюкоза представляет собой соединение с двойственной функцией — альдегидоспирт. Учитель акцентирует внимание на то, какую атомность должна иметь глюкоза, если один углеродный атом в ее молекуле образует карбонильную альдегидную группу. Учащиеся легко отвечают, что это, очевидно, пятиатомный спирт, и предлагают обобщенную формулу глюкозы:

Обращаем внимание учителей именно на такую форму записи состава и строения молекулы глюкозы и просим не акцентировать внимание учащихся на приведенные в учебнике формулы Фишера и Хеуорса, которые были даны с единственной целью —

удовлетворить требования рецензентов РАН о необходимости показать истинную структуру данного вещества, хотя это требование значительно превышает базовый стандарт. Еще раз напоминаем, что приведенный в учебнике материал, отмеченный синей полосой, выходит за рамки требований стандарта базового уровня и дан в учебнике с единственной целью — получение грифа Минобрнауки РФ.

Учащиеся сами прогнозируют систему свойств глюкозы.

1-я группа свойств — спиртовые. Как многоатомный спирт глюкоза дает качественную реакцию — взаимодействует со свежеполученным гидроксидом меди(I) без нагревания, растворяет его и образует ярко-синий раствор сахарата меди(I). Уравнение реакции не приводится и с учащихся не требуется.

2-я группа свойств — альдегидные.

1. Глюкоза окисляется в соответствующую глюконовую кислоту, вступая в две качественные реакции альдегидов: со свежеполученным гидроксидом меди (II) при нагревании и с аммиачным раствором оксида серебра также при нагревании:

$$CH_2OH—(CHOH)_4—\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle |}{C}}=O + Ag_2O_{\text{аммиач. р-р}} \longrightarrow$$

$$\longrightarrow CH_2OH—(CHOH)_4—COOH + 2Ag\downarrow.$$

Учитель обращает внимание учащихся на то, что полученное вещество — глюконовая кислота также является соединением с двойственной функцией, т. е. спиртокислотой.

2. Как альдегид глюкоза восстанавливается в соответствующий шестиатомный спирт сорбит:

$$CH_2OH—(CHOH)_4—\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle |}{C}}=O + H_2 \longrightarrow$$

$$\longrightarrow CH_2OH—(CHOH)_4—CH_2OH.$$

3-я группа свойств — реакции спиртового и молочнокислого брожения:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow \underset{\text{молочная кислота}}{2C_3H_6O_3};$$

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

Рассматривая химические свойства глюкозы, учитель акцентирует внимание учащихся на практическом применении или биологическом значении каждого свойства.

Биологическая роль глюкозы. Фруктоза как изомер глюкозы

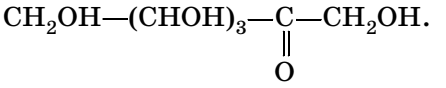
В крови человека, как известно из курса биологии, содержится 0,1% глюкозы. Повышение ее содержания свидетельствует о нарушении углеводного обмена и нередко о таком опасном заболевании, каким является сахарный диабет. Именно глюкоза является основным источником энергии в организме, которая освобождается в митохондриях живых клеток в процессе гликолиза — постепенного, ступенчатого освобождения этой энергии из глюкозы и накоплении ее в виде АТФ. Природа создала уникальную «энергетическую станцию», КПД которой превышает 55%, т. е. 55% энергии, высвобождаемой из одной молекулы глюкозы, накапливается в виде 38 молекул АТФ и только 45% рассеивается в виде тепла. Будет нелишним рассказать учащимся о том, что процесс гликолиза протекает в две стадии:

- бескислородной, в результате которой молекула глюкозы превращается в 2 молекулы молочной кислоты (при этом образуется только 2 молекулы АТФ);
- кислородной, в результате которой 2 молекулы молочной кислоты окисляются до углекислого газа и воды (при этом образуется еще 36 молекул АТФ).

За счет первой стадии живет многочисленная группа бактерий молочнокислого брожения, и существует такая отрасль пищевой промышленности, как молочнокислая (демонстрация коллекции). Процессы молочнокислого брожения протекают не только при скисании молока, но также и при квашении капусты и огурцов, силосовании зеленых кор-

мов. В организме человека на такой тип освобождения энергии мышечная ткань переходит при интенсивной физической работе, когда легкие не успевают поставлять достаточное количество кислорода для полного окисления глюкозы.

В заключение учитель предлагает структурную формулу фруктозы — изомера глюкозы:



Учащиеся сами приходят к выводу, что фруктоза также является веществом с двойственной функцией, т. е. кетоноспиртом.

Для закрепления материала урока учитель может предложить старшеклассникам выполнить не только задания к параграфу учебника, но и следующие задания.

1. Какова роль фотосинтеза в природе? Какие живые организмы способны к фотосинтетической деятельности? Какова роль хлорофилла в этом процессе?

2. Известно, что избыточное потребление сладостей способствует развитию кариеса. Как это можно объяснить с точки зрения химического разрушения эмали — одной из серьезных причин кариеса? Предложите способ защиты зубов, позволяющий любителям сладостей потреблять их без ограничения.

3. Сравните уравнения реакций, отражающие окисление глюкозы в организме и ее образование в процессе фотосинтеза. Какое количество энергии Q выделяется при окислении 1 моль глюкозы? В какой части клетки протекает этот процесс?

Амины. Анилин

Ц е л и у р о к а. Дать понятие об аминах на примере первичных аминов: метиламина и анилина. Развить представление о бескислородных основаниях на примере свойств аминов и представление о взаимном влиянии атомов в молекуле анилина. Показать роль анилина в современном производстве.

Строение и свойства аминов

Амины — это органические производные аммиака NH_3, в молекулах которого один, два или три атома водорода замещены на углеводородные радикалы.

Учитель вводит понятие об аминах как органических соединениях, в молекулах которых еще одна, новая для учащихся функциональная аминогруппа соединена с углеводородным радикалом, т. е. останавливается лишь на первичных аминах. Учащиеся сами записывают формулу простейшего из них — метиламина. Учитель задает вопрос, как называется одновалентный радикал бензола — фенил, и учащиеся сами записывают формулу фениламина, по которой узнают уже известный им анилин. Учитель подчеркивает, что амины можно рассматривать так же, как производные аммиака, в молекуле которого атом водорода замещен на радикал. Следовательно, от аминов можно ожидать оснóвных свойств. Именно это и подтверждается в ходе следующей демонстрации.

В пробирку наливают 1—2 мл анилина и 5—6 мл дистиллированной воды. Содержимое пробирки взбалтывается — наблюдается образование эмульсии. Если в пробирку добавить соляной кислоты, то наблюдается полное растворение эмульсии. Почему? Учащиеся записывают уравнение реакции, в которой формула анилина дается в молекулярном виде. Затем учитель к полученному раствору хлорида фениламмония (хлороводородной соли анилина) приливает раствор щелочи. Вновь наблюдается появление эмульсии. В ходе беседы выясняется причина этого явления.

По аналогии с анилином учащиеся самостоятельно записывают уравнение реакции взаимодействия фениламина с соляной кислотой. Повторяется донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи по аналогии с аммиаком. В заключение этой части урока делается вывод о том, что амины представляют собой органические основания, так как способны присоединять к себе катионы водорода.

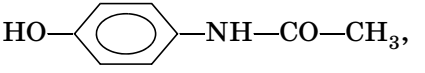
Анилин

Все, что надето на вас, вплоть до пуговиц и шнурков ботинок, говорит учитель, окрашено синтетическими красителями. А что окружает вас в квартире? Мебель, шторы на окнах и обои на стенах, всевозможные изделия из пластмасс, кожаные и резиновые вещи, детские игрушки — цвет всем этим столь разным предметам тоже дают синтетические красители. Благодаря им мы смотрим цветные кинофильмы, читаем книги и журналы с яркими иллюстрациями, пишем шариковыми ручками и фломастерами разных цветов.

Первые синтетические красители были получены из анилина, и со временем за ними так и осталось название анилиновых, а отрасль химической промышленности, выпускающая эти красители, называется анилинокрасочной.

Учитель демонстрирует пакетики с анилиновыми красителями, более интересной может быть демонстрация картины, нарисованной анилиновыми красителями.

Далее учащиеся узнают, что из анилина получают также лекарственные средства, например *парацетамол*. Учитель пишет на доске его формулу:



а учащиеся, знакомясь по упаковкам, выданным преподавателем, с составом популярных жаропонижающих лекарственных препаратов «Терафлю», «Колдрекс», обнаруживают, что активным веществом в них является парацетамол. Учитель завершает актуализацию: анилин — один из наиболее широко используемых аминов — соединений, о которых пойдет речь далее.

Взаимное влияние атомов в молекуле анилина учитель также может рассмотреть на основе демонстрационного эксперимента.

В пробирку наливают 1—2 мл анилина и такой же объем дистиллированной воды. Затем по каплям, до появления осадка приливается бромная вода. Об-

суждение результатов наблюдения проводится по аналогии с фенолом — атомы водорода в фениле под влиянием аминогруппы становятся подвижными в 2,4,6-положениях. Учитель записывает уравнение реакции с помощью структурной формулы анилина, а для учеников достаточно, если они запишут уравнение при ответе в молекулярной форме.

Каково же обратное влияние фенила на аминогруппу?

Так как электронное строение молекулы анилина на базовом уровне не рассматривается, учитель ограничивается констатацией факта, что фенил оттягивает к себе свободную электронную пару от атома азота, затрудняя тем самым присоединение к нему катиона водорода. Следовательно, анилин будет более слабым основанием, чем аммиак, и еще более слабым по сравнению с метиламином, в молекуле которого радикал метил отталкивает от атома азота свободную электронную пару. Ряд этих веществ, расположенных в порядке возрастания основных свойств, выглядит так: анилин $\longrightarrow$ аммиак $\longrightarrow$ метиламин.

Аналогично реакции бромирования анилина протекает и реакция его нитрования. Учащиеся сами укажут, что полученный продукт — тринитроанилин — является взрывчаткой. Уравнение реакции нитрования в молекулярной форме они записывают самостоятельно.

Получение и применение анилина проводится на основе материала урока «Бензол» и сопровождается демонстрацией соответствующих коллекций.

Аминокислоты

Ц е л и у р о к а. Дать понятие об аминокислотах как амфотерных органических соединениях. Показать их биологическую роль и применение в производстве волокон, пищевой и медицинской промышленности.

Строение и свойства аминокислот

Учитель акцентирует внимание учащихся на названии темы урока, записанной на доске, и конструирует вместе с ними общую формулу аминокислот, предварительно вводя представление о третьей функциональной группе — аминогруппе как об одновалентном радикале аммиака. Следовательно, делают вывод учащиеся, аминогруппа содержит три части: радикал, карбоксильную группу и аминогруппу, связанные с углеродным атомом. В результате этих рассуждений формируется общая формула аминокислот:

$$NH_2—\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}—COOH.$$

Очевидно, об аминокислотах учащиеся много слышали и на уроках биологии, и в реальной жизни: аминокислоты и фитнес, аминокислоты и спортивное питание, аминокислоты и бодибилдинг, аминокислоты в тонизирующих лосьонах и моделирующих кремах для тела, аминокислоты в шампунях и спортивных напитках, аминокислоты — натуральная пищевая добавка.

Простейшей аминокислотой является *глицин*, или *аминоуксусная кислота* (табл. 13), или 2-аминоэтановая, или просто аминоэтановая кислота.

Уже следующий гомолог этого ряда соединений имеет изомеры. После того как ребята вспомнили, что такое гомологи и изомеры, им предлагается написать структурные формулы молекул аминокислот с тремя и четырьмя атомами углерода. На примере написанных формул веществ разбираются виды структурной изомерии и номенклатура аминокислот.

Материал по номенклатуре аминокислот предназначен для 2 ч изучения химии. По взаимному расположению карбоксильной и аминогрупп в углеродной цепи различают α-, β-, γ-аминокислоты и т. д. Учитель разъясняет, что обозначение углеродных атомов буквами латинского алфавита начинается от *ближайшего*

к карбоксильной группе атома (но не самого карбоксила!). Наиболее важными являются α-аминокислоты, поскольку именно они служат «кирпичиками» для построения важнейших молекул живой природы — белков. Все встречающиеся в природе α-аминокислоты имеют свои тривиальные названия.

Как видно из таблицы 13, существуют также аминокислоты, содержащие две карбоксильные группы и одну аминогруппу (например, аспарагиновая кислота), или наоборот (например, лизин).

Аминокислоты подразделяют на природные и синтетические. Немногим более 20 природных α-аминокислот входят в состав белков. Примерно половина из них относится к *незаменимым аминокислотам*, они синтезируются только растениями, а в организм человека поступают с пищей. При недостатке этих аминокислот в пище нарушается нормальное развитие и функционирование организма человека. При этом совсем неважно, в каком виде поступают в организм аминокислоты: в виде набора аминокислот или в виде белка. Важно, чтобы эти кислоты поступили в организм!

Кислотные свойства аминокислот учитель демонстрирует с помощью следующего опыта.

В пробирку приливают 3—4 мл раствора глицина, добавляют 1—2 г порошка оксида меди(II) и нагревают до кипения. Наблюдается появление голубой окраски раствора, следовательно, делают вывод учащиеся, глицин является кислотой. Затем проверяется новая порция раствора глицина на предмет определения среды раствора с помощью индикаторной бумажки, которая показывает нейтральную среду. Значит, делают вывод учащиеся, аминокислоты являются амфотерными соединениями.

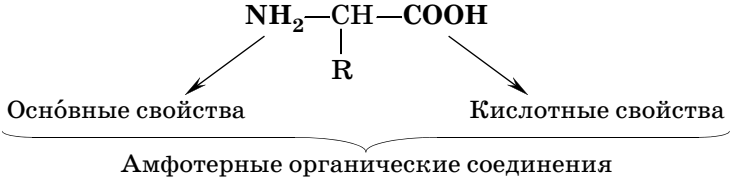


Таблица 13

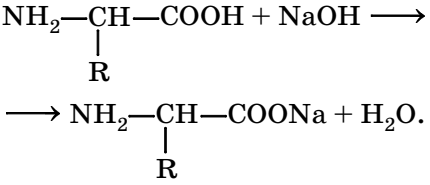
Структура и названия некоторых α-аминокислот

№	Формула	Обозначение	Название
1	$H_2N—CH_2—COOH$	Gly или Гли	Глицин
2	$CH_3—CH(NH_2)—COOH$	Ala или Ала	Аланин
3	$(CH_3)_2CH—CH(NH_2)—COOH$	Val или Вал	Валин*
4	$(CH_3)_2CH—CH_2—CH(NH_2)—COOH$	Leu или Лей	Лейцин*
5	$C_6H_5—CH_2—CH(NH_2)—COOH$	Phe или Фен	Фенилаланин*
6	$HO—CH_2—CH(NH_2)—COOH$	Ser или Сер	Серин
7	$HS—CH_2—CH(NH_2)—COOH$	Cys или Цис	Цистеин*
8	$HOOC—CH_2—CH(NH_2)—COOH$	Asp или Асп	Аспарагиновая кислота
9	$HOOC—CH_2—CH_2—CH(NH_2)—COOH$	Glu или Глу	Глутаминовая кислота
10	$H_2N—(CH_2)_4—CH(NH_2)—COOH$	Lys или Лиз	Лизин*
11	$CH_3—CH(OH)—CH(NH_2)—COOH$	Thr или Тре	Треонин*

* Незаменимые аминокислоты.

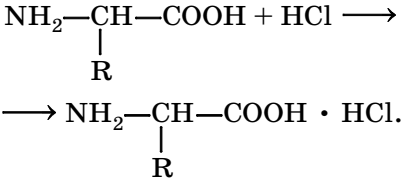
Следовательно, система химических свойств аминокислот является такой.

1-я группа свойств — *основные*. Аминокислоты взаимодействуют с основаниями, образуя соль и воду:



натриевая соль аминокислоты

2-я группа свойств — *кислотные*. Аминокислоты взаимодействуют с кислотами, образуя соли:



хлороводородная соль аминокислоты

3-я группа свойств — *взаимодействие аминокислот друг с другом*. В результате образуются полимеры — полипептиды (белки) и выделяется вода. Следовательно, эта реакция относится к реакциям поликонденсации. Она и послужит основой для следующего этапа урока.

Биологическая роль и применение аминокислот

На этом этапе учитель показывает биологическую роль аминокислот как «кирпичиков», из которых строятся молекулы белков, и предлагает схему реакции поликонденсации аминокислот. Для учащихся гуманитарных классов достаточно отобразить ее в словесной форме. В результате у учащихся сформируется модельное представление в виде следующей схемы:

$$n \text{ аминокислоты} \underset{\text{гидролиз}}{\overset{\text{поликонденсация}}{\longleftrightarrow}} \text{белок} + n\text{вода}.$$

Затем учитель раскрывает области применения аминокислот. В пищевой промышленности глутаминовая кислота или ее натриевая соль широко используются для приготовления бульонных кубиков, супов, пищевых концентратов и т. д. (демонстрация).

В химической промышленности аминокислоты или их производные используются для получения синтетических волокон. В структуре таких аминокислот важно, чтобы функциональные группы находились на концах молекулы (*почему?*). Например, капроновая или энантовая кислота.

В медицине отдельные аминокислоты используются в качестве лекарственных средств.

Белки

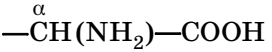
Ц е л и у р о к а. Дать понятие о белках как о полимерах, построенных из остатков аминокислот. Сформировать представление о трех структурах белковой молекулы. Показать биологическую роль белков на основе межпредметных связей с биологией. Рассмотреть химические свойства белков.

Строение и свойства белков

Вводное слово учителя. Белки — это высшая ступень развития вещества в природе, обусловившая появление жизни. Усложнение состава и строения привело к новому качеству — проявлению белками многообразных биологических функций. Как наиболее сложные вещества, образовавшиеся на высшей ступени развития органических соединений, они совмещают в себе многие элементы их структуры. Знание этих структур дает ключ к пониманию своеобразных свойств и биологического значения белков.

До изучения органической химии учащиеся обстоятельно знакомились с белками в курсе общей биологии. Поэтому задача этого урока — развитие химического аспекта в изучении белков с опорой на предыдущие знания.

Белки, структура белков. *Белки* — это биополимеры, структурную основу которых составляют полипептидные цепи, построенные из остатков α-аминокислот.



Причем радикал R — это не только атом водорода или углеводородный остаток, он может содержать группы атомов, включающие атомы серы и азота.

Различают первичную, вторичную и третичную структуры белковых молекул.

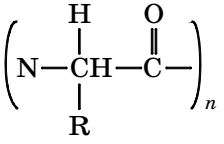
В понятии ***первичной структуры*** важно подчеркнуть две черты:

— строгая последовательность аминокислотных звеньев;

— строго определенное число этих звеньев.

Поэтому, хотя молекулярная масса различных белков весьма разнообразна, для каждого конкретного белка она однозначна, в нем нет молекул, отличающихся по массе.

Поскольку белки — это полимеры, то их строение (если, конечно, отвлечься от различий в составе радикалов аминокислот) можно выразить некоторой краткой структурной формулой.



Важно также отметить, что *вторичная и третичная структуры образуются самопроизвольно, как неизбежное следствие первичной структуры.*

Три структуры белков учитель может наглядно продемонстрировать с помощью следующей модели. Кусок свернутого в спираль провода от телефонной трубки растягивают и наносят на него с помощью масляной краски на расстоянии в 1—1,5 см метки: участки, помеченные краской, — это модели аминокислотных остатков, а растянутый провод — модель

линейной структуры белковой молекулы. Отпущенный затем провод снова сворачивается в спираль — модель вторичной структуры белка. Если его сложить в виде клубочка и скрепить полученную фигуру с помощью скрепок, то образуется модель третичной структуры белка.

Затем рассматриваются химические свойства белков.

1. Белки горят с характерным специфическим запахом паленого рога (демонстрация горения шерстяной нити, птичьего пера, кусочка натуральной кожи). При этом происходит полное разрушение структур белка.

2. Под действием внешних факторов происходит разрушение природной (нативной) структуры белка (демонстрируется денатурация растворов куриного белка под действием температуры, растворов солей тяжелых металлов и этилового спирта). При этом разрушаются вторичная и третичная структуры белка.

3. Гидролиз белка приводит к нарушению первичной структуры белка — разрушению пептидных связей полимерной цепи.

4. Цветные реакции белков (демонстрация биуретовой и ксантопротеиновой реакций без введения этих названий).

При 2 ч изучения химии вместо демонстрации опытов можно предложить учащимся выполнить лабораторную работу.

Опыт 1. Для демонстрации денатурации белка используют яичный белок, раствор сульфата меди(II), азотную кислоту, формалин, этиловый спирт. В четыре пробирки наливают по 2—3 мл раствора белка, а затем добавляют по 2 мл соответствующих растворов реактивов. Наблюдают выпадение осадка (денатурацию).

Опыт 2. К 2—3 мл раствора белка в пробирке приливают 2 мл раствора щелочи и затем несколько капель раствора сульфата меди(II). Содержимое окрашивается в красно-фиолетовый цвет. Эта качественная реакция на белки называется *биуретовой*.

Опыт 3. К 2—3 мл раствора белка добавляют несколько капель концентрированной азотной кислоты. Белок выпадает в осадок. Смесь нагревают. Наблюдается окрашивание раствора в ярко-желтый цвет. При осторожном (по каплям) добавлении к охлажденной смеси раствора аммиака окраска изменяется до ярко-оранжевой. Эта реакция называется *ксантопротеиновой*.

Опыт 4. Поджигают птичье перо или шерстяную нить, появляется характерный запах, сопровождающий горение белков.

Биологические функции белков

В заключение урока на основе межпредметных связей с биологией рассматриваются следующие биологические функции белков.

1. *Строительная*, или *структурная*. Подчеркивается, что все живые организмы на Земле, начиная от бактерий и вирусов и заканчивая цветковыми растениями и позвоночными животными, построены из белков.

2. *Каталитическая*, или *ферментативная*. Учитель акцентирует внимание учащихся на том, что все реакции в живых организмах протекают с участием биологических катализаторов белковой природы — ферментов, которые характеризуются высокой селективностью (избирательностью), действуют в узком интервале температур (ферменты человека работают в пределах 35—42 °С и pH (значение pH для каждой жидкой среды организма свое), обладают высочайшей эффективностью по сравнению с неорганическими катализаторами (демонстрируется действие каталазы сырого мяса или картофеля на разложение пероксида водорода).

3. *Защитная*. Учитель рассказывает о том, что в основе белковой иммунной системы организма лежат два типа белков: антитела, действующие на бактерии, и антитоксины, нейтрализующие яды бактерий. Как крайний случай разрушения иммунной системы организма человека учитель называет СПИД и рассказывает о профилактике этой «чумы XX века».

Контрольная работа № 2

При подготовке к контрольной работе учитель акцентирует внимание учащихся на вопросах, которые будут вынесены на рубежный контроль в письменной контрольной работе. Учащиеся выполняют ряд тренинговых заданий, обсуждают их результаты, а учитель проводит текущую аттестацию знаний, умений и навыков по теме. Вместе с тем учитель акцентирует внимание десятиклассников на содержание обязательной части контрольной работы и ряде дополнительных заданий, за которые будут выставлены отдельные отметки.

Приведем примерное содержание обязательных и дополнительных заданий первой контрольной работы.

1-е задание. Даны две формулы и два названия различных кислород- и азотсодержащих органических соединений.

Обязательная часть: по названию дать формулу и по формуле дать название каждого соединения; указать тип, класс или группу, к которым они принадлежат.

Дополнительная часть:

1) указать области применения или значение каждого из веществ;

2) записать уравнения реакций или назвать способы получения конкретного вещества из числа предложенных.

2-е задание

Обязательная часть: записать уравнения реакций, характеризующих свойства конкретного кислород- и азотсодержащего органического соединения. Указать тип и вид каждой реакции, назвать реагенты и продукты реакций.

Дополнительная часть:

1) назвать основные способы получения предложенного кислород- или азотсодержащего органического соединения в лаборатории и промышленности, записать уравнения реакций для тех способов, где это имеет место;

2) охарактеризовать основные области применения или значения данного соединения.

(*Разумеется, соединения в первой и второй частях контрольной работы не должны повторяться.*)

3-е задание (*официальное дополнительное*). На цепочки превращений, в которых вместо отдельных звеньев стоит многоточие (следовательно, учащиеся должны восполнить отсутствующие звенья), необходимо записать уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить предложенные превращения веществ, назвать их и указать тип или вид каждой реакции.

Методические рекомендации по теме «Биологически активные соединения»

Витамины

Ц е л и у р о к а. Дать общее представление о витаминах, познакомить учащихся с их классификацией, представителями и значением. На основе межпредметных связей с биологией раскрыть важнейшую роль витаминов для здоровья человека, дать понятие об авитаминозах и гиповитаминозах на примере важнейших представителей водо- и жирорастворимых витаминов.

Так как этот материал учащимся знаком из курса биологии, то очевидно, что первая часть занятия — лекция будет носить синтетический характер, так как учитель регулярно будет варьировать ее с беседой, с обращением к знаниям, полученным учащимися на уроках биологии, и к их жизненному опыту. Понятно, что удельный вес такого обращения будет определяться психолого-педагогическими особенностями каждого конкретного класса. Поэтому мы остановимся на материале, который может быть включен в лекцию.

Историческая справка

Начало изучения витаминов было положено русским врачом Н. И. Луниным, который еще в 1888 г. установил, что для нормального роста и развития животного организма кроме белков, жиров, углеводов, воды и минеральных веществ необходимы еще какие-то, пока неизвестные науке вещества, отсутствие которых приводит организм к гибели.

В 1912 г. польский врач и биохимик К. Функ выделил из рисовых отрубей вещество, излечивающее паралич голубей, питавшихся только полированным рисом (бери-бери — так называли это заболевание в странах Юго-Восточной Азии, где население питается преимущественно рисом). Химический анализ выделенного К. Функом вещества показал, что в его состав входит азот. Открытое им вещество Функ назвал витамином (от слов *вита* — жизнь и *амин* — содержащий азот). Правда, потом оказалось, что не все витамины содержат азот, но старое название этих веществ сохранилось.

В наши дни принято обозначать витамины их химическими названиями — ретинол, тиамин, аскорбиновая кислота, никотинамид — соответственно витамины A_1, B_1, C, PP. Привычные нам буквенные обозначения витаминов — это дань традиции.

Виды витаминной недостаточности

Полное отсутствие в организме какого-либо витамина служит причиной *авитаминоза* — тяжелого заболевания организма. Учащиеся сами назовут примеры таких авитаминозов, как цинга, рахит, «куриная слепота», пеллагра, бери-бери.

Чаще встречаются случаи частичной недостаточности витамина — *гиповитаминозы*, которые проявляются легким недомоганием, быстрой утомляемостью, снижением работоспособности и сопротивляемости организма инфекциям, повышенной раздражимостью.

Снабжение организма витаминами приобретает особое значение в конце зимы и весной, когда организм истощает свои ресурсы витаминов, а «витаминная кладовая» продуктов питания значительно снижена. В медицине используется даже особый термин, отражающий болезненное состояние организма, вызванное недостатком витаминов, — *«синдром хронической усталости»*.

Причинами гиповитаминозов могут быть:

• однообразное и, как правило, неполноценное питание;

• ограниченное питание в период религиозных постов;

• повышенная потребность в витаминах в период беременности и кормления, роста организма и т. д.;

• различные заболевания, нарушающие всасывание или усвоение витаминов и др.

Будет верным, если учитель подчеркнет, что вредны обе крайности: как недостаток, так и избыток витаминов. Так, при избыточном потреблении витаминов развивается отравление (интоксикация) организма, получившее название *гипервитаминоза*. Он часто наблюдается у подростков, занимающихся столь модным сейчас культуризмом — бодибилдингом, которые неумеренно потребляют пищевые добавки и витамины.

Понятно, что более токсичным действием обладают избыточные дозы жирорастворимых витаминов в силу того, что они способны накапливаться в организме. Менее токсичны избыточные дозы водорастворимых витаминов, которые легче удаляются из организма через почки.

Классификация витаминов

Учитель указывает, что важнейший признак классификации был уже назван — это способность витаминов растворяться в воде или жирах. По этому признаку различают два класса витаминов:

1) водорастворимые витамины: С, Р, группы В и др.;

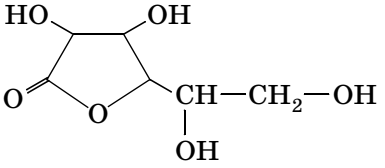
2) жирорастворимые витамины: группы витаминов А, D, Е и К.

Водорастворимые витамины

Основным источником этого класса витаминов служат овощи и фрукты. Вместе с витаминами, подчеркивает учитель, они содержат также и фитонциды, обладающие антисептическим и дезинфицирующим действием (лук, чеснок, антоновские яблоки и др.) и эфирные масла (цитрусовые, пряности, зе-

лень и др.), способствующие санации пищеварительной системы.

Этот класс витаминов мы предлагаем рассмотреть на примере *витамина С*. Витамин С (аскорбиновая кислота) — это витамин над витаминами. Только он связан напрямую с белковым обменом. Мало аскорбиновой кислоты — нужно много белка, напротив, при хорошей обеспеченности аскорбиновой кислотой можно обойтись минимальным количеством белка. Витамин С способствует повышению сопротивляемости организма к простудным заболеваниям и различным видам стрессов. Здесь в режиме 2 ч изучения химии учитель может предложить учащимся решить проблему: проанализировать представленную на плакате формулу аскорбиновой кислоты:



аскорбиновая кислота

Предлагается выполнить лабораторный опыт.

Опыт. Растворите немного (на кончике ножа) порошка витамина С в стакане с 5 мл воды и испытайте раствор лакмусовой бумажкой. Что можно сказать о растворимости и кислотных свойствах вещества? Почему вещество называется кислотой, хотя в ее молекуле отсутствует карбоксильная группа?

Если учащиеся затрудняются с ответом, учитель напоминает, что и в молекуле фенола нет карбоксильной группы, однако из-за большой подвижности атома водорода в гидроксиле он проявляет кислотные свойства и даже называется карболовой кислотой. Аналогично, в молекуле витамина С значительная подвижность водородных атомов —ОН-групп у C_3 и C_4 придает ей кислотные свойства. Изучение химической структуры витамина С позволило наладить его синтез из глюкозы.

Ежедневная потребность в витамине С у мужчин составляет от 70 до 95 мг, у женщин — 60—80 мг,

у подростков — 60—70 мг. Эта норма возрастает при увеличении физической и нервно-психической нагрузки.

Особенностью витамина С является его быстрое (14—16 суток) окисление в организме. А так как витамин С в организме человека не вырабатывается, возникает необходимость его постоянного потребления.

Учитель может также подчеркнуть, что длительная термическая обработка овощей и фруктов (варка) или хранение их в воде, варка в открытой посуде или в присутствии следов железа и меди, которые активизируют окисление витамина С, приводит к его разрушению.

Наиболее богаты аскорбиновой кислотой такие продукты, как шиповник, зеленый и красный болгарский перец, черная смородина, цитрусовые, овощи, хвоя и т. д.

С-авитаминоз — *цинга* проявляется точечными кровоизлияниями на коже, во внутренних органах, кровоточивостью десен, выпадением зубов, одышкой, болями в области сердца и др.

Жирорастворимые витамины

Учитель просит ребят попытаться назвать отличительные особенности этого класса витаминов, исходя из информации, которую они получили ранее. Учащиеся без особого труда называют такие особенности:

• жирорастворимые витамины, что следует из их названия, растворяются в жирах и поэтому усваиваются организмом только в присутствии жиров и желчи;

• при поступлении в больших количествах с пищей они способны накапливаться в организме, что, в свою очередь, может привести к развитию гипервитаминоза.

Учитель называет и еще одну особенность жирорастворимых витаминов — наличие нескольких аналогов с близкой структурой и идентичным биологическим действием. Так, у витаминов А и К обна-

ружено по два аналога, у Е — четыре, а у витамина D — десять.

Учитель подчеркивает, что, так как эти витамины нерастворимы в воде и экстрагируются органическими растворителями, их относят к липидам.

Этот класс витаминов мы предлагаем рассмотреть на примере витамина А — *ретинола*. По своей химической структуре ретинол является непредельным циклическим одноатомным спиртом, который легко окисляется в альдегид (ретиналь).

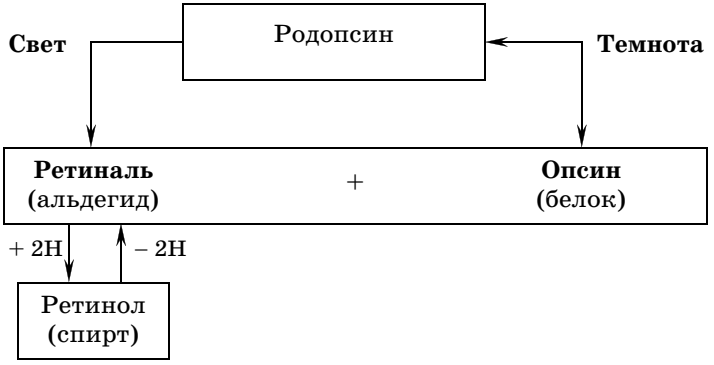
Недостаток в пище витамина А ведет к нарушению зрения («куриная слепота»), поражению дыхательных путей (склонность к бронхитам, пневмониям) и кожных покровов (сухость кожи, фурункулезы). Участие ретинола в механизме зрения заключается в том, что содержащееся в сетчатке глаза комплексное соединение — родопсин (зрительный пурпур) распадается на составные части: белок (опсин) и альдегид (ретиналь), который восстанавливается в ретинол (схема 6).

Суточная потребность в витамине А у человека составляет 1,5—2 мг.

Ретинол содержится только в продуктах животного происхождения: печени животных и рыб, сливочном масле, сыре, яичном желтке, рыбьем жире.

Растения лишены витамина А, однако они содержат провитамин (предшественник) этого витамина.

Схема 6



β-Каротины, содержащиеся в моркови, красном перце, зеленых растениях, плодах шиповника и облепихи, абрикосах, представляют собой удвоенную молекулу витамина А. При ее окислительном распаде в животных тканях образуются две молекулы витамина А.

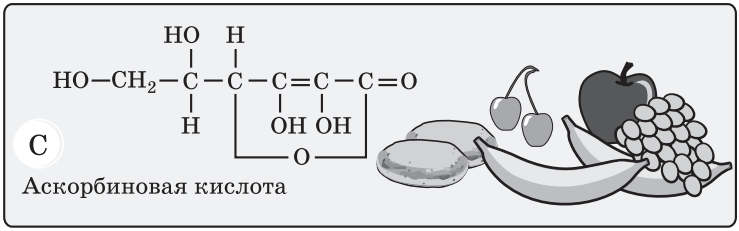
Гипервитаминоз А возникает при избыточном потреблении продуктов, богатых витамином А, и накоплении его в печени. У детей гипервитаминоз возникает при передозировке синтетическими препаратами. Признаками его являются похудание, тошнота, рвота, частые переломы костей, кровоизлияния. Поэтому необходим строгий контроль за потреблением этого витамина. Учитель предлагает проделать лабораторный опыт по обнаружению витамина А микрометодом.

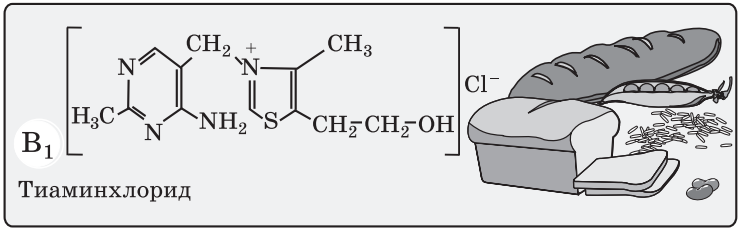
Опыт. На сухое часовое стекло пипеткой помещают 1 каплю рыбьего жира, затем добавляют 5 капель хлороформа и 1 каплю концентрированной серной кислоты. Смешивают. Возникает фиолетово-красное окрашивание, которое быстро переходит в бурое.

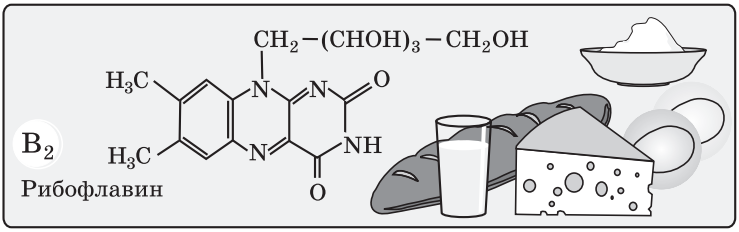
Сохранность витаминов в плодоовощной продукции

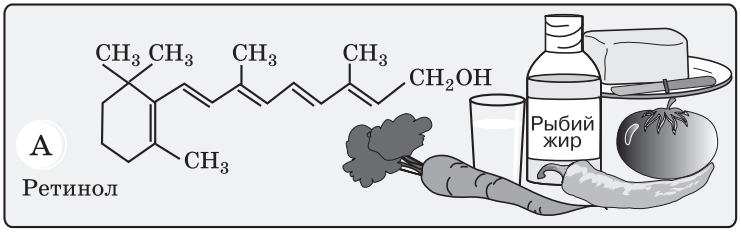
Учитель подчеркивает, что такие биологически активные вещества, как витамины, обычно поступают в организм с пищей (рис. 4).

Далее учитель формулирует проблему, с которой сталкивается каждый, кто имеет приусадебный участок или дачу. Существует мнение, что зимние запасы выращенных на участке или даче лука, чеснока, свежей капусты, картофеля и т. п. теряют запасы содержащихся в них витаминов чуть ли не через 2—3 недели хранения. Так ли это, учащиеся могут узнать, проанализировав данные таблицы 14, составленной специалистами Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур России.









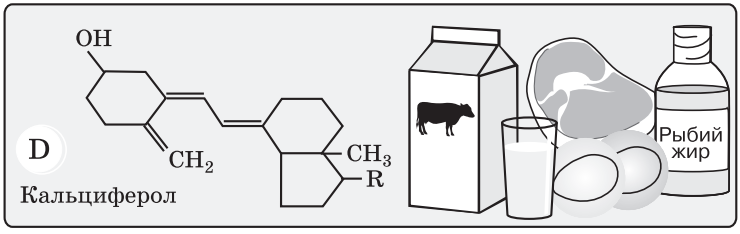


Рис. 4. Витамины в продуктах питания

Таблица 14

Культура	Основные витамины	Время уборки и закладки на хранение	Оптимальные температура, влажность	Предельный срок хранения	Изменения витаминного состава к предельному сроку хранения
Картофель (средне- и позднеспелые сорта)	С, группы В, РР, К	Конец августа — сентябрь (закладка на хранение через 2—3 недели после уборки)	+(2—4) °С, 85—95%	Май	Снижение содержания С на 11—13%
Капуста белокочанная (поздние сорта)	С, группы В, РР, каротин (провитамин А)	Первая половина октября	От –1 до +2 °С, 90—95%	Май—июль (в зависимости от сорта)	Снижение содержания всех витаминов на 5—6%
Лук репчатый	С, B_1,B_2, РР, Е, каротин	Конец июля — начало августа	+(18—22) °С, 60—70%	Май	Снижение содержания всех витаминов на 6—7%

Окончание табл. 14

Культура	Основные витамины	Время уборки и закладки на хранение	Оптимальные температура, влажность	Предельный срок хранения	Изменения витаминного состава к предельному сроку хранения
Лук-порей	С, B_1, B_2, каротин	Вторая половина октября	От –1 до +1 °С, 85%	Февраль—март	Увеличение содержания С на 9—11%, снижение содержания остальных на 7—8%
Чеснок	С, Е, РР, каротин	Озимый — конец июля; яровой — середина августа	+(18—22) °С, 60—70%	Озимый — декабрь—январь; яровой — до середины августа следующего года	Снижение содержания всех витаминов на 10—11%
Морковь	С, группы В, Е, К, Р, каротин	Середина сентября	+(1—2) °С, 95%	Март—апрель	Снижение содержания всех витаминов на 10%

Свекла	C, B_1, B_2, P, PP, U, каротин	Сентябрь	+(1—2) °C, 85—90%	Март—апрель	Снижение содержания всех витаминов крайне незначительно (десятые доли процента)
Тыква	C, группа B, E, PP	До первых заморозков	+(3—10) °C, 70—75%	Май (некоторые сорта до 2—3 лет)	Снижение содержания витаминов крайне незначительно (десятые доли процента)
Яблоки (зимние сорта)	C, B_1, B_2, P, PP, каротин	Конец сентября — начало октября	+(1—5) °C, 80—90%	Апрель—май	Снижение содержания витаминов на 15—17%

Ферменты

Ц е л и у р о к а. Обобщить знания обучающихся об этом классе биологически активных веществ как о биокатализаторах. Сравнить особенности ферментов и неорганических катализаторов. Показать роль ферментов в функционировании живых организмов, а также в промышленности, медицине и повседневной жизни человека.

Как и урок по витаминам, данный урок рекомендуем провести в форме школьной лекции с элементами беседы, дифференцировав предложенный ниже материал в зависимости от времени, предназначенного для базового изучения химии.

Основные сведения о ферментах

Учитель просит обучающихся дать определение ферментов. *Ферменты* — биологические катализаторы белковой природы, ускоряющие химические реакции в живых организмах и вне их.

Учитель обращает внимание обучающихся на последнюю характеристику ферментов, приведенную в определении. Эта особенность состоит в том, что действие ферментов не связано с клеткой. Это было доказано Дж. Самнером, впервые получившим фермент уреазу в чистом виде.

Кроме него, в ферментологию или энзимологию — учение о ферментах — значительный вклад внесли как отечественные (К. С. Кирхгоф, И. П. Павлов, С. Е. Северин, В. А. Энгельгардт и др.), так и зарубежные (Э. Фишер, Дж. Нортрон, А. Спаланцани, М. Дюкло и др.) ученые.

Понятно, что, будучи по своей природе белками, ферменты должны иметь большие значения молекулярной массы. Действительно, она может колебаться в пределах от 10^5 до 10^7, а это значит, что по своему размеру молекулы ферментов попадают в разряд коллоидных частиц. Это не позволяет отнести их ни к гомогенным, ни к гетерогенным катализаторам. Остается отнести их к особому классу катализаторов.

Эту часть урока учитель может провести в форме беседы, которую строит исходя из белковой природы ферментов. Ученики сами назовут и такие общие для всех белков, и в частности для ферментов, свойства, как:

• способность к растворению в воде и образованию коллоидных растворов;

• амфотерность;

• способность к денатурации и гидролизу;

• протекание цветных реакций (биуретовой и ксантопротеиновой).

Особенности ферментов как биологических катализаторов

Селективность. Каждый фермент ускоряет только одну какую-либо реакцию или группу однотипных реакций. Эту особенность называют селективностью (избирательностью действия) фермента. Она позволяет организму быстро и точно выполнить четкую программу синтеза нужных ему соединений на основе молекул пищевых веществ или продуктов их превращения. Располагая богатым набором ферментов, клетка разлагает молекулы белков, жиров и углеводов до небольших фрагментов-мономеров (соответственно аминокислот, глицерина и жирных кислот, моносахаридов) и из них заново строит белковые и иные молекулы, которые будут точно соответствовать потребностям данного организма. Недаром великий русский физиолог, нобелевский лауреат И. П. Павлов назвал ферменты «носителями жизни».

Избирательность действия ферментов столь велика, что их сравнивают с ключом, который подходит только к одному замку. Ферменты, как правило, ускоряют однотипные реакции, и лишь немногие из них действуют только на одну определенную и единственную реакцию. К ферментам, обладающим абсолютной специфичностью, относится, например, уреаза, разлагающая мочевину.

Эффективность. Ферменты обладают уникальными свойствами, которые отличают их от обычных

органических катализаторов гомогенного типа. Это прежде всего необычно *высокая каталитическая эффективность*. Так, добавка незначительной концентрации фермента (10^{-9}—10^{-7} моль) ускоряет превращение субстрата в 10^8—10^{12} раз. Такая высокая эффективность ферментов, подчеркивает учитель, объясняется тем, что их молекулы в процессе «работы» очень быстро восстанавливаются (регенерируют). Типичная молекула фермента может регенерировать миллионы раз за минуту: например, широко используемый в сыроделии фермент реннин способен вызывать коагуляцию (свертывание) белков молока в количествах, в миллионы раз превышающих его собственную массу. Этот фермент вырабатывается слизистой оболочкой особого отдела желудка жвачных животных — сычуга.

А вот еще один пример высокой эффективности «работы» фермента, акцентирует внимание старшеклассников учитель, хорошо знакомого вам из курса химии 8 класса, — каталазы. За одну секунду при температуре, близкой к точке замерзания воды, одна молекула этого вещества разлагает около 50 тыс. молекул пероксида водорода:

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{каталаза}} 2H_2O + O_2.$$

Этот катализатор снижает энергию активации с 75 до 21 кДж/моль. Учитель предлагает сравнить эффективность неорганических катализаторов и ферментов, а также формирует понятие энергии активации. Он подчеркивает, что если для ускорения реакции разложения пероксида водорода применяется платина, находящаяся в коллоидном состоянии, то энергия активации понижается только до 50 кДж/моль. Что же такое энергия активации? Представьте себе смесь паров бензина и кислорода. Реакция между этими двумя веществами возможна, но она не будет протекать без затраты некоторого количества энергии, поступившей, например, в форме простой искры. Именно такую энергию, необходимую для того, чтобы вещества начали взаимодействовать между собой, и называют *энергией актива-*

ции. Чем больше энергия активации, тем ниже скорость реакции при данной температуре.

Ферменты, действуя как катализаторы, снижают энергию активации, которая требуется для того, чтобы реакция могла осуществиться. Они повышают общую скорость протекания реакции. Аналогично «работают» и неорганические катализаторы, но они уступают ферментам в эффективности ферментам.

Зависимость от температуры. Многие ферменты, подчеркивает учитель, обладают наибольшей эффективностью при температуре человеческого тела, т. е. приблизительно при 37 °С. Человек погибает при более низких и более высоких температурах не столько из-за того, что его убила болезнь, а сколько из-за того, что перестают действовать ферменты, а следовательно, прекращаются обменные процессы, которые и определяют существование организма. Неорганические катализаторы сохраняют активность в более широком интервале температур. Учитель предлагает, например, вспомнить значение температуры, при которой протекает синтез аммиака (температура 450—500 °С, катализатор — железо).

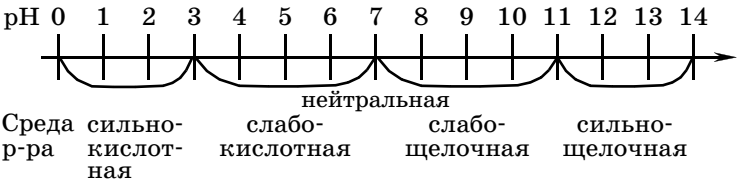
Зависимость от pH среды. Эту особенность ферментов учитель раскрывает с помощью понятия о pH среды, с которой учащиеся знакомились в курсе основной школы.

Более подробно с водородным показателем pH, говорит учитель старшеклассникам, вы будете знакомиться в курсе химии в следующем году. Пока же вспомните многочисленные телевизионные ролики, в которых часто эксплуатируется понятие pH (в них его называют pH-фактор) в рекламных целях.

Ферменты, подчеркивает учитель, наиболее эффективно действуют на субстрат при строго определенной среде раствора, при определенных значениях так называемого pH. Величина pH характеризует кислотность и осно́вность растворов и в водных растворах может принимать значения от 1 до 14 (схема 7).

Схема 7

Шкала pH



Фермент желудочного сока пепсин наиболее активен при pH от 1,5 до 2,0 (сильнокислая среда), каталаза крови — при pH, равном 7,0 (нейтральная среда), и т. д.

Кислотность или осно́вность среды физиологических жидкостей определяет биологическую активность клеток организма, которая, в свою очередь, определяется «работой» действующих в них ферментов (табл. 15). Каждая такая жидкость имеет определенное значение pH, и отклонение от нормы может быть причиной тяжелых заболеваний.

Таблица 15

Значения pH физиологических жидкостей

Среда	Значение pH	Возможные отклонения
Желудочный сок	1,7	0,9—2,0
Желчь печеночная	7,4	6,2—8,5
Желчь пузырная	6,8	5,6—8,0
Кровь (плазма)	7,4	7,25—7,44
Моча	5,8	5,0—6,5
Пот	7,4	4,2—7,8
Слезная жидкость	7,7	7,6—7,8
Слюна	6,8	5,6—7,9
Спинномозговая жидкость	7,6	7,4—7,8
Сок верхнего отдела толстого кишечника	6,1	—
Сок поджелудочной железы	8,8	8,6—9
Сок тонкого кишечника	6,5	5,1—7,1

В контакт с субстратом вступает лишь очень небольшая часть молекулы фермента — так называемый *активный центр*. Он включает обычно от 3 до 15 аминокислотных остатков полипептидной молекулы фермента. Высокая специфичность фермента обусловлена особой формой его активного центра, которая точно соответствует форме молекулы вещества, вступающего в реакцию.

Многие ферменты для проявления активности нуждаются в веществах небелковой природы — так называемых *кофакторах*. В роли последних могут выступать ионы металлов (цинка, марганца, кальция и др.) или молекулы органических соединений; в последнем случае их называют *коферментами*. Иногда для действия фермента бывает необходимо наличие как ионов металлов, так и коферментов. В одних ферментах кофермент очень прочно соединен с белком, как, например, у каталазы, где кофермент представляет собой комплексное соединение железа — гем. В других случаях коферменты представляют собой вещества, близкие к витаминам, которые являются «предшественниками» коферментов. Например, из витамина B_1 (тиамина) в клетках образуется тиамин-пирофосфат — кофермент важного фермента, входящего в группу декарбоксилаз; из витамина B_{12} образуются коферменты, необходимые для усвоения жирных кислот с нечетным числом атомов углерода.

Важным свойством ферментов, которое необходимо учитывать при их практическом пользовании, подчеркивает учитель, является *стабильность* — способность ферментов сохранять каталитическую активность.

Сравнение ферментов с неорганическими катализаторами

Учитель просит ребят назвать примеры каталитических процессов, известных им из курсов неорганической (железо в синтезе аммиака, оксид ванадия(V) в производстве серной кислоты) и органической (алюмосиликаты в крекинге нефтепродуктов) химии.

Ферменты, являясь биологическими катализаторами, предполагают учащиеся, должны, очевидно, подчиняться всем законам катализа. Учитель соглашается с ними, подкрепляя это умозаключение схемой, отражающей сущность ферментативной реакции:

$$E + S \longrightarrow ES \longrightarrow E + P,$$

где E — фермент (энзим), S — субстрат, P — продукт реакции, ES — фермент-субстратный комплекс, который, в зависимости от условий реакции, может расщепляться с образованием продуктов (прямая реакция) или распадаться на исходные вещества (обратная реакция).

Учитель подчеркивает, что об одной особенности ферментов, а именно об их высокой активности, уже говорилось. Однако не лишним будет еще раз обратить внимание ребят на прямо-таки «космические» скорости ферментативных реакций. Например, 2 г пепсина (кто-то из ребят обязательно вспомнит из курса биологии 9 класса, что это фермент желудочного сока, который расщепляет белки) способны расщепить за 2 ч 100 кг денатурированного яичного белка, а 1,6 г амилазы (фермента сока поджелудочной железы) за сутки гидролизуют 175 кг крахмала.

Следующие особенности учащиеся называют сами.

Ферменты, по сравнению с неорганическими катализаторами, обладают *избирательностью* — на каждую биохимическую реакцию нужен свой фермент или небольшая группа сходных ферментов (см. «Селективность»). Но десятки неорганических процессов ускоряет, например, такой универсальный катализатор, каким является платина.

Ферменты также, в отличие от неорганических катализаторов, действуют в небольших интервалах температур и значений pH. Учитель демонстрирует разложение пероксида водорода с помощью кусочков сырого и вареного мяса или картофеля.

Затем учитель подчеркивает, что, будучи катализаторами процессов в живых организмах, ферменты

характеризуются также и тем, что их активность зависит от пола, возраста и физиологических особенностей организма, что абсолютно не свойственно катализаторам неорганическим.

Обобщение по этой части урока учащиеся могут оформить в виде таблицы 16. При дефиците времени эту таблицу можно спроецировать на интерактивную доску в виде слайда, как результат обобщения на этом этапе урока.

Таблица 16

Различия между неорганическими катализаторами и ферментами

Признаки различий	Неорганические катализаторы	Ферменты
Химическая природа	Низкомолекулярные вещества, образованные одним или несколькими элементами	Белки — высокомолекулярные полимеры
Селективность	Низкая	Очень высокая
Оптимум pH	Сильнокислая или щелочная	Небольшой физиологический интервал pH среды
Изменение структуры катализатора в ходе реакции	Изменяется незначительно или не изменяется вовсе	Изменяется в значительной степени и восстанавливается в исходную структуру по окончании реакции
Увеличение скорости реакции	В 10^2—10^6 раз	В 10^8—10^{12} раз

Значение ферментов для здоровья человека и для науки

Известно, подчеркивает учитель, что многочисленные заболевания вызываются снижением активности ферментов, а нарушение синтеза одного из них может стать причиной гибели организма. Например, недостаток у детей фермента, превращающего галактозу в глюкозу, вызывает галактоземию, при которой дети отравляются избытком галактозы и погибают в первые месяцы жизни.

С помощью ферментов расшифровывают сложные структуры белков и нуклеиновых кислот. Так, например, ферменты помогли ученым с триумфом расшифровать геном человека, который, как оказалось, состоит «всего лишь» из 26—30 тыс. генов. Производится клонирование, достигли небывалых успехов биотехнология и генная инженерия.

Многочисленные отрасли пищевой промышленности (виноделие, хлебопечение, сыроварение; производство чая, спирта и др.) основаны на широком применении ферментов.

В медицинской промышленности с помощью ферментов получают различные фармацевтические препараты: витамины, лекарства, антибиотики.

Гормоны

Ц е л и у р о к а. На основе межпредметных связей с курсом биологии дать общее понятие о гормонах как секретах желез внутренней секреции. Познакомить с химической природой гормонов и их значением в регуляции жизнедеятельности организма на основе представлений о гипо- и гиперфункциях отдельных эндокринных желез.

Данный урок рекомендуем также провести в форме школьной лекции с элементами беседы, а также заранее подготовленных сообщений учащихся, дифференцировав предложенный ниже материал в зависимости от времени, предназначенного для базового изучения химии.

Общее понятие о гормонах

Будет нелишним в начале урока вспомнить, что жизнедеятельность организма регулируется с помощью двух систем: нервной и гуморальной. В последней системе главенствующая роль принадлежит гормонам.

Гормоны — это продукты желез внутренней секреции, выделяющиеся непосредственно в кровоток. Такими железами являются надпочечники, гипофиз, щитовидная и половые железы и др.

Гормоны — это биологически активные, жизненно необходимые вещества, которые вырабатываются в незначительных количествах, но оказывают на организм очень сильное воздействие.

Далее учитель в беседе с учащимися в соответствии с учебником дает определение *гуморальной регуляции*.

У млекопитающих гормоны, как и выделяющие их эндокринные железы, составляют единую систему, построенную по иерархическому принципу и в целом контролируемую нервной системой. Гормональные вещества особого действия образуются в гипоталамусе — отделе промежуточного мозга, осуществляющем взаимодействие нервной и эндокринной систем. Гормоны гипоталамуса регулируют выделение тройных (от греч. *tropos* — направление) гормонов гипофиза (от греч. *hypo* — под и *physis* — образование), которые, в свою очередь, регулируют выделение гормонов периферическими железами. Недостаточное или избыточное выделение гормонов приводит к эндокринным заболеваниям.

Понятно, что, выполняя столь многочисленные и разнообразные функции, гормоны обладают соответствующим набором характерных свойств, важнейшими из которых являются:

— *чрезвычайно высокая физиологическая активность* (очень малые количества гормонов вызывают весьма значительные изменения в работе органов и тканей);

— *дистанционное действие* (способность регулировать работу органов, удаленных от железы, выра-

батывающей гормон, благодаря тому, что гормоны доставляются к этим органам кровью);

— *быстрое разрушение в тканях* (оказывая очень сильное влияние на работу органов и тканей, гормоны не должны накапливаться в них);

— *непрерывное продуцирование* (секреция) гормонов соответствующей железой вызвано необходимость постоянного регулирования степени воздействия на работу соответствующего органа в каждый момент времени.

Затем учитель акцентирует внимание учащихся на том, что «работа» гормонов в организме строится на *принципе обратной связи*, что в конечном итоге обеспечивает постоянство состава внутренней среды организма — *гомеостаз*.

Классификация гормонов

Классифицировать гормоны можно по различным признакам. Чаще всего их группируют *по железам внутренней секреции*, их продуцирующим, например:

- щитовидная железа продуцирует тироксин;
- поджелудочная железа — инсулин и глюкагон;
- надпочечники — адреналин и норадреналин, а наружные отделы надпочечников (корковый слой) — целый набор гормонов, называемых кортикостероидами (кортикостерон и др.);
- семенники и яичники — половые гормоны (тестостерон и эстрогены);
- гипофиз — мозговой придаток, один из самых маленьких органов человеческого тела (размером с горошину) производит до 25 гормонов и является главным регулятором эндокринной системы.

Учитель предлагает следующую классификацию гормонов, в основу которой положена их *химическая природа*:

- стероидные (тестостерон, эстрадиол);
- белковые (инсулин, глюкагон);
- аминокислотные (адреналин, тироксин).

Классификация гормонов по двум рассмотренным основаниям может быть представлена учащимся в виде распечаток или на слайде (табл. 17).

Таблица 17

Классификация гормонов

Группа гормонов	Представители гормонов	Эндокринные железы, вырабатывающие гормон
Стероидные гормоны (стероиды)	Кортикостерон Гидрокортизон Кортизол Альдостерон	Кора надпочечников
	Андростандиол Тестостерон	Семенники
	Эстрадиол Прогестерон	Яичники
Производные аминокислот	Тироксин Трииодтиронин	Щитовидная железа
	Адреналин Норадреналин	Мозговое вещество надпочечников
Пептидные гормоны	Окситоцин Вазопрессин	Гипофиз
	Глюкагон	Поджелудочная железа
	Тиреокальцитонин	Щитовидная железа
Белковые гормоны	Инсулин	Поджелудочная железа
	Соматотропный гормон (гормон роста, соматотропин)	Гипофиз

Отдельные представители гормонов

Эту часть урока учитель проводит с помощью учащихся, которые заранее под руководством учителя готовят краткие (на 3—5 минут) сообщения с презентациями по следующему плану:

1) группа и формула представителя гормонов (акцентировать внимание учащихся на функциональных группах, входящих в состав молекулы);

2) железа внутренней секреции, которая вырабатывает этот гормон, особенности этого процесса, что регулирует;

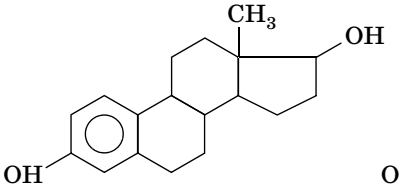
3) гипо- и гиперфункциональные нарушения в жизнедеятельности организма, связанные с недостаточной или избыточной выработкой этого гормона.

Приведем информацию, которую можно использовать для такой работы с учащимися.

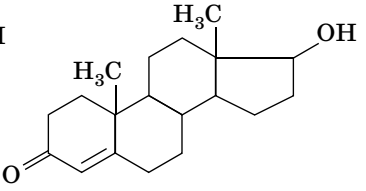
Группу стероидных гормонов можно рассмотреть на примере *эстрадиола* — женского полового гормона и *тестостерона* — мужского полового гормона (схема 8).

Схема 8

Строение половых гормонов и их особенности



эстрадиол



тестостерон

Вырабатывается яичниками	Вырабатывается семенниками
Регулирует функции половых органов и появление вторичных половых признаков у женщин	Регулирует функции половых органов и появление вторичных половых признаков у мужчин
Гипофункция — убывание отличительных признаков женских особей	Гипофункция — убывание отличительных признаков мужских особей

Оба гормона — стероиды. Различия в их строении, как могут убедиться учащиеся, анализируя их формулы, незначительные: в молекуле тестостерона по сравнению с эстрадиолом одна лишняя метильная группа, а в другом положении вместо гидроксильной группы находится атом кислорода.

Из белковых гормонов мы рекомендуем познакомить учащихся с *инсулином*, регулирующим углеводный обмен в организме.

Инсулин вырабатывается в особых образованиях в ткани поджелудочной железы — островках Лангерганса, что доказали работы русского физиолога Л. В. Соболева (1901). Свое название гормон получил от латинского *insula* — «остров». Островки Лангерганса продуцируют и еще один гормон — *глюкогон*.

Гипофункция островков Лангерганса поджелудочной железы проявляется в повышении сахара в крови и заболевании *сахарным диабетом*.

Первые упоминания о сахарном диабете историки медицины находят еще в трудах врачей I в. Дальнейшее его изучение показало, что один из главнейших симптомов диабета — выделение больших количеств сахара с мочой и обезвоживание организма. Ткани утрачивают способность усваивать сахар, начинают вместо этого расходовать жиры и белки, наступает потеря массы тела. При этом окисление жиров сопровождается образованием токсичных продуктов — так называемых кетоновых тел. Истощение и интоксикация приводят в конечном счете к гибели больного.

Инсулин оказался первым белком, для которого англичанин Ф. Сэнджер в 1953 г. установил последовательность чередования аминокислотных остатков и был за это удостоен Нобелевской премии.

Оказалось, что молекула инсулина состоит из двух полипептидных цепей (21 и 30 остатков аминокислот соответственно), соединенных между собой двумя ковалентными связями через боковые радикалы остатков цистеина (дисульфидными мостиками).

На примере инсулина был раскрыт механизм формирования пространственной структуры белков, со-

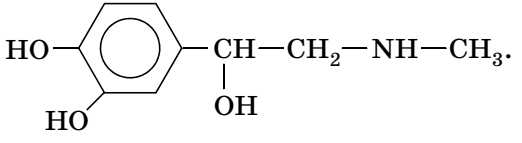
стоящих из нескольких полипептидных цепей. Первоначально синтезируется одна цепь, включающая в себя оба компонента будущей молекулы и какие-то соединяющие их участки. Для инсулина эта цепь состоит из 86 остатков — это так называемый *проинсулин*. Он не обладает гормональной активностью инсулина, и для превращения его в инсулин необходимо удалить перемычку, соединяющую две цепи, — пептид, состоящий из 35 остатков. Это и происходит в островках Лангерганса под действием особых ферментов.

Инсулин оказался первым белком, который удалось синтезировать химическим путем.

И наконец, инсулин оказался также в числе первых фармацевтических препаратов, промышленный способ выпуска которых был освоен с помощью методов генной инженерии.

Гиперфункция островков Лангерганса поджелудочной железы проявляется возникновением гипогликемии и может сопровождаться метаболическими нарушениями и потерей сознания — гипогликемическая кома.

Аминокислотные гормоны мы предлагаем рассмотреть на столь часто встречающемся в текстах современных молодежных песен гормоне *адреналине* — производном фенилаланина:



Этот гормон вырабатывается в надпочечниках. Основные его функции: повышает кровяное давление, учащает ритм сердечных сокращений, повышает содержание глюкозы в крови.

При гипофункции надпочечников происходит понижение кровяного давления и содержания глюкозы в крови, уменьшается время свертываемости крови.

При гиперфункции надпочечников происходит сокращение капилляров, повышается содержание глюкозы в крови.

Эксперимент на основе аптечных препаратов гормонов

Если позволяет время, учитель может предложить демонстрационный эксперимент по обнаружению фенольного фрагмента в молекуле адреналина в результате взаимодействия аптечного препарата этого гормона с раствором $FeCl_3$ (образуется сложное комплексное соединение зеленого цвета).

Чтобы показать белковую природу другого аптечного препарата — инсулина, учитель может предложить учащимся проделать цветные реакции на белок (при недостатке препарата можно ограничиться демонстрацией).

Лекарства

Ц е л и у р о к а. Познакомить обучающихся с химиотерапией, используя межпредметные связи с биологией. Рассмотреть химическую природу, механизм действия и безопасные способы применения некоторых лекарственных препаратов (сульфамидов, антибиотиков, аспирина). Научить ребят анализировать строение молекул лекарственных препаратов и предсказывать на основе этого анализа их химические свойства.

Как и предыдущие уроки по биологически активным веществам, данный урок рекомендуем провести в форме школьной лекции с элементами беседы и сообщениями учащихся, дифференцировав предложенный ниже материал в зависимости от времени, предназначенного для базового изучения химии.

Исторический очерк о развитии применения лекарственных средств

В начале урока учитель может предоставить слово отдельным ученикам для краткого сообщения — исторического очерка о возникновении и развитии применения лекарственных средств в борьбе с болезнями (5 минут), которое старшеклассники готовят

заранее, используя материал учебника и другую литературу.

Своеобразным эпиграфом к этой части урока может служить высказывание основоположника медицинской химии (ятрохимии) Парацельса: «Явления жизнедеятельности организма, как больного, так и здорового, можно понять, лишь рассматривая и оценивая происходящие в нем химические процессы, а излечения можно достичь с помощью химических средств».

Своеобразным обобщением подготовленных учащимися материалов может стать сформулированный русским ученым Д. Л. Романовским в 1891 г. общий химиотерапевтический (лечения болезней химическими препаратами) принцип. Идеальным лекарством Романовский считал «вещество, которое при введении в заболевший организм окажет наименьший вред последнему и вызовет наибольшие деструктивные изменения в поражающем агенте».

Затем учитель подчеркивает, что развитие представлений о том, что многие болезни вызываются различными микроорганизмами, позволили создать целый арсенал антибактериальных химиопрепаратов. Начало ему было положено немецким терапевтом и бактериологом П. Эрлихом, который впервые «химически прицелился» в возбудителя страшнейшего венерического заболевания — сифилиса, создав препарат *сальварсан*, что в переводе с латинского означает «салют мышьяку».

Начало эры *химиотерапии* бактериальных инфекций связано с открытием антибактериальных свойств у довольно простого по химической структуре органического соединения — амида сульфаниловой кислоты — *стрептоцида*.

Сенсационное для 1936 г. сообщение немецкого ученого Г. Домагка о том, что молекула стрептоцида убивает бактерии и способна излечивать такие тяжелые инфекционные заболевания, как менингит, пневмония, скарлатина, явилось мощным стимулом для развития работ по созданию сульфамидных препаратов.

Общее представление о лекарствах и их классификации

На данном этапе урока учитель дает определение лекарств.

Лекарства, или лекарственные средства, — это вещества природного или синтетического происхождения или их смеси, используемые для лечения и профилактики болезней.

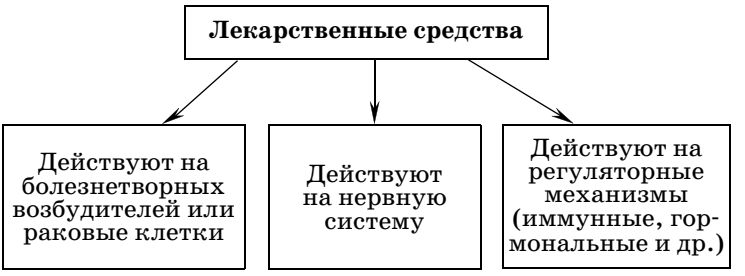
Затем учитель демонстрирует учащимся различные лекарства в виде гранул, раствора, порошка, настойки, драже, сиропа, таблеток, отвара и предлагает выделить одно из оснований для классификации лекарств. Учащиеся отмечают, что лекарственные средства можно различать по *агрегатному состоянию* в самом общем виде на *жидкие* и *твердые*.

Учитель предлагает классификацию лекарственных средств по объекту их воздействия (схема 9) и демонстрирует соответствующие препараты, названия которых учащиеся записывают в схему, предложенную учителем.

Для более подробного знакомства учащихся с некоторыми группами лекарственных средств, учитель может предложить учащимся сделать сообщения по следующим темам: «Антисептики», «Сульфамидные препараты», «Антибиотики», «Анальгетики».

Схема 9

Классификация лекарственных средств по объекту воздействия

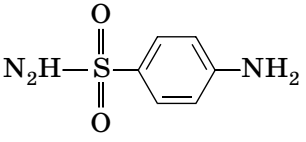


Предлагаем материал, который учитель может использовать для работы с учащимися при подготовке сообщений.

Антисептики — это вещества, способные предупредить или приостановить развитие микроорганизмов. Применяют их наружно для лечения ран, при заболеваниях кожи и слизистых оболочек, для обработки рук хирурга перед операцией, для консервирования препаратов и пр. (иодоформ CH_3I, хлорамин $C_6H_5SO_2NClNa$, органические соединения ртути, свинца, формальдегид, органические кислоты, например, салициловую и бензойную, фенолы и их производные). Механизм действия на микроорганизмы различных антисептиков различен. Антисептики способны вызывать денатурацию белка, влиять на окислительно-восстановительные процессы в клетках, нарушать проницаемость клеточных мембран, тормозить действие ферментов.

Антисептики применяют не только в качестве лекарственных средств. Их используют для предохранения от разрушения микроорганизмами древесины, пластмасс, текстиля, кож, пищевых продуктов и др. (например, фенолы и их производные, креозот, бензойная кислота и др.). Этими средствами пропитывают или покрывают защищаемый материал либо вводят их в его состав.

Сульфаниламидные препараты — синтетические лекарственные вещества *антимикробного действия*, производные сульфаниламида (белого стрептоцида).



стрептоцид

Антибактериальная активность стрептоцида состоит в том, что он ингибирует рост и жизнедеятельность микроорганизмов, что и приводит в конце концов к их гибели. Это связано с тем, что вместо синтеза необходимой бактериям дигидрофолиевой

кислоты сульфамиды конкурентно включаются в синтез «ложной» дигидрофолиевой кислоты, которая и уничтожает болезнетворные микробы.

Наиболее известные представители сульфамидов: сульфадиметоксин, сульфаметоксазол (входит в состав бисептола).

Антибиотики — лекарственные средства, способные подавлять развитие *микроорганизмов и клеток злокачественных опухолей*. Антибиотики принадлежат к различным классам органических соединений. Важнейшим этапом в развитии химиотерапии явилось открытие и создание антибиотиков. Учитель спрашивает, что известно учащимся об этой группе лекарств, и обобщает, что в настоящее время вряд ли можно встретить человека, не слышавшего об антибиотиках. Они радикально изменили возможности медицины, которую сегодня нельзя представить себе без этого класса препаратов.

В 1928 г. английский микробиолог А. Флеминг отметил способность нитчатого гриба зеленой плесени *Penicillium notatum* вызывать гибель стафилококков (учитель просит ребят вспомнить особенности строения этой зеленой плесени из курса ботаники). Дальнейшая совместная работа А. Флеминга с Х. Флори, Е. Чейном и Е. Абрахом привела к выделению в чистом виде первого антибиотика — пенициллина. За пенициллином последовало получение стрептомицина, тетрациклинов, эритромицинов и др. В 1960-е гг. появились вначале полусинтетические, а затем и синтетические антибиотики.

Антибиотики, продуцируемые растениями, называются *фитонцидами* (учитель просит ребят назвать известные им фитонцидные растения — лук, чеснок, хрен, горчица).

Исследование химической структуры пенициллина заняло более 5 лет, и лишь в 1945 г. методом рентгеноструктурного анализа было установлено, что основу скелета этой молекулы составляет пятичленный тиазольный цикл, соединенный с четырехчленным циклическим амидом — β-лактамом. Впоследствии химики научились выделять β-лактамные бициклы

и ацилировать их, получая все более активные антибиотики.

Антибиотики бывают широкого и узкого спектра действия. Первые нередко вызывают гибель полезных микроорганизмов кишечной флоры — дисбактериоз, поэтому их применение должно проводиться с профилактикой этого последствия и под строгим контролем врача.

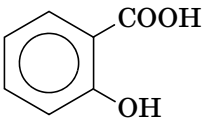
Механизм действия антибиотиков заключается в том, что они вызывают у бактерий:

- нарушение синтеза клеточной стенки (пенициллины, цефалоспорины);
- нарушение синтеза белка (тетрациклины);
- повреждение цитоплазматической мембраны (полимиксины, грамицидин);
- нарушение синтеза нуклеиновых кислот (рифамицины, противоопухолевые антибиотики).

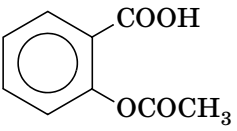
Анальгетики (от греч. *ан* — без и *альгос* — боль) — лекарственные средства, способные ослаблять или устранять чувство боли, т. е. *действующие на нервную систему*. По механизму действия анальгетики подразделяют на две группы: наркотические и ненаркотические.

Ненаркотические лекарственные средства применяют, например, при невралгических, мышечных, суставных болях, а также при головной или зубной боли. Обычно их действие сопровождается жаропонижающим и противовоспалительным эффектом. Препараты этой группы, как правило, подавляют болевые сигналы в самом их источнике. Эти вещества не действуют на рецепторы головного мозга, не вызывают изменения настроения, не приводят к наркотической зависимости. К числу старейших синтетических лекарственных средств ненаркотического действия относится аспирин, или ацетилсалициловая кислота.

По химической природе ацетилсалициловая кислота является производным салициловой кислоты, которая широко распространена в природе (содержится в цветах ромашки, тюльпана, гиацинта, фиалки и в плодах — апельсинах, яблоках, сливе, винограде, соке тополя).



салициловая кислота



ацетилсалициловая кислота (аспирин)

Благодаря антимикробному действию и сравнительно малой токсичности, салициловую кислоту применяют в пищевой промышленности как антисептик и консервант.

Кроме ацетилсалициловой кислоты в качестве болеутоляющих ненаркотических средств используют также амидопирин и анальгин (производные гетероциклического соединения пиразолина), а также парацетамол (производное *n*-аминофенола).

Наркотические анальгетики действуют на центральную нервную систему, в частности блокируют передачу болевых импульсов, которые поступают в головной мозг. Для многих из них характерны неблагоприятные побочные эффекты: эти препараты вызывают у человека эйфорию или депрессию, а при многократном повторном применении — психическую и физическую зависимость (в том числе патологическое пристрастие — наркоманию).

В рассмотренных ранее формулах лекарственных средств можно указать изученные функциональные группы и назвать их.

Использование лекарственных средств

Заключительный фрагмент урока по данной теме может быть посвящен правильному использованию лекарственных средств. Учитель может дать лишь общие рекомендации по этому поводу.

Необходимо обратить внимание учащихся на то, что сочетание нескольких лекарственных средств может привести к разным эффектам:

• взаимному усилению их действия (синергизму), поэтому часто выпускают комбинированные или многокомпонентные формы лекарственных средств;

• сложению действия каждого лекарственного средства, поэтому необходимо соблюдать указания врача, если назначен не один, а несколько препаратов;

• уменьшению эффекта одного из лекарственных средств другим лекарственным средством.

Вывод: нельзя заниматься самолечением, так как только специалистам известны особенности взаимодействия лекарственных средств.

Методические рекомендации по теме «Искусственные и синтетические полимеры»

Ц е л и у р о к а. Обобщить понятие «полимер» на основе изученного ранее материала. Повторить важнейшие понятия химии высокомолекулярных соединений. Рассмотреть классификацию органических полимеров, их строение, свойства, получение и применение групп полимеров и важнейших их представителей.

Классификация полимеров

Преподаватель начинает урок с того, что просит учащихся дать определение понятия «полимер».

Полимер — это высокомолекулярное соединение, состоящее из множества одинаковых повторяющихся структурных звеньев.

В свою очередь, это предполагает и повторение других понятий химии высокомолекулярных соединений, соподчиненных понятию «полимер»: «структурное звено», «мономер», «полимеризация», «поликонденсация», «степень полимеризации», «средняя относительная молекулярная масса полимера», «макромолекула» и т. п.

На основе этих понятий учитель может показать многообразие классификаций полимеров по различным признакам, привести примеры на каждый вид классификации (схема 10).

В связи с приведенной ниже классификацией придется вспомнить важнейшие свойства полимеров и отметить, что особые (по сравнению с низкомолекулярными веществами) свойства полимеров объясняются более сильными межмолекулярными

взаимодействиями макромолекул, причем чем плотнее их упаковка, тем это взаимодействие существеннее.

Увеличение длины молекул, их вытянутости, степени кристалличности, упорядоченности в соединении несимметричных структурных звеньев, однотипность пространственной ориентации — все это способствует улучшению физико-механических свойств и диэлектрических показателей полимера.

Схема 10

Классификация полимеров

Учитель обращает внимание старшеклассников на то, что существуют четыре основные группы материалов, полученных на основе полимеров: пластмассы, волокна и каучуки, а также композиционные материалы. Следующий материал обобщается в форме лекции с элементами беседы, так как он уже в некоторой степени знаком учащимся. Учителю только необходимо дифференцировать предложенный материал из расчета на 1 или 2 ч обучения.

Пластмассы

Пластмассы (пластические массы, пластики) — материалы, изготовленные на основе полимеров, способных приобретать при нагревании заданную форму и сохранять ее после охлаждения. Как правило, пластмасса содержит несколько компонентов, которые придают материалу определенные качества, а полимер — самый важный из них — выполняет связующую роль. В пластмассы входят:

• *наполнители* (древесная мука, ткань, асбест, сажа, стекловолокно), снижающие стоимость материала и улучшающие его механические свойства;

• *пластификаторы* (высококипящие сложные эфиры), повышающие эластичность, устраняющие хрупкость; многие новые изделия из пластмасс «пахнут пластмассой», но на самом деле запах дает испаряющийся пластификатор;

• *стабилизаторы* (антиоксиданты, светостабилизаторы), способствующие сохранению свойств пластмасс в процессе их переработки и использования;

• *красители*, придающие материалу требуемую окраску;

• другие вещества.

Применение пластмасс удобно повторить по таблице 18 и продемонстрировать выставку различных образцов пластмассовых изделий, созданную учащимися.

Таблица 18

Пластмассы и их применение

Название полимера	Структурное звено	Применение
	Термопласты	
Полиэтилен	$-CH_2-CH_2-$	Упаковочные пленки, бутылки, оболочки кабелей
Полипропилен	$-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-$	Детали автомобилей, трубы
Полистирол	$-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{\vert}{CH}}-$	Мензурки, корпуса телевизоров, игрушки
Поливинилхлорид	$-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{\vert}{CH}}-$	Трубы, искусственная кожа, хозяйственные сумки
Полиметилметакрилат	$-CH_2-\underset{\displaystyle COOCH_3}{\underset{\vert}{C(CH_3)}}-$	Органическое стекло для светильников, пуленепробиваемых окон, шприцев
Политетрафторэтилен	$-CF_2-CF_2-$	Тефлоновые покрытия посуды, электроизоляция

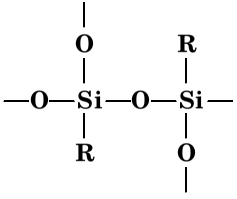
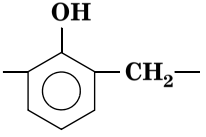
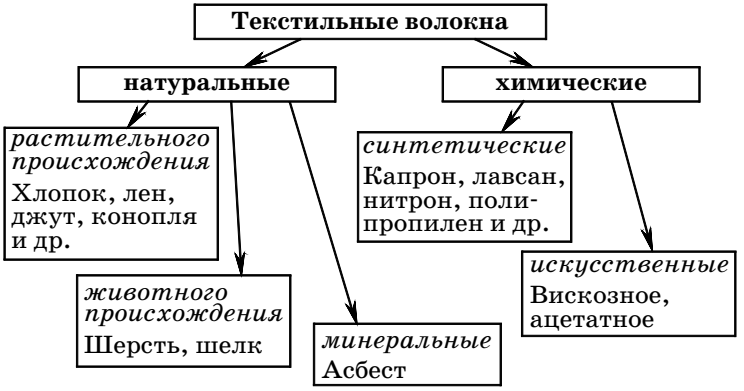
Полиэтиленфталат	—O—$(CH_2)_2$—O—CO—C_6H_4—CO—	Волокна, бутылки
Полиамид	—NH—$(CH_2)_5$—CO—	Волокна
Термореактопласты		
Полиуретан	—R—NH—COO—R—OOC—NH—	Детали автомобилей, подошвы для обуви, эластомеры, волокна, пенопласты
Силиконы		Эластомеры, имплантаты, водоотталкивающие покрытия
Ненасыщенные полиэфиры	—$OCH_2CH_2OCOCH{=}CHCO$—	Цистерны, корпуса лодок
Фенолоформальдегидные смолы		Электроизоляторы, рукоятки ножей

Схема 11

Классификация текстильных волокон



Волокна

Волокна — материалы на основе полимеров с высокой упорядоченностью линейных вытянутых молекул, которые с трудом подвергаются деформации и пригодны для изготовления нитей, жгутов, текстильных материалов.

Классификация текстильных волокон приведена на схеме 11.

В качестве демонстрационного (а лучше раздаточного) материала может быть использована «Коллекция волокон».

Каучуки

Каучуки (эластомеры) — материалы на основе мягких и упругих полимеров, способных изменять обратимо свою форму и размеры, применяемые преимущественно для изготовления резины.

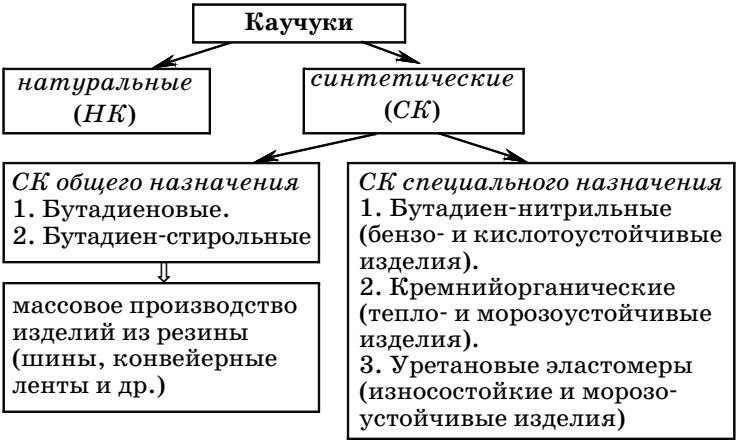
Классификация каучуков приведена на схеме 12.

Характеристика свойств полимеров

Учитывая время, отведенное на изучение химии на базовом уровне, можно при характеристике свойств полимеров рассмотреть *способность* их *к деформации* подробнее и связать этот материал с изучением пластмасс, волокон и каучуков.

Схема 12

Классификация каучуков



В зависимости от способности к деформации, которая определяется подвижностью структурных единиц полимера, сам полимер может находиться в трех состояниях:

• *стеклообразном*, когда взаимодействие между структурными единицами велико, подвижность их крайне мала, а полимер способен к малым обратимым деформациям;

• *высокоэластичном*, когда взаимодействие между отдельными участками — сегментами — цепей полимера мало́, их подвижность велика и полимер способен к большим обратимым деформациям;

• *вязкотекучем*, когда взаимодействие между отдельными цепями полимера мало́ и они способны к перемещению друг относительно друга, т. е. полимер течет, проявляя неограниченную способность к деформации.

Один и тот же полимер, однако, при разных температурах может находиться в разных физических состояниях (рис. 5).

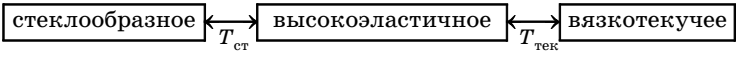


Рис. 5. Физические состояния полимера: $T_{ст}$ — температура стеклования; $T_{тек}$ — температура текучести

Для эластомеров характерен большой интервал температур между их переходами в стеклообразное и текучее состояние.

Для натуральных каучуков температуры стеклования очень низки, поэтому они существуют в высокоэластичном состоянии в интервале температуры от 68 до 200 °С. К сожалению, у каучуков, как и у ряда других полимеров, разложение наступает раньше, чем будет достигнута температура текучести, а это значит, что расплавить такой полимер нельзя. Сказанное справедливо и для поливинилхлорида. Для пластиков и волокнообразующих полимеров температура стеклования выше, чем для каучуков. Поэтому при переработке полимеров в изделия необходимо придать структурным единицам полимера большую подвижность. Это можно сделать двумя способами: либо перевести полимер в вязкотекучее, либо в растворенное состояние.

Биополимеры

Биополимеры — важнейшие природные полимеры, с которыми учащиеся встречались на уроках биологии. Поэтому наиболее предпочтительная форма проведения урока — обобщающая беседа с элементами лекции и записью опорного конспекта или заполнением таблиц и схем.

Полисахариды

С этим классом биополимеров старшеклассники знакомились совсем недавно, поэтому учителю необходимо повторить классификацию, строение, свойства и значение групп полисахаридов в процессе беседы.

Белки

Аналогично полисахаридам материал по белкам рассматривается в ходе обобщающей беседы на основе межпредметных связей с биологией. План такого обобщения по этим биополимерам традиционен:

состав ⟶ строение ⟶ свойства ⟶ ⟶ биологическая роль

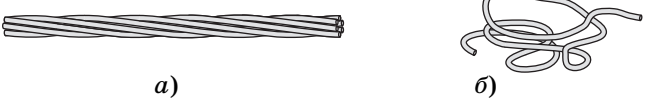
Учитель может лишь дополнить сведения о белках следующим материалом.

Белки в зависимости от формы молекул подразделяют на *фибриллярные* (от лат. *fibrilla* — волоконце) и *глобулярные* (от лат. *globules* — шарик). Молекулы фибриллярных белков вытянуты в длину и группируются одна возле другой, образуя за счет многочисленных межмолекулярных водородных связей суперспирали, напоминающие канаты (рис. 6, *а*). Они нерастворимы в воде.

Глобулярные белки соединены в компактные клубочки (рис. 6, *б*), они растворяются в воде с образованием коллоидных растворов, а также в разбавленных растворах кислот, щелочей и солей, но осаждаются концентрированными растворами.

Строение белков, подчеркивает учитель, как раз и определяет те функции, которые они выполняют в живых организмах. *Фибриллярные белки* нерастворимы, склонны к образованию волокон и поэтому служат основным конструкционным материалом животных клеток (в растительных клетках, напоминает учитель, эту роль играет целлюлоза). Это кератин кожи, волос, рогов, ногтей, копыт, перьев; коллаген сухожилий; миозин мышц и т. д.

Глобулярные белки выполняют функции, требующие подвижности и, следовательно, растворимости. Они участвуют в регуляции жизненных процессов: гемоглобин переносит кислород из легких в ткани; ферменты катализируют многочисленные биохимические реакции, протекающие в организме; антитела обеспечивают защиту от чужеродных организмов и т. д.



а) *б*)

Рис. 6. Фибриллярные (*а*) и глобулярные (*б*) белки

Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты (НК) — это полимеры, мономерными звеньями которых служат остатки нуклеотидов. Такое определение могут дать учащиеся на основе знаний по органической химии и общей биологии. Они же назовут и два типа таких кислот: РНК и ДНК.

Учитель дополняет, что впервые эти полимеры были обнаружены в 1869 г. в клеточных ядрах, откуда и произошло их название: в переводе с латинского слово «нуклеус» означает «ядро», следовательно, НК — это ядерные кислоты.

В ходе беседы следует уточнить признаки сходства и различия в составе и строении ДНК и РНК, которые могут быть отражены в виде таблицы 19.

Демонстрация модели ДНК поможет учащимся сформировать представление об этом полимере и о РНК как о гигантской углеводно-фосфатной цепи с присоединенной к ней «бахромой» азотистых оснований.

Молекулы ДНК находятся в ядрах клеток. Для определенного вида животного или растительного организма количество ДНК постоянно для всех его клеток. Постоянным является и размер молекулы ДНК, относительная молекулярная масса которой обычно велика: от 10^7 до 10^{10}. Еще одной отличительной особенностью молекулы ДНК является ее состав, который одинаков во всех клетках данного организма в любом возрасте и в любых физиологических состояниях. Он заметно отличается у различных биологических видов. Это означает, что для ДНК данного организма последовательность и число азотистых оснований в полинуклеотидной цепи носит индивидуальный характер.

Постоянство состава и комплиментарность цепей молекулы ДНК в спирали и определяет ее уникальную фундаментальную биохимическую роль — ДНК является хранителем всей совокупности генетической информации в каждой клетке и в каждом организме в целом.

Таблица 19

Сравнительная характеристика ДНК и РНК

Признаки сравнения	ДНК	РНК
Состав нуклеотидов	*Азотистые основания*: сходство с РНК — цитозин — аденин — гуанин отличие от РНК — тимин *Углевод* (моносахарид): дезоксирибоза. *Кислота*: фосфорная	*Азотистые основания*: сходство с ДНК — цитозин — аденин — гуанин отличие от ДНК — урацил *Углевод* (моносахарид): рибоза. *Кислота*: фосфорная
Строение полинуклеотидной цепи	Двойная спираль, построенная согласно принципу комплементарности: А — Т, Г — Ц	Одна полимерная цепь
Локализация в клетке	В основном хромосомы ядра	Ядро, цитоплазма
Функции в клетке	Хранение наследственной информации. Передача ее с помощью редупликации	мРНК — передача информации о синтезе белка с ДНК. тРНК — «узнавание» соответствующего кодона мРНК, перенос аминокислот к рибосомам. рРНК — структурная основа рибосом

Содержание

Предисловие 3

Общие рекомендации для изучения органической химии на базовом уровне 5

Примерное поурочно-тематическое планирование учебного материала 15

Методические рекомендации к изучению темы «Введение. Предмет органической химии. Теория химического строения органических соединений» 46

Методические рекомендации к изучению темы «Углеводороды и их природные источники» . . . 52

Методические рекомендации к изучению темы «Кислород- и азотсодержащие органические соединения» 84

Методические рекомендации по теме «Биологически активные соединения» 145

Методические рекомендации по теме «Искусственные и синтетические полимеры» . . 179