

Кировский институт повышения квалификации
и переподготовки работников образования

А. Н. Лямин

**ВВЕДЕНИЕ В КУРС
ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ**

Пособие для учителей

Киров
2005

Печатается по решению ученого совета Кировского ИПК и ПРО

Рецензенты:

Кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии ВГТУ

Е. В. Береснева;

Старший преподаватель кафедры химии ВГТУ

Л. А. Храмова

Лямин Алексей Николаевич

Л97 Введение в курс органической химии средней школы. Пособие для учителей.
Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2005. – 64 с.

В пособии на конкретных примерах рассматриваются общие теоретические положения органической химии, используемые при обучении школьников; большое внимание уделено основным этапам эволюционного развития органической химии.

Пособие предназначено для учителей химии школ, колледжей, лицеев, а также окажет большую помощь в изучении предмета школьникам и студентам средних специальных и высших учебных заведений.

ISBN 5-85908-058-1

ББК 74.262.4

ISBN 5-85908-058-1

© КИПК и ПРО, 2005

© Лямин А. Н., 2005

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
ГЛАВА I. Исторические сведения развития органической химии с момента зарождения и до наших дней	6
ГЛАВА II. Валентные возможности атома углерода и многообразие органических соединений	17
ГЛАВА III. Классификация и номенклатура органических соединений	21
ГЛАВА IV. Электронные эффекты и типы органических реагентов	28
ГЛАВА V. Особенности протекания реакций с участием органических веществ	35
Приложение	47
Список литературы	62
Послеловие	63

ПРЕДИСЛОВИЕ

*«...Тех, которым ничего не надо,
Только можно в мире пожелать»*

С. А. Есенин

Органическая химия является самостоятельной естественнонаучной дисциплиной и, следовательно, имеет свою логику, закономерности, положения, которые ни коим образом не противоречат положениям науки химии и естествознания, но имеют свою специфику. Кроме того, органическая химия имеет свою уникальную эволюционную историю зарождения и стремительного развития, которое продолжается бурными темпами в настоящее время. Поэтому изучение дисциплины «органическая химия», по-видимому, должно начинаться с рассмотрения основных исторических моментов развития и общих закономерностей этой науки. Такое построение учебного курса облегчит восприятие школьниками материала последующих тем, реализуя дедуктивный метод познания. Практика показывает, что интегративное введение в курс органической химии значительно повышает мотивацию обучаемых к изучению предмета.

Введение в курс органической химии реализуется практически во всех существующих программах и соответствующих учебниках для средней школы. Различие заключается в содержании учебного материала и количестве часов, отведенных на его изучение. Нужно отметить тот факт, что на изучение этого важного раздела отводится крайне мало времени, а в соответствующих учебниках представлен довольно скудный материал, не удовлетворяющий запросам учащихся и педагогов. Так, зачастую, из приведенного в учебниках материала учащиеся не могут объяснить факт многообразия (более 18 млн.) органических веществ, основные закономерности (механизмы) прохождения органических реакций, систематичность номенклатуры, исторические факты, всеобщность теории строения и т. д. Таким образом, понятие об органической химии, как о самостоятельной науке не может быть сформировано у обучаемых в полном объеме, а получаемые ими знания в большей мере формальны – на уровне запоминания, что с чем реагирует, и что при этом получается.

Наиболее выдержанными в этом отношении можно отметить программу и соответствующий учебник коллектива авторов под редакцией профессора Кузнецовой Н. Е. и учебник органической химии авторов Карцовой А. А., Остроумова И. Г., Табриелана О. С.

В данном пособии автор предпринял попытку предложить свой апробированный вариант изложения учебного материала в качестве введения в курс органической химии, рассчитанного на 10, 17 и 20 часов в классах гуманитарного, естественнонаучного и химического профиля соответственно. В классах гуманитарного профиля основной акцент ставится на исторический аспект и перспективы развития органической химии, а в естественнонаучного и химического

профиля на общие теоретические положения (закономерности) науки. Временные затраты на изучение данного раздела компенсируются посредством внутрипредметной интеграции при изучении последующих тем курса, позволяя педагогу исключать из подробного объяснения некоторые фактические материалы, хорошо укладываемый в рамки общих теорий (вопросы строения отдельных веществ и их названия, закономерности изменения реакционной способности, основности и кислотности веществ, механизмы типичных процессов и т. п.). Данный материал, усвоенный обучаемыми, позволяет педагогу широко использовать принципы проблемности и интегративности при построении занятий.

В пособии рассмотрено содержание учебного материала по пяти важным вопросам:

- а) основные вехи развития органической химии с начала зарождения до наших дней. Предмет и задачи современной органической химии;
- б) особенности строения углеродного атома, его валентные возможности и многообразие органических веществ;
- в) современная классификация, номенклатура и терминология органической химии;
- г) электронные эффекты и типы органических реагентов;
- д) особенности протекания реакций с участием органических соединений.

Ведущими идеями содержания данного пособия являются интегративный подход и фундаментализация школьного химического образования. Общие теоретические положения реакционной способности и протекания реакций рассматриваются в пособии с позиций закона сохранения энергии – основного закона природы, что позволяет в полной мере реализовать интегративный подход при обучении на протяжении всего курса, используя данный закон в качестве интегратора. А это, в свою очередь, приводит к фундаментализации знаний учащихся по предмету.

Общие теоретические положения реакционной способности и протекания реакций рассматриваются в пособии с позиций закона сохранения энергии – основного закона природы, что позволяет в полной мере реализовать интегративный подход при обучении на протяжении всего курса, используя данный закон в качестве интегратора. А это, в свою очередь, приводит к фундаментализации знаний учащихся по предмету.

В приложении даны краткие биографические справки ученых-естествоиспытателей, упоминающихся в приведенном материале, а также графические формулы и систематические названия (ИУРАС) веществ, имеющих определенное значение в жизни современного общества.

В конце приведен библиографический список рекомендуемой и использованной литературы.

Автор глубоко признателен доценту кафедры химии ВГТУ Берсеневой Елене Владимировне и старшему преподавателю химического факультета ВГТУ Храмовой Людмиле Афанасьевне за ценные советы и замечания, сделанные при чтении рукописи. Все предложения и пожелания на совершенствование пособия автор просит направлять по адресу: г. Киров, институт повышения квалификации и переподготовки работников образования, кафедра естественнонаучного образования, Лямину А. Н.

Автор

«...Так все сущее в мире сурово отмечает сами,
Но особенным знаком – утробство души и ума»

Се Тяо

ГЛАВА I.

Исторические сведения развития органической химии с момента зарождения и до наших дней

С древнейших времен человек разделил все вещества на две группы: горючие и негорючие. Вещества животного и растительного происхождения горели или разлагались под действием огня, а вещества минерального происхождения не горели, более того, гасили огонь.

Первые попытки классификации веществ на представителей «минерального, растительного и животного царств» были предприняты, но дошедшей до нас информации, еще в IX–X вв. арабским алхимиком Абу Бакр ар Рази (865–925 г.).

Таким образом, между способностью вещества к горению и принадлежностью его к живому и неживому миру существовала определенная связь. Хотя, безусловно, были известны и исключения. Например, уголь, сера, нефть, богатый газ и т. д., хорошо горят.

Накопленные к XVIII в. знания о веществах показывали, что судить о природе веществ, исходя только из их горючести, нельзя. Так, большинство минералов легко выдерживали тепловую обработку, изменяя только в отдельных случаях свое агрегатное состояние, а вещества растительного и животного происхождения при нагревании изменяли свою структуру и состав таким образом, что вернуть их в первоначальное состояние не представлялось возможным. Словом, вещества этих двух групп вели себя принципиально различным образом.

В 1807 г. Якоб Йёне Берцелиус* предложил вещества животного и растительного происхождения называть *органическими*, а минерального происхождения – *неорганическими*.

В 1808 г. Берцелиус так охарактеризовал новый раздел химии, названный им *органическая химия*, – «целью органической химии состоит в описании внутренней структуры растений, животных и химических процессов, из которых состоит жизнь».

* Здесь и далее краткие биографические сведения смотри в приложении.

Таким образом заканчивался первый «эмпирический» (от греч. *empeiria* – опыт, эмпиризм – учение, признающее опыт, основанный на ощущениях, единственным источником знаний) этап развития органической химии (сер. XVII – кон. XVIII вв.), по определению Берцелиуса – *химии растительных и животных веществ*.

Следующий этап «аналитический» (от греч. *analysis* – разложение, анализ – научное исследование) (кон. XVIII – сер. XIX вв.) – ознаменован исследованиями по установлению состава вещества, в результате которых стало очевидно, что органические соединения содержат в своем составе элемент углерод.

Химиков того времени не переставало удивлять, что органические вещества при нагревании (или каком либо другом жестком воздействии) легко переходят в неорганические, а обратный переход – минеральных веществ в органические казался невозможным без участия «сверхъестественных» сил, от человека независимых. Это было время господства в науке виталистической философии (от лат. *vitālis* – жизненный, витализм – учение, рассматривающее жизнь как особое явление, подчиняющееся не законам мироздания, а влиянию особых, не зависящих от человека, жизненных сил – *vis vitalis*).

«Когда мы рассматриваем наш организм как машину», – писал в 1815 г. Берцелиус, – то каким бы знаниям о его строении мы не обладали, как глубоко ни понимали взаимодействие веществ друг с другом, причина большинства явлений в живом организме остается так глубоко скрытой от нас, что мы наверняка никогда не сможем обнаружить ее; эту скрытую причину мы называем *жизненной силой*».

«Первый удар» по виталистическим воззрениям был нанесен в 1828 г., когда Фридрих Вёлер синтезировал типичное органическое вещество – мочевины из аммиака и углекислого газа, доказав тем самым возможность образования органических соединений без участия «жизненной силы»:

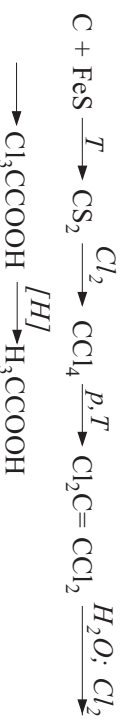


«Я не в силах больше молчать», – пишет Вёлер своему учителю Я. Берцелиусу, – и должен сообщить Вам, что могу получить мочевины без помощи почек собаки, человека и вообще без участия какого-либо живого существа...». Берцелиус слыл упрямым человеком, который крайне редко менял свое мнение под чужим-либо влиянием, однако в этом случае он

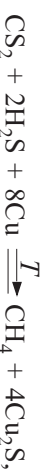
вынужден был согласиться, что введенное им, Берцелиусом, разделение на органические и неорганические вещества оказалось не таким четким, как он полагал. Когда Вёлер сообщил Берцелиусу о своем синтезе, то получил от него следующий ответ: «... *Том, кто положил начало своему бессмертию в моче, имеет все основания завершить свой путь вознесения на небеса при помощи того же предмета...*»

С момента исторического открытия Ф. Вёлера начинается бурное развитие *органического синтеза* (от греч. *synthesis* – соединение).

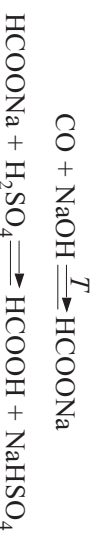
В 1845 г. ученик Вёлера *Адольф Вильгельм Герман Кольбе*, исходя из угля, синтезировал трихлоруксусную и уксусную кислоты:



В 1856 г. *Пьер Эжен Марселен Бертло* синтезировал метан, пропуская над раскаленной медью сероуглерод с сероводородом:



и поставил серию экспериментов по синтезу муравьиной кислоты, используя в качестве реагентов неорганические вещества: 60 одноклиторных реторт Бертло заполнил утарным газом, добавляя расчетное количество щелочи. Реторты запаивал и нагревал в специальной печи около 10 часов. После охлаждения и вскрытия реторт к реакционной смеси добавлял разбавленную серную кислоту:



В 1862 г. Ф. Вёлер предложил «карбидный» метод синтеза ацетилена:



Подобных экспериментальных фактов накопилось множество.

Успехи органического синтеза продемонстрировали необоснованность идеалистических виталистических воззрений, но, несмотря на медленное ослабление его позиций на протяжении XIX в., окончательно идеи витализма не исчезли и сегодня. До сих пор ученым не удалось синтезировать жизнь (живую клетку) *in vitro* (вне организма).

Вёлер, Кольбе и Бертло синтезировали относительно простые органические вещества, тогда как для живой природы характерны значи-

тельно более сложные вещества типа крахмала, жиров, белков и т. д. Вначале об этих сложных веществах было известно только то, что их можно «разбить» на сравнительно простые «кирпичики» (строительные блоки). Российский химик Константин Сигизмундович Кирхгоф (1764—1833) в 1812 г. первым расщепил крахмал, нагревая его с кислотой, до сахара, который впоследствии получил название – глюкоза. В 1820 г. французский химик Анри Браконно (1780–1854) таким же способом обрабатывал желатину и получил глицин – азотсодержащую органическую кислоту, относящуюся к классу веществ, которые впоследствии Берцелиусом были названы – аминокислоты.

К середине XIX в. стало уже не популярным делить вещества на органические и неорганические, исходя лишь из того, является или не является оно продуктом живой ткани. В то время уже были известны такие органические вещества, которые по свойствам никак не могли быть продуктами жизнедеятельности организмов. Их назвали синтетическим соединениями.

Когда химики применили атомно-молекулярные представления к изучению неорганических веществ в XVIII в., то выяснилось, что такой подход весьма удобен и вполне допустим: достаточно указать символы различных видов атомов (элементов), входящих в состав вещества, и обозначить их количественные отношения. Так, формулу вещества кислорода можно записать O_2 , озона – O_3 , хлороводорода HCl , аммиака H_3N , сульфата натрия – Na_2SO_4 и т. д., т. е. конкретному веществу соответствует индивидуальная формула.

С органическими соединениями, молекулы которых отличались большим «содержанием» атомов, дело обстояло значительно сложнее.

В 1824 г. *Юстус фон Либих* изучал фульминаты – соли тремучей кислоты, а его друг Вёлер изучал цианаты – соли циановой кислоты. Оба ученых послали сообщения о своих работах в журнал, издаваемый Ж. Гей-Люссаком. Читая сообщения, Гей-Люссак отметил, что составы этих кислот абсолютно идентичны, а свойства различны:

Циановая кислота	Тремучая кислота
HOСN	HOСN
$T_{\text{к}} = 23,6^\circ \text{C}$	
мало растворима в воде,	крайне неустойчива,
относит. устойчива в свободном виде,	разлагается со взрывом,
соли-цианаты устойчивы	особенно ее соли
и совершенно безопасны при работе с ними	

Гей-Люссак сообщил об этом факте Берцелиусу, но последний не пожелал поверить в это открытие. Однако в 1830 г. сам установил, что две органические кислоты – виноградная и винная, хотя и обладают разными свойствами, имеют одинаковый качественный и количественный состав – $C_4H_6O_6$. Берцелиус предложил называть такие соединения *изомерами*, а само явление – *изомерией*.

Изомеры (от греч. isos – равный, одинаковый; метос – доля, часть) – вещества, имеющие одинаковый качественный и количественный состав, но разное строение, а следовательно и различные свойства (современное определение).

Возникшую проблему установления строения органических веществ можно было бы отвергнуть как нерешаемую, если бы не появилась возможность упростить ее.

В 1823 г. была опубликована статья Ю. Либиха и Ф. Вёлера «Исследование радикала бензойной кислоты», которая положила начало теории радикалов.

Радикал (от лат. radical – корень) – группа из двух и более атомов, способная переходить без изменения из одной молекулы в другую (А. Л. Лавуазье).

Радикал свободный – частица с неспаренным электроном(и) на внешней атомной (молекулярной) орбитали; короткоживущая и крайне реакционноспособная (современное определение).

В то время считали, что молекулы могут состоять из ограниченного числа небольших групп атомов, и, следовательно, радикалы являются именно теми «корнями (кирпичиками)», из которых, так сказать, «вырастает» молекула.

Изучая «торьякоминдальное масло» (бензальдегид), Либих и Вёлер установили, что в присутствии щелочи это соединение переходит в бензойную кислоту, под воздействием галогенидов получается галогенбензол, а при обработке аммиаком – бензамид:



Ученые показали в совместной работе, что бензойльная группа (C_6H_5CO) может переходить без разрушения из одной молекулы в другую и дали ей название «радикал бензоил».

Размышляя над строением органических молекул, Берцелиус пришел к выводу, что силы, удерживающие атомы в радикале, имеют электрохимическую природу и на базе этой идеи выдвинул *электрохимическую теорию строения органических веществ*. Чтобы такие силы воз-

никали, каждая молекула должна содержать положительно и отрицательно заряженные части, поскольку притяжение возможно лишь между противоположно заряженными частями. Таким образом, Берцелиус был уверен, что радикал может содержать только «положительный» водород и «отрицательный» углерод. Он отрицал содержание в радикале бензоиле второй «отрицательной части» – кислорода. Тогда же Берцелиус предположил, что основой этилового спирта должен быть радикал C_2H_6 , а основой диэтилового эфира – радикал C_4H_{10} .

В 1836 г. Отгост Лоран (1807–1853 гг.) – французский химик – заменил несколько атомов водорода в молекуле этилового спирта на атомы хлора. Этот эксперимент противоречил электрохимической теории Берцелиуса.

Хотя химиков одолевали сомнения, авторитет Берцелиуса был настолько велик, что вплоть до смерти корифей (1848 г.) никто не решался отступить от его теории электрической природы «нерушимого и недосягнутого» радикала.

Однако после смерти Берцелиуса популярность идей Лорана сразу возросла и у него появились сторонники. Лоран отказался от всякого подчеркивания влияния электрохимических сил. Он полагал, что органическая молекула имеет ядро (может представлять собой одиночный атом), к которому присоединяются различные радикалы. В соответствии с этими представлениями в молекуле воды ядром является атом кислорода, а атомы водорода могут замещаться радикалами, образуя множество органических соединений одного типа:



В 1852 г. Шарль Жерар обнаружил антидrides одноосновных органических кислот. Он рассматривал их как производные воды, в соответствии с идеями своего коллеги Лорана, в молекуле которой оба атома водорода замещены остатками (радикалами) кислот. В статье об антидrides он утверждал, что существуют соединения трех типов, которые «дают начало» всем органическим веществам: тип водорода – H_2 , CH_3N , CH_3OH ; тип воды – H_2O , C_2H_6O , C_7H_5ONO ; тип аммиака – N_3N , CH_3N , $C_7H_5ON_2N$, $(H_3C)_3N$. Эта статья легла в основу теории типов – унитарной теории строения веществ, в которой вопреки электрохимической дуалистической теории было утверждено, что органические радикалы не существуют самостоятельно, а молекула представляет собой не суммативное множество атомов и радикалов, а единую, целостную, унитарную систему.

Некоторые химики считали теорию типов весьма упрощенной, но вызвал интерес тот факт, что кислород неизменно оказывался связанным с двумя радикалами или атомами, а азот с тремя.

В 1852 г. Эдуард Франкланд (1825–1899 гг.) – английский химик, занимаюсь металлоорганическими соединениями, выдвинул теорию, которая позднее стала известна как *теория валентности* (от лат. *valentia* – сила), согласно которой каждый атом обладает определенной способностью к насыщению (валентностью).

В 1856–1857 гг. *Август Фридрих фон Страдониц Кекуле* развивая теорию типов Жерара, пришел к выводу о существовании еще одного – четвертого типа химических соединений – типа метана: H_4C , $(\text{H}_3\text{C})_4\text{C}$ и т. д.

Объединив теорию типов Жерара и идеи Франкланда, Кекуле в 1857 г. опубликовал работу о наличии в природе четырех групп химических элементов. Эти группы он определил так:

1. Одноосновные, или одноатомные (I), например H, Cl, Br, K...;
2. Двухосновные, или двухатомные (II), например, O, S Ca...;
3. Трехосновные или трехатомные (III), например, N, P, Fe, Al...;
4. Четырехатомный элемент углерод C.

В истории химии считается общепринятым, что именно эта работа Кекуле заложила прочные основы и утвердила теорию валентности. Франкланд до 1859 г. никаких шагов в развитии своего учения «о соединительной силе элементов» не предпринял. Однако с 1860-х гг., уже после того, как другие ученые обосновали теорию валентности, он упорно отстаивал свой приоритет в создании учения о валентности.

Валентность – способность атома присоединять или замещать определенное число других атомов или атомных групп с образованием химической связи (*современное определение*).

В 1850-х гг. Уильям Одлинг (1829–1921 гг.) – английский химик, профессор химии Оксфордского университета – предложил наглядно изображать валентность атома в виде штрихов:



В 1858 г. *Арчибальд Скотт Купер* (1831–1892) – шотландский химик – предложил изображать химические связи между атомами в виде штрихов и составил первые графические формулы некоторых веществ.

Графическая формула – изображение состава молекулы вещества посредством символов атомов элементов ее образующих, и штрихов между ними, показывающих химические связи.

У химиков того времени еще не было единого общепринятого химического языка. Вещества и процессы описывали зачастую словами, что было крайне неудобно и не всегда понятно. Даже к концу XIX в. формулу, например, этилового спирта изображали по-разному: Либих – $(\text{C}_4\text{H}_{10})\text{O}$, H_2O ; Дюма – $\text{C}_4\text{H}_8 + \text{H}_4\text{O}_2$; Берцелиус – $(\text{C}_2\text{H}_6)\text{O}$. (Необходимо пояснить, что в соответствии с теорией Дж. Дальтона атомные массы углерода, кислорода большинства ученых тогда ошибочно принимали за 6, 8 соответственно).

Именно такими успехами в развитии органической химии характеризуются аналитический этап, логически завершением которого можно назвать определение органической химии, данное Августом Кекуле в своем учебнике, изданном в 1861 г. «*Органическая химия – раздел химии, изучающий соединения четырехвалентного углерода*».

Период второй половины XIX – начала XX вв. получил название *структурного этапа* (от лат. *structura* – строение, расположение, порядок) развития органической химии. В основу этого этапа легла теория строения веществ. Александра Бутлерова.

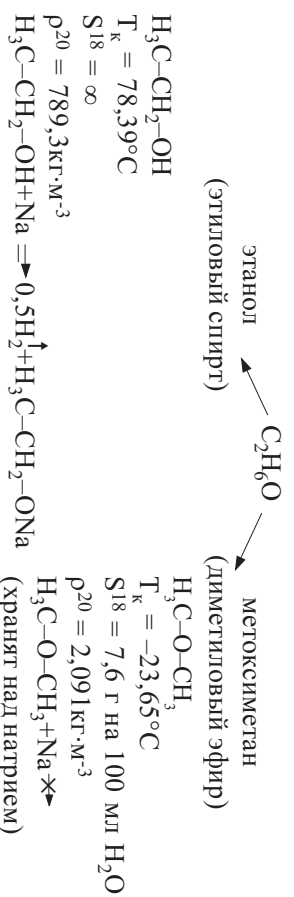
3 сентября 1860 г. В г. Карлсруэ (Германия) по инициативе А. Кекуле состоялся первый Международный конгресс химиков, «...Химическая наука достигла такого уровня развития, что нуждается в постановке необходимых задач, созвать конгресс с целью уточнения положений этой науки...». 45 известнейших химиков поставили свои подписи под воззванием. В конгрессе участвовало 140 выдающихся химиков из разных стран (от России делегировались Н. Н. Зинин, А. П. Бородин, В. И. Савич, Л. Н. Шишков, Я. Натансон, Т. Лесинский и Д. Менделеев). На форуме были четко разграничены такие понятия как «атом», «молекула», «эквивалент», «частица»; заслушан доклад Кекуле о четырехвалентности углерода в органических соединениях и доктора Купера о способности атомов углерода образовывать открытые, разветвленные цепи, что, в свою очередь определяет многочисленность и многообразие органических веществ. «На конгрессе было приятно видеть то, что новые начала, которыми все молодые русские химики давно следуют, взяли сильный верх над рутинными понятиями, господствующими еще в массе химиков», – писал Д. Менделеев 26.09. 1860 г. Единодушным согласием было встречено одно из решений съезда о необходимости создания единой теории строения и номенклатуры веществ.

19 сентября 1861 г. на химической секции 36-го съезда врачей и естествоиспытателей в г. Шпейере (Германия) (через год после конференции в г. Карлсруэ) Александр Михайлович Бутлеров изложил «свод идей», что в совокупности и составило основу теории химического строения веществ. Основные положения этой теории:

1. Атомы соединяются в молекулу согласно их валентности (руководство к составлению структурных и графических формул). «С четырехвалентного углерода начинается «оформление» любой структуры в органической химии». (А. М. Бутлеров).



2. Свойства органических соединений зависят не только от их качественного и количественного состава, но и от того, в каком порядке соединены атомы в молекулы, т. е. от строения молекулы (объяснение явления изомерии) «...Химическая природа сложной частицы определяется натурой элементарных составных частей, количеством их и химическим строением...» (А. М. Бутлеров)



3. Атомы в молекулах взаимно влияют друг на друга (электронные эффекты в молекулах).

В 1869 г. ученый А. Бутлерова В. Марковников защитил докторскую диссертацию по проблеме взаимного влияния атомов в молекулах.



увеличение кислотности

4. Свойства веществ определяются их строением, и наоборот, строение свойствами прогнозируется. «От химического строения зависят реакции: следовательно, зная эту зависимость и выражая формулой строение, мы выражаем все те превращения, которыми вещество может быть подвергнуто...» (А. М. Бутлеров).



а) обесцвечивает бромную воду;

б) дает положительную пробу Байера (реакция с холодным р-ром KMnO_4);

в) гидрируется на платиновом катализаторе в н-гексан;

г) при горении окислении кислотным раствором перманганата калия образуются две одноосновные кислоты.

Итак, искомым углеводород может относиться к классу алкенов и циклоалканов. Условие (б) не соответствует классу циклоалканов. Условие (в) исключает разветвленные структуры, а условие (г) определяет единственно возможный вариант –



5. Строение вещества может быть установлено физико-химическими методами.

«...Заключение о химическом строении веществ, по всей вероятности, можно всего лучше будет основывать на изучении способов их синтетического образования... С другой стороны, впрочем, и аналитические реакции могут также служить для определения химического строения...» (А. М. Бутлеров).

Совершенно очевидно, что предложенная в 1861 г. бутлеровская теория строения веществ подверглась резкой критике и не была принята большинством химиков (Бертло, Кекуле, Меншуткин, Менделеев и др.). Лишь отдельные ученые сразу и безоговорочно приняли ее (Вюрц, Эрленмейер, Марковников и др.). И только к началу XX в. теория строения веществ была принята всеми прогрессивными химиками того времени, как лучшее обоснование строения и свойств соединений.

Как всякая истинная научная теория, труд А. Бутлерова получил дальнейшее развитие. Совершенствование структурной теории в химии произошло по двум направлениям:

1. *Стереохимия* (от греч. *stereos* – пространственный) – теоретическое направление в химии, устанавливающее зависимость между пространственным строением органических веществ и их реакционной способностью.

Годом рождения стереохимической теории считают 1874 г., когда голландский химик *Якоб Хендрик Вант-Гофф* и француз *Жозеф Ашиль Ле Бел* независимо формулируют концепцию асимметрического (хирального) атома углерода и тетраэдрического строения метана. В этом же году Вант-Гофф публикует свою работу «Химия в пространстве». Выдающийся химик Д. Х. Вант-Гофф сумел предвидеть то, что имеющимися средствами на данном этапе развития химии установить и исследовать не представлялось возможным.

2. Электронные теории, объяснение химического поведения веществ посредством определенного распределения электронной плотности в молекуле, составили второе направление развития теории строения веществ.

С начала XX в. зародился новый период развития органической химии, который получил название «Современный этап» (нач. XX в.).

Этот этап характеризуется активным внедрением в органическую химию физико-химических методов исследования. Это привело не только к резкому ускорению анализа, но, главным образом, позволило получать качественно новую информацию, углубляющую представления о строении и свойствах веществ.

В это время формируются самостоятельные разделы органической химии, такие как химия элементоорганических, высокомолекулярных, гетероциклических соединений и другие. Особое место среди них занимает «берцелиусовская» химия природных соединений, на базе которой сформировалась биоорганическая химия, одним из разделов которой является биохимия.

Биоорганическая химия (от греч. *bios* – жизнь, лат. *organiso* – ус-траивать) – раздел химии, изучающий строение и свойства веществ, участвующих в процессах жизнедеятельности организма, в связи с познанием их физиологических функций.

Биополимеры (от греч. *bios* – жизнь, *poly* – многочисленный, *meros* – доля) – высокомолекулярные природные соединения, являющиеся структурной основой всех живых организмов и играющие важную роль в процессах жизнедеятельности.

Биорегуляторы – соединения, которые химически регулируют обмен веществ в живом организме.

Метаболизм (от греч. *metabolé* – перемена, превращение) – совокупность химических процессов в живом организме (in vivo).

Метаболиты – вещества, образующиеся в клетках, тканях, органах растений и животных в процессе метаболизма.

Катаболизм (от греч. *katabolé* – сбрасывание, разрушение) – реакции распада веществ, попадающих в организм извне, с участием ферментов.

Анаболизм (от греч. *anabolé* – подъем) – синтез сложных биомолекул, в результате которого осуществляется образование и обновление структурных элементов живого организма.

Современная органическая химия – наука, изучающая строение и свойства углеводородов и их производных определяющая создание и развитие новых областей науки и техники. (Карл Шорлеммер Германия 1890 г.).

Предмет органической химии – органические вещества и химические процессы с их участием.

Основная цель органической химии – создание веществ и материалов с заданными свойствами.

Основная задача органической химии – экологически чистое производство веществ и материалов с минимальной токсичностью.

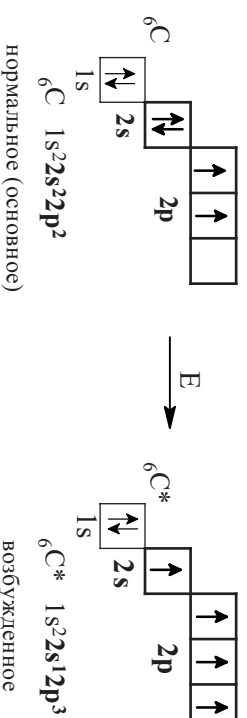
«...Ничего не легче для натуралиста, чем мнение, будто что-либо может произойти без причины»

Пирсон

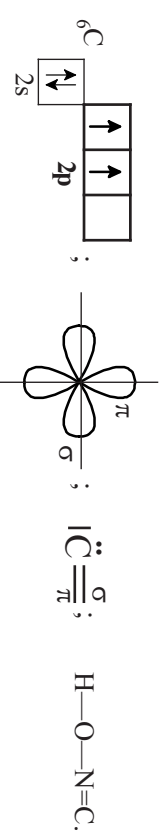
ГЛАВА II.

Валентные возможности атома углерода и многообразие органических соединений

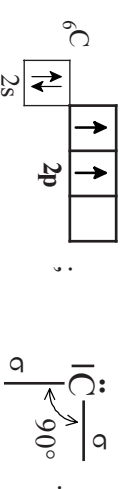
Атом углерода может находиться в двух состояниях — нормальном и возбужденном:



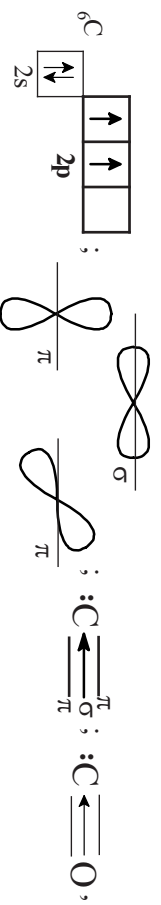
Атом углерода в нормальном состоянии имеет два s-спаренных электрона и два p-непарных электрона на внешнем (валентном) энергетическом уровне. Таким образом, он способен образовывать одну σ- и одну π-связи по обменному механизму:



Такая структура атома углерода не является устойчивой в силу не полной реализации своих валентных возможностей. Еще менее устойчивым состоянием будет являться реализация двух σ-связей:



Свободная (вакантная) p-орбиталь атома углерода в основном состоянии способна участвовать в образовании третьей (σ-) связи по донорно-акцепторному механизму, где атом углерода будет выступать в роли акцептора электронной пары:



такое состояние атома будет более устойчивым за счет большей энергии образования тройной связи. В качестве примера можно привести молекулу оксида углерода (II).

Неподеленная электронная пара 2s-орбитали, в силу пространственных и энергетических различий, участия в образовании связей не принимает.

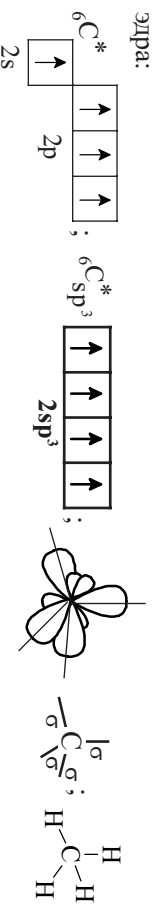
Атом углерода в возбужденном состоянии имеет четыре неспаренных электрона ($2s^1 2p^3$) и таким образом увеличивает свои валентные возможности до четырех ковалентных связей. Но при этом орбитали должны быть выравнены по энергии и по форме, т. е. атом углерода должен перейти в гибридное состояние.

Гибридизация атомных орбиталей (АО) — (от лат. hybrida — помесь) процесс выравнивания атомных орбиталей по форме и энергии в процессе образования химической связи.

Процесс гибридизации АО энергетически выгоден и компенсирует энергию, затраченную на возбуждение атома.

У атома углерода возможны три гибридных состояния.

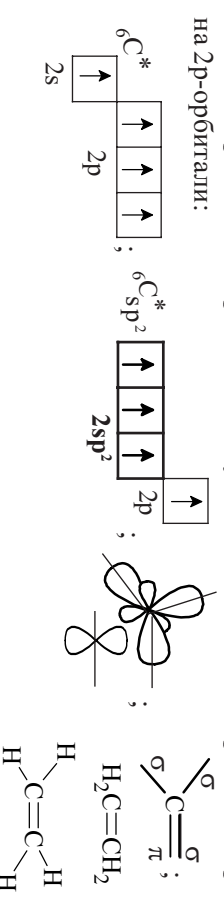
1. sp^3 -гибридное состояние. В процессе участвуют одна 2s- и три 2p-орбитали атома углерода, при этом 2 sp^3 -гибридные орбитали занимают промежуточное положение по энергии между 2s- и 2p-орбиталями и располагаются относительно друг друга по углу $109^\circ 28'$ в форме тетраэдра:



В sp^3 -гибридном состоянии атом углерода полностью реализует свои валентные возможности, образуя четыре равноценные σ -связи за счет четырех неспаренных электронов, располагающихся на четырех sp^3 -гибридных орбиталях. Это наиболее выгодное (устойчивое) состояние атома углерода.

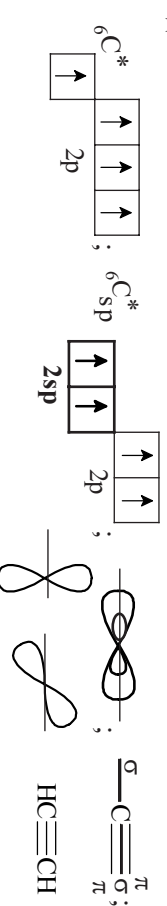
2. sp^2 -гибридное состояние. В процессе участвуют одна 2s- и две 2p-орбитали атома углерода, при этом одна 2p-орбиталь остается в нор-

мальном состоянии. Три sp^2 -гибридные орбитали располагаются в форме правильного треугольника с центральным углом 120° . В таком состоянии атом углерода образует три σ -связи за счет гибридных орбиталей с неспаренными электронами и одну π -связь за счет непарного электрона 2p-орбитали:



π -связь энергетически менее выгодна, чем σ -связь в следствие меньшего перекрывания орбиталей.

3. sp – гибридное состояние. В процессе участвует одна 2s-орбиталь и одна 2p-орбиталь атома углерода в возбужденном состоянии, при этом две 2p-орбитали остаются в нормальном состоянии. 2 sp -орбитали располагаются линейно и могут образовывать две σ -связи по обменному механизму за счет находящихся на них неспаренных электронов. Две негибридизованные 2p-орбитали таким же образом могут образовывать две π -связи:



Доля s-орбитали в образовании гибридных орбиталей самая значительная в случае sp -гибридизации, таким образом у атома углерода в sp -гибридном состоянии наибольшая электронная плотность, а следовательно и электроотрицательность. Также необходимо отметить, что электроны π -связи гораздо подвижней электронов σ -связи и легко смещаются под действием других частиц, т. е. π -связи легче поляризуются, чем σ -связи.

Атомы углерода имеют еще одну особенность, а именно? они способны образовывать открытые линейные, разветвленные и замкнутые цепи, содержащие в том числе и гетероатомы (азота, кислорода, серы, галогенов и др). Эта способность объясняется довольно прочными ($\bar{E}_{\text{св}} \approx 350$ кДж·моль $^{-1}$) углерод – углеродными ковалентными σ -связями и примерно равными по энергии связями: $\text{C}=\text{O}$ ($\bar{E}_{\text{св}} \approx 344$ кДж·моль $^{-1}$);

$C-N(\bar{E}_{св} \approx 338 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1})$; $C-Cl(\bar{E}_{св} \approx 331 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1})$; $C-S(\bar{E}_{св} \approx 306 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1})$.

Более прочные связи с углеродом образует водород ($\bar{E}_{св} \approx 415 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$), чем объясняется его постоянное (за редким исключением) присутствие в органических соединениях.

Итак:

1. Число валентных электронов в атоме углерода равно числу валентных орбиталей — четырем, а значит атом углерода в органических соединениях полностью реализует свои валентные возможности (координационное число = 4).

2. Атомы углерода не могут образовывать двухатомных молекул в устойчивом состоянии при нормальных условиях.

3. Близость по энергии s- и p-орбиталей атомов углерода обуславливает возможность их гибридизации и существование в одном органическом соединении различных по кратности ковалентных связей.

4. Электроотрицательность атома углерода имеет промежуточное (срединное) значение, а следовательно, он не может образовывать сильнополярных ковалентных связей с большинством элементов. Органические соединения (за исключением солей) являются молекулярными веществами.

5. Ковалентный характер и энергетическая близость связей $C-C$; $C-O$; $C-N$; $C-S$; $C-H$ предопределяет их существование в одной молекуле. Соединения молекулярной структуры, как правило, летучи, а, следовательно, их образование термодинамически выгодно с энтропийных позиций.

6. У атомов углерода в органических соединениях отсутствуют неподеленные электронные пары и вакантные (свободные) орбитали на внешнем энергетическом (валентном) уровне, что приводит к кинетической инертности образуемых ими веществ. При нормальных условиях соединения углерода в большинстве своем малореакционноспособны.

Высокие валентные возможности атомов углерода в трех гибридных состояниях, а также их способность образовывать открытые линейные разветвленные и замкнутые цепи, в том числе и с другими атомами, определяют (объясняют) многообразие органических веществ (более 18 млн.).

«...Нет ничего более утраченного,
чем природа»

Циперон

ГЛАВА III.

Классификация и номенклатура органических соединений

Наиболее оптимальной для школьного курса может быть предложена следующая классификация органических веществ:

1. По состоянию углеродных цепей — открытые (алифатические — от греч. *aleíphatos* — жир), замкнутые (циклические — от греч. *kuklos* — круг), гетероциклические (содержащие в замкнутой цепи атомы серы, кислорода, азота).

2. По гибриднему состоянию атомов углерода в цепи (наличию кратных связей).

3. По содержанию гетероатомов в открытой цепи — кислородосодержащие, азотосодержащие, галогеносодержащие, серосодержащие, фосфоросодержащие и т. п. (см. схему 1 на стр. 22).

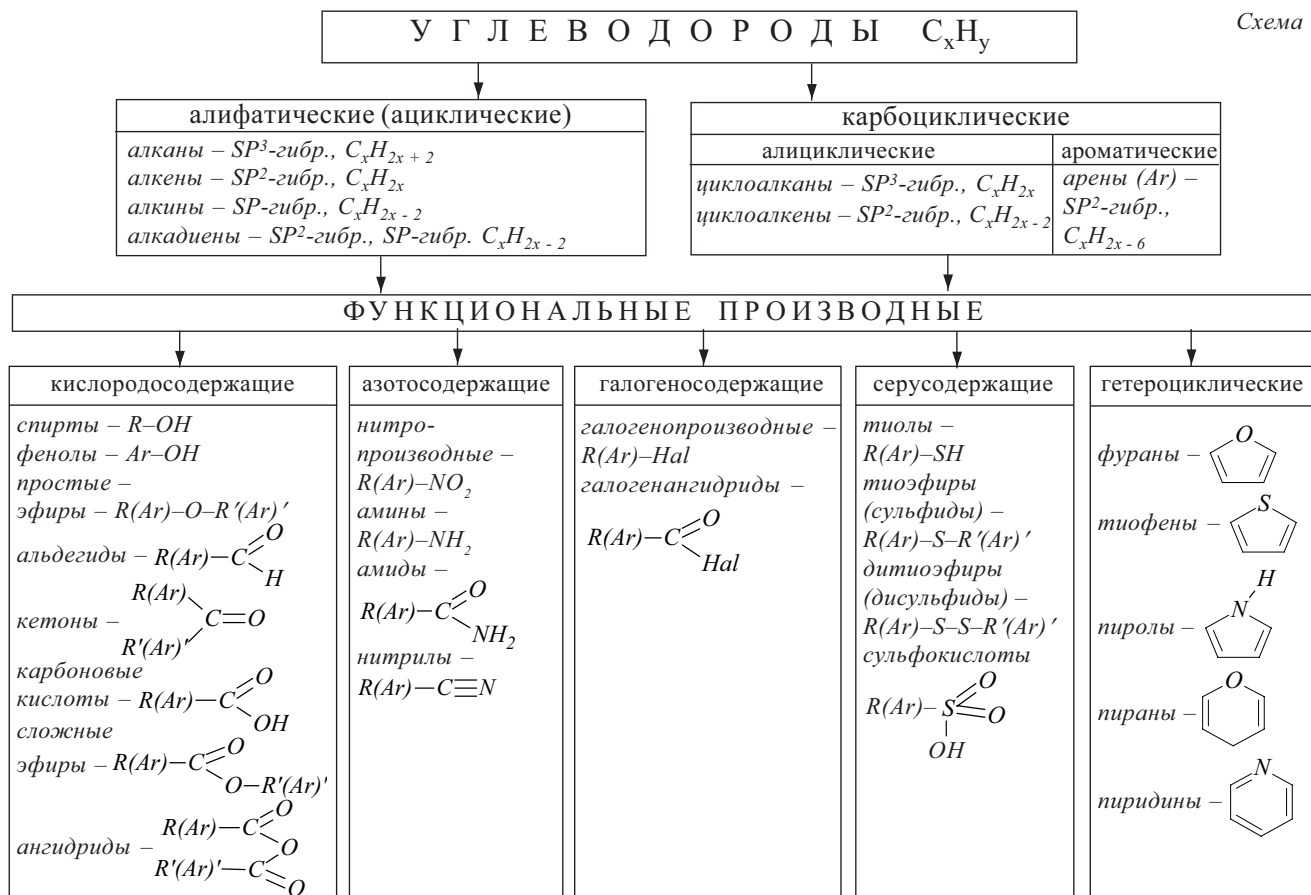
Единые нормы составления названий веществ есть важнейшая составная часть профессионального языка химика. Для успешного овладения основами органической химии необходимо усвоить правила двух наиболее распространенных типов номенклатуры — *радикально-функциональной* и *заместительной*. Номенклатура — от лат. *nomenclatura* — речь имен.

В 1979 г. Правила номенклатуры были систематизированы и обобщены комиссией IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry — международный союз чистой (теоретической) и прикладной химии), одобренной в 1947 г.

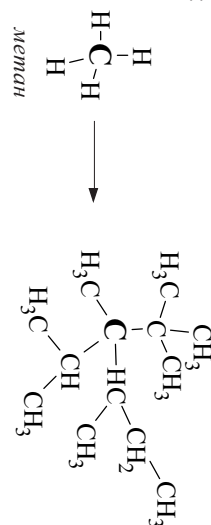
Радикально-функциональная номенклатура

Радикально-функциональная номенклатура (радикальная, рациональная — от лат. *rationalis* — разумный) зародилась на рубеже аналитического и структурного этапов развития органической химии в 60-х-70-х годах XIX века. Она опирается на теорию типов Ш. Жераара.

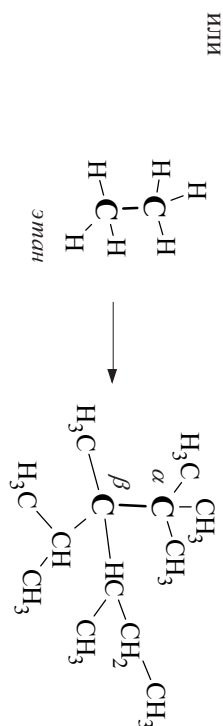
По правилам этой номенклатуры органическое соединение рассматривается как продукт усложнения более простого соединения за счет радикалов.



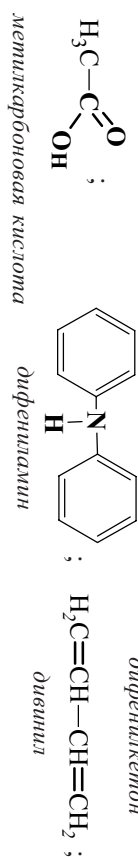
Например:



метилизопропилметилтретбутилметан

 α , α , β -тетраметил- β -изопропил- β -вторбутилметан

Радикалы перечисляются в порядке усложнения. Представители различных классов имеют названия соответствующих классов:

**Заместительная номенклатура**

Заместительная номенклатура более универсальна. Она была принята в 1892 г. на конгрессе химиков в г. Женеве. Поэтому ее часто называют «женевской». С целью развития женевской номенклатуры в 1930 г. в г. Льеже (Бельгия) были приняты дополнительные «льежские правила».

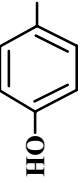
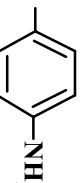
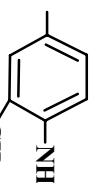
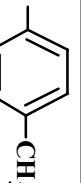
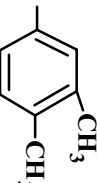
В соответствии с правилами этой номенклатуры органическое соединение рассматривается как продукт замещения части атомов водорода в родоначальной структуре (главной углеродной цепи) на различные характеристические группы (заместители). Название родоначальной структуры составляет основу названия вещества в целом – корень слова (по количеству атомов углерода в цепи); префиксную часть слова составляют названия младших заместителей с соответствующими числительными (ди, три, тетра, и т. д.) и локантами (цифры, указывающие положение заместителей); суффиксную часть названия составляют кратные связи

Таблица 2

*Характеристические группы, обозначаемые
в заместительных названиях префиксами или суффиксами
(в порядке уменьшения старшинства)*

Формула	Префикс	Суффикс
$-\text{C}^+, -\text{O}^+, -\text{N}^+$	онио –	– оний
$-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$	карбокси –	– карбоновая кислота
$-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ *	–	– овая кислота
$\text{R}-\text{C}(=\text{O})$ *	алкоил –	–
$-\text{S}(=\text{O})\text{OH}$	сульфо –	– сульфоновая кислота
$-\text{C}(=\text{O})\text{OR}$	алкоксикарбонил –	– алкилалккарбоксилат
$-\text{C}(=\text{O})\text{OR}$ *	–	– алкилалкоат
$-\text{C}(=\text{O})\text{Cl}$	хлорформил –	– карбонилхлорид
$-\text{C}(=\text{O})\text{Cl}$ *	–	– оилхлорид
$-\text{C}(=\text{O})\text{NH}_2$	карбамонил –	– карбоксамид
$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{NH}-$ *	алкаמידо –	– N,(N) – алкил алк амид
$-\text{C}(=\text{O})\text{NH}_2$ *	–	– амид
$-\text{C}\equiv\text{N}$	циано –	– карбонитрил
$-\text{C}\equiv\text{N}$ *	–	– нитрил
$-\text{N}\equiv\text{C}$	изоциано –	– изокарбонитрил

Окончание таблицы 2

Формула	Префикс	Суффикс
$-\text{C}(=\text{O})\text{H}$	формил –	– карбальдегид
$-\text{C}(=\text{O})\text{H}$ *	оксо –	– аль
$>\text{C}=\text{O}$ *	оксо –	– он
– OH	гидроксн (оксн) –	– ол
– SN	меркапто –	– тиол
$-\text{NH}_2$	амино –	– амин
$-\text{N}_2$	дiazо –	– diaзоний
$-\text{N}_3$	азидо –	– азид
	(O,II,M) – гидроксифенил –	– фенол (корень)
	(O,II,M) – аминифенил –	– анилин (корень)
	(O,II,M) – амино – (O,II,M) – метилфенил	– (O,II,M) – толуидин (корень)
	(O,II,M) – толил –	– (O,II,M) – толуол (корень)
	(O,II,M) – ксиллил –	– (O,II,M) – ксилол (корень)

* – Атом углерода входит в родоначальную структуру (главную цепь)

ГЛАВА IV. Электронные эффекты и типы органических реагентов

В школьном курсе химии рассматриваются два электронных эффекта, действующих в молекулах – *индуктивный (индукционный) и мезомерный (сопряженный)*.

Индуктивный эффект

Наличие в молекуле полярной σ -связи вызывает поляризацию (смещение электронной плотности) ближайших σ -связей и ведет к возникновению частичных зарядов на соседних атомах.

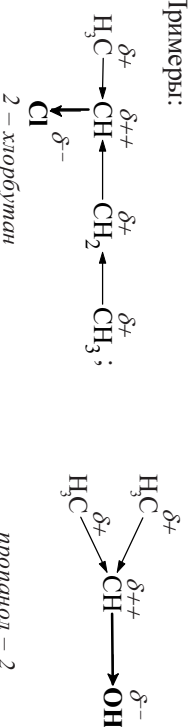
Такой вид передачи электронного влияния атомов называется индуктивным и обозначается – **I**.

*Индуктивный (индукционный) эффект (I) – (от лат. *inductio* – введение) передача электронного влияния заместителем по цепи σ -связей.*

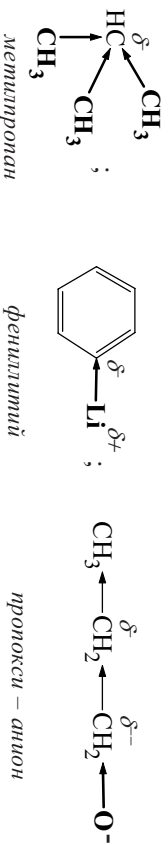
Действие индуктивного эффекта принято изображать стрелкой, сопадающей с обозначением σ -связи и направленной в сторону смещения электронной плотности. Индуктивный эффект атома водорода в углеводородных цепях принимают равным нулю.

Заместители, стягивающие электронную плотность σ -связи на себя сильнее, чем атом водорода, проявляют отрицательный индуктивный эффект (**-I**). Такие заместители в целом снижают электронную плотность в цепи (системе) и их называют *электроноакцепторными* (от лат. *acceptor* – *приниматель*). К их числу относятся атомы галогенов, $-\text{OH}$, $-\text{NO}_2$, $-\text{COOH}$, и др., т. е. группы, содержащие более электроотрицательный атом, чем углерод.

Примеры:



Заместители, отталкивающие электронную плотность в сторону атома углерода цепи сильнее чем атом водорода, проявляют положительный индуктивный эффект (**+I**). Такие заместители повышают электронную плотность в системе (цепи) и называют *электронодонорными* (от лат. *donor* – *даритель*). К их числу относятся алкильные (**-R**) группы и др.



Индукционный эффект вдоль цепи затухает!

Мезомерный (сопряжения) эффект

Ковалентные связи могут быть локализованными и делокализованными.

*Локализованная ковалентная связь – (от лат. *localis* – место) связь, электронная пара которой поделена между ядрами двух связываемых атомов.*

*Делокализованная ковалентная связь – (от лат. *de* – отлучение, *localis* – место) связь, электроны которой поделены между тремя и более ядрами в молекуле (связь, охватывающая более двух атомов).*

Делокализованными, практически всегда, являются π -связи. Они характерны для сопряженных систем и изображаются точками.

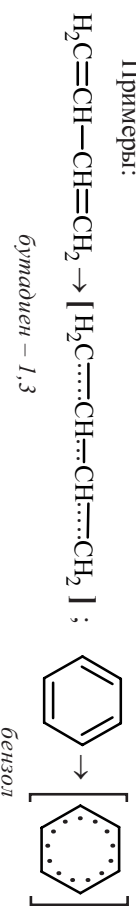
Сопряженная система – кратные связи, отделенные одной простой (σ -) связью от соседнего атома, имеющего p -орбиталь.

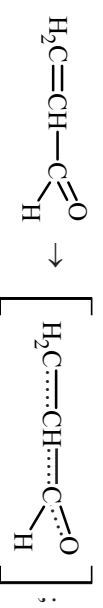
В таких системах осуществляется особый вид электронного влияния атомов – *сопряжение*. Сопряженная система может быть открытой или замкнутой (циклической) и содержать не только атомы углерода, но и гетероатомы.

Различают:

π , π – сопряженные системы (две и более кратные связи, разделенные одной простой).

Примеры:





пропеналь



пропениитрил

p , π – сопряженные системы (кратная связь, отделенная одной простой от соседнего атома, имеющего неподеленные электронные пары на p -орбиталях).

Примеры:



этанамид

этанонат – анион



анилин

аллил – радикал

Таким образом, сопряжение приводит к существенным отличиям в распределении электронной плотности в реальных системах по сравнению с идеальными (обычно изображаемыми) структурами!

Мезомерия – (от греч. *мезос* – средний, *мегос* – мера) явление выравнивания ковалентных связей по энергии, длине и зарядов в сопряженной системе.

Образование сопряженной системы – процесс энергетически очень выгодный, так как при этом увеличивается степень перекрывания валентных орбиталей и происходит делокализация (распределение) электронной плотности. Поэтому сопряженные системы обладают повышенной термодинамической (энергетической) устойчивостью! Они характеризуются меньшим запасом внутренней энергии относительно несопряженных систем и эта разница выражается энергией сопряжения (энергией делокализации). Так, для бутадиена-1,3 энергия сопряжения составляет около 15 кДж·моль⁻¹.

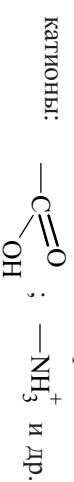
Мезомерный эффект (M) – передача электронного влияния заместителей по сопряженной системе.

Графически мезомерный эффект обозначается изогнутой стрелкой, начало которой показывает смешивающиеся электроны, а конец – связь или атом, к которым они смещаются.

Заместители, повышающие электронную плотность в сопряженной системе, проявляют положительный мезомерный эффект (+M). Такой способностью обладают электронодонорные группы, содержащие атомы с неподеленной электронной парой и анионы:



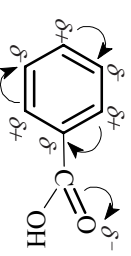
Заместители, понижающие электронную плотность в сопряженной системе, проявляют отрицательный мезомерный эффект (–M). К таким заместителям относятся электроноакцепторные группы (ненасыщенные) и катионы:



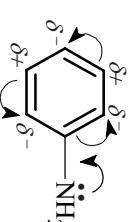
Примеры:



пропеналь (–M)



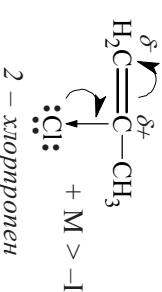
бензойная кислота (–M)



анилин (+M)

Мезомерный эффект преобладает над индуктивным и подавляет последний в случае рассогласованного (противоположного) действия.

Пример:



2 – хлорпропен

Таблица 3
Электронные эффекты некоторых заместителей

Заместитель	Электронные эффекты	
	индуктивный	мезомерный
алкильные (радикалы) группы –R		
–NH ₂ ; –NHR –NR ₂	+I	–
–OH; –OR	–I	+M
–F; –Cl; –Br; –I;	–I	+M

Заместитель	Электронные эффекты	
	индуктивный	мезомерный
—N=O O	– I	– M
—C=O H	– I	– M
—C=O OH	– I	– M
S=O O OH	– I	– M
>C=O	– I	– M

Реакционной способностью вещества называют его способность вступать в химическое взаимодействие и реагировать с меньшей-большей скоростью.

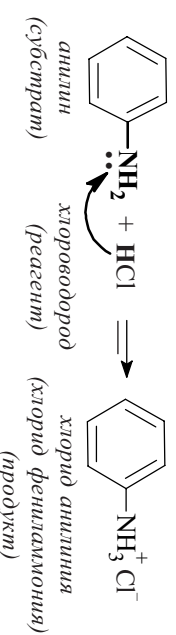
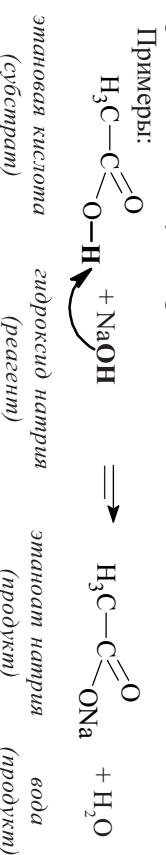
Реакционная способность вещества определяется термодинамическими и кинетическими факторами и всегда рассматривается только по отношению к конкретному реакционному партнеру, т. е. это относительная характеристика. Само вещество при этом называют *субстратом*, а действующее (атакующее) на него соединение (реакционную частицу) – *реагентом* (от лат. *re* – против, *agens* – действующий).

Субстрат – (от лат. *substratum* – подстилка, основа) вещество, в котором у атома углерода происходит разрыв существующей связи и образование новой.

В биохимических процессах реагентами называют ферменты, а вещества, подвергавшиеся их действию – субстратами.

В ходе органических реакций обычно затрагивается не вся частица, а только ее часть – *реакционный центр*.

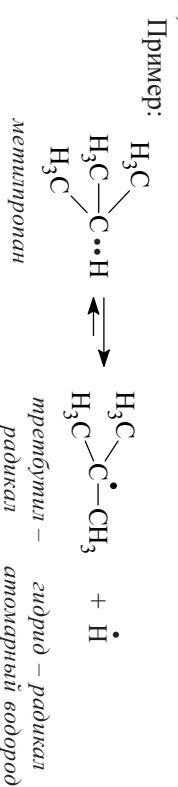
Реакционный центр – часть субстрата (атом или группа атомов), непосредственно атакующая реагентом.



Реагенты в соответствии с их природой делят на три основные типы: радикальные, электрофильные и нуклеофильные.

Радикальные реагенты (радикалы) – R (от лат. *radical* – корень) свободные, высокоэнергетические, электронейтральные, парамagneticные частицы с непарными электронами.

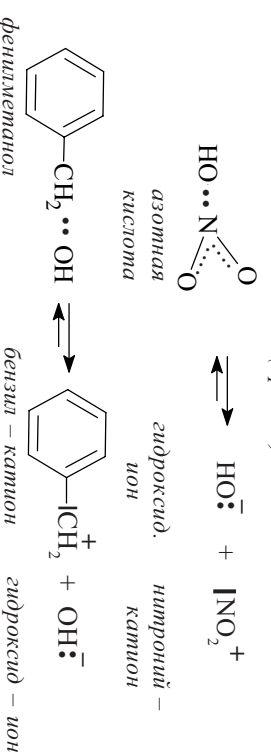
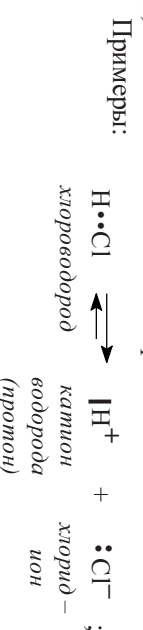
Радикалы образуются в результате гомолитического разрыва (от греч. *homo* – равный, одинаковый, взаимный, общий, *lysis* – разложение, распад) ковалентной связи – *гомолитиза*.



Электрофильные реагенты (электрофилы) – E (от лат. *electron* – янтарь, электрон и греч. *philos* – люблю) частицы, с неспособностью использовать валентной возможностью за счет свободных орбиталей.

Электрофилами могут быть положительно заряженные и нейтральные частицы.

Электрофилы-катионы образуются в результате гетеролитического разрыва (от греч. *heteros* – другой, иной, разный и *lysis* – разложение, распад) ковалентной связи – *гетеролитиза*.



Электронейтральные электрофилы – AlCl_3 , BF_3 , ISO_3 и др.

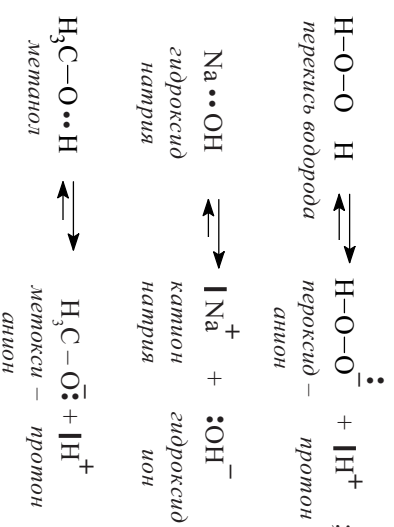
Электрофилы выступают в роли акцепторов электронной пары субстрата, образуя, таким образом, ковалентную связь по донорно-акцепторному механизму.

Нуклеофильные реагенты (нуклеофилы) – Nu – (от лат. nucleus – ядро и греч. philo – люблю) частицы, имеющие неподделенную пару электронов на внешнем уровне.

Нуклефилами могут быть отрицательно заряженные и нейтральные частицы.

Нуклеофилы-анионы образуются в результате гетеролитического разрыва ковалентной связи.

Примеры:



Так же как электрофилы, нуклеофилы могут быть электронейтральными:



Молекулы, содержащие кратные связи, нуклеофильны за счет электронной пары подвижной π -связи.

Нуклеофилы выступают в роли доноров электронной пары при образовании ковалентной связи с субстратом по донорно-акцепторному механизму.

«Природа – сфинкс. И тем она верней
Своим искусом губит человека,
Что, может статься, никакой от века
Загадки нет и не было у ней»

Ф. И. Тютчев

ГЛАВА V. Особенности протекания реакций с участием органических веществ

Движущую силу химической реакции определяет термодинамический фактор (от греч. *dynamis*-сила, *therme*-тепло) – термодинамическая устойчивость продуктов (минимальная внутренняя энергия).

Скорость прохождения химической реакции, ее механизм определяет кинетический фактор (от греч. *kinetikos*-приводящий в движение).

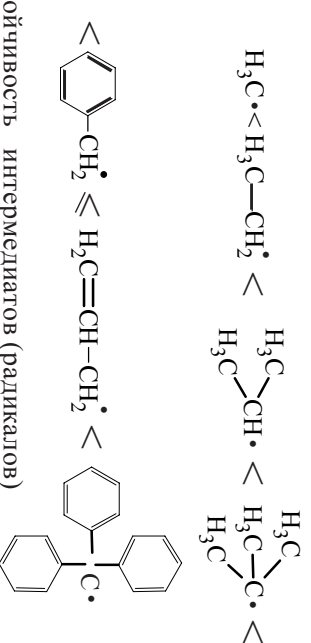
Фактор (от лат. factor-делающий, приводящий).

Большинство органических процессов включают несколько элементарных последовательных реакций (стадий). Общая скорость химического процесса определяется (лимитируется) скоростью самой медленной стадии, а скорость элементарных стадий, в свою очередь, определяется активным барьером (энергией активации). Чем меньше энергия активации элементарной реакции, тем выше её скорость.

В многостадийных процессах промежуточные стадии включают образование интермедиатов.

Интермедиат (от лат. inter – между; промежуточный, media – средство, среда) – нестабильная промежуточная частица.

Устойчивость интермедиатов определяет механизм процесса и зависит, главным образом, от возможности делокализации заряда или непарного электрона. Пример:



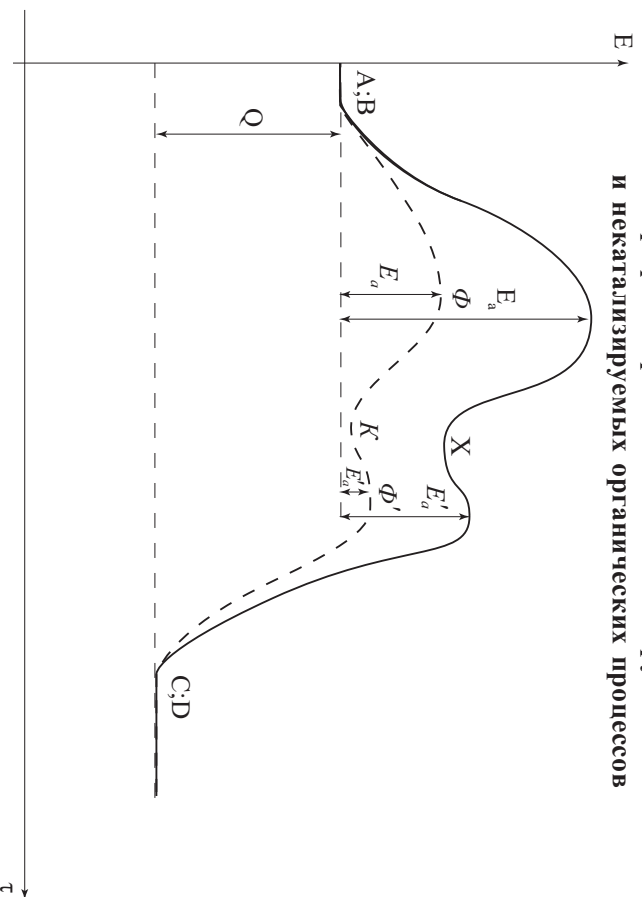
устойчивость интермедиатов (радикалов)

К резкому увеличению скорости образования продукта приводит использование катализатора (от греч. *katalusis* – разрушение) – вещества, увеличивающего скорость процесса, но остающегося в результате, в неизменном количестве. Действие катализаторов основано на изменении пути (механизма) реакции на более кинетически выгодный, т. е. путь с меньшей энергией активации. Для реакций *in vivo* особенно важен ферментативный катализ, осуществляемый ферментами (энзимами).

Ферменты (от лат. fermentum – закваска) – высокоспецифичные биокатализаторы белковой природы.

Пример:

Графики прохождения катализируемых и некатализируемых органических процессов



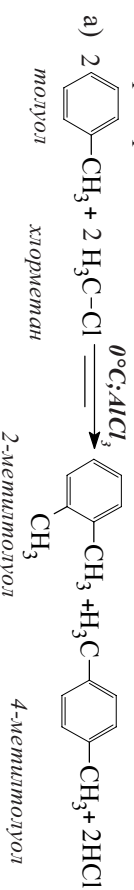
- некатализируемый процесс;
- E_a, E'_a – энергии активации стадий;
- A; B; – исходные вещества;
- C, D – продукты;
- X – интермедиат;
- катализируемый процесс;
- K – интермедиат;
- Φ, Φ' – активированные фермент – субстратные комплексы;
- Q – тепловой эффект процесса

Большинство органических реакций могут приводить к образованию не одного, а нескольких изомерных продуктов.

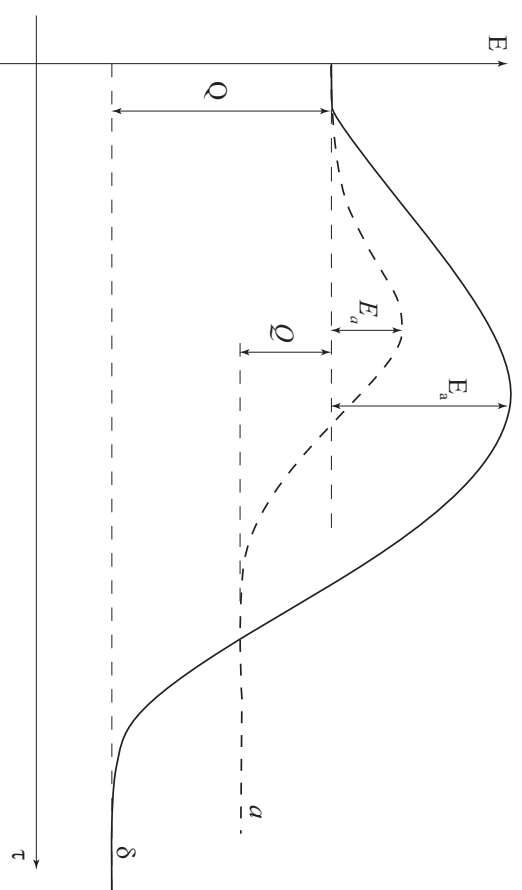
При проведении подобных реакций в сравнительно мягких условиях (низкая температура и т. п.) практически полностью получается изомер, скорость образования которого наибольшая, а реакция называется кинетически контролируемой.

При проведении этих реакций в более жестких условиях (повышенная температура, облучение и т. п.) образуется изомер, отличающийся большей термодинамической устойчивостью (меньшей внутренней энергией), т. е. осуществляется *термодинамически контролируемая реакция*.

Пример:



Графики прохождения реакции алкилирования толуола при различных температурах



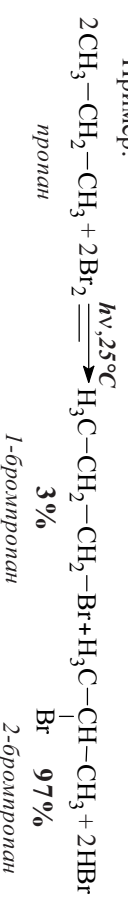
- термодинамически контролируемая реакция (δ);
- кинетически контролируемая реакция (a);

При повышенной температуре образуется продукт с меньшим запасом энергии, но требуется большая затрата времени (больше энергия активации – меньше скорость процесса). При пониженной температуре более быстро образуется продукт с большим запасом внутренней энергии (менее стабильный), но с меньшей энергией активации процесса.

При образовании одного из альтернативных продуктов – (изомеров по положению заместителя), говорят о высокой *региоселективности* процесса.

Региоселективность (от лат. *regio, regionis-область, место, selectio – выбор*) – предпочтительное прохождение реакции по одному из нескольких реакционных центров субстрата.

Пример:



высокорегиоселективная кинетически контролируемая реакция.



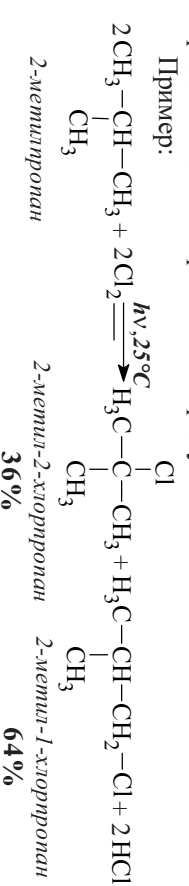
низкорегиоселективная кинетически контролируемая реакция.



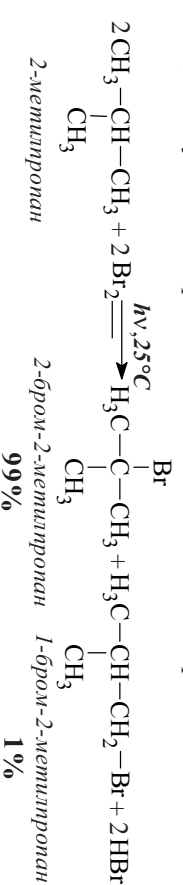
низкорегиоселективная термодинамически контролируемая реакция.

В некоторых случаях на ход реакции может существенно влиять пространственное затруднение атаки реакционного центра субстрата реагентом. Это, так называемый, *пространственный фактор*. В случае высококорреакционной частицы (реагента) пространственный фактор может стать определяющим в образовании продукта.

Пример:



В этом случае пространственный фактор преобладает над кинетическим, в силу большой реакционной способности хлора.



В данном случае (явное) абсолютное доминирование кинетического фактора.

По вышеизложенным причинам хлор- и фтор производные алканов химически органики избегают получать прямым синтезом (галогенированием), т.к. образуется трудноразделимая смесь изомерных продуктов. В то же время бромирование, в силу высокой региоселективности процесса, приводит к образованию одного ожидаемого продукта с незначительными примесями.

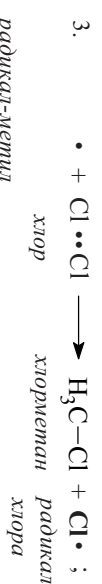
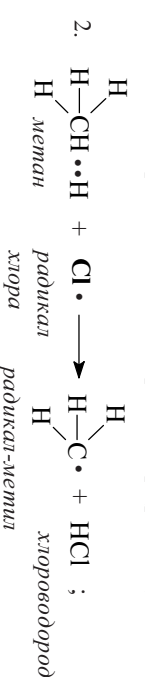
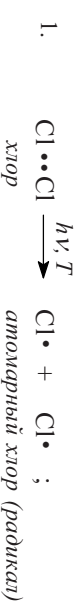
Типы органических реакций

1. По характеру разрыва связей в субстрате.

В соответствии с характером разрыва связей в субстрате и природой реагента различают три типа органических реакций:

а). *радикальные* (от лат. *radical – корень*) реакции – **R** – процессы, проходящие с гомолитическим разрывом связи в субстрате и радикальным реагентом.

Пример:

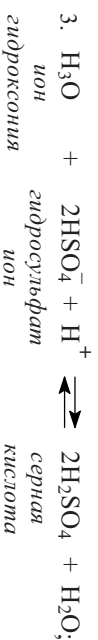
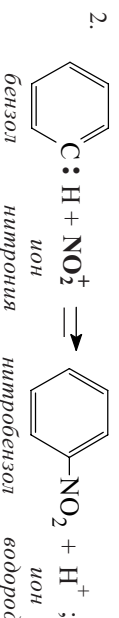
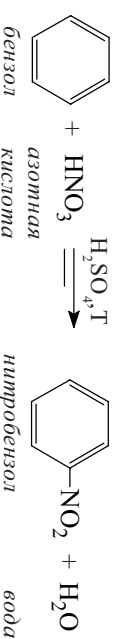


Радикальные реакции проходят в жёстких условиях, т.к. образование радикала требует существенных затрат энергии (повышенная температура, облучение, электрический разряд и т. д.).

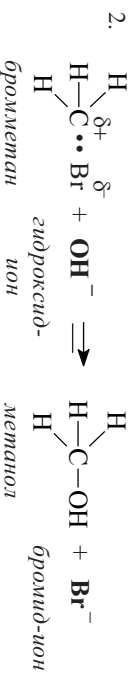
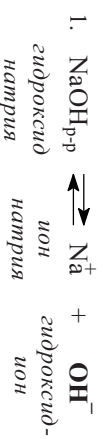
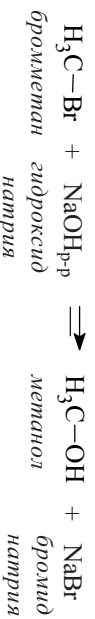
б) ионные (от греч. *ion-idyushiy*, *странствующий*) реакции – процессы, проходящие с гетеролитическим разрывом связи в субстрате.

Ионные реакции в зависимости от природы реагента могут быть электрофильными – **Е** – процессы с участием реагента – *электрофила* и нуклеофильными – **Nu** – процессы с участием реагента – *нуклеофила*.

Примеры электрофильных реакций:

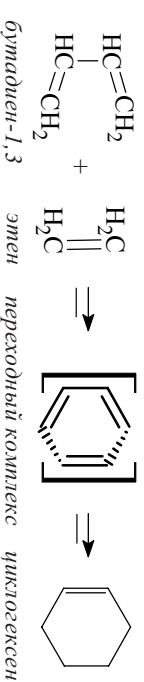


Примеры:



в) Синхронные (согласованные) реакции (от греч. *sinhronos* – одновременный) – процессы, в которых разрыв «старых» связей и образование новых протекает одновременно, без участия радикальных или ионных частиц.

Пример:

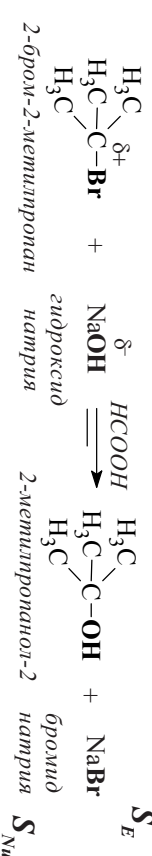
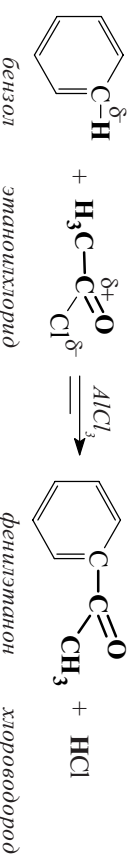


2. В соответствии с продуктами реакции.

По этому признаку органические реакции делят на:

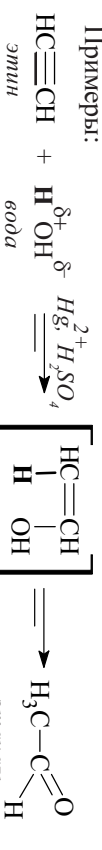
а) реакции замещения (от англ. *substitution* – замена, замещение) – **S**

Примеры:



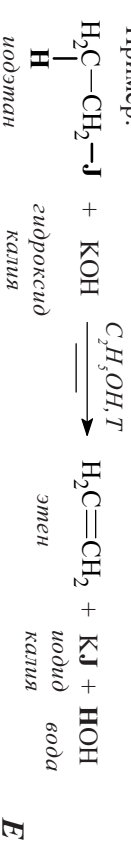
б) реакции присоединения (от англ. *addition* – прибавление, добавление) – **A**.

Примеры:



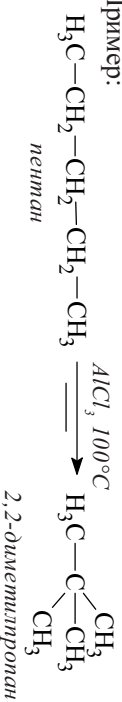
в) реакции отщепления (элиминирования) (от англ. *elimination* – унч-тожение) – **E**.

Пример:



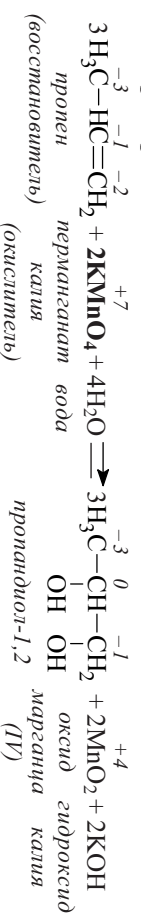
г) реакции перегруппировки (изомеризации).

Пример:



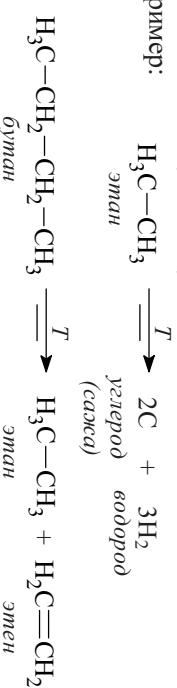
д) реакции окисления – восстановления (ОВР).

Пример:



е) реакции крекинга (разложения) (от англ. *crack* – трещина, трескаться) – процесс высокотемпературного разложения органического вещества без доступа воздуха.

Пример:



Факторы, определяющие реакционную способность органических соединений

Факторы (от лат. *factor* – делющий, приводящий), определяющие реакционную способность органических соединений, можно разделить на две группы, соответствующие статическому (до вступления в реакцию) и динамическому (в процессе реакции) состояниям субстрата.

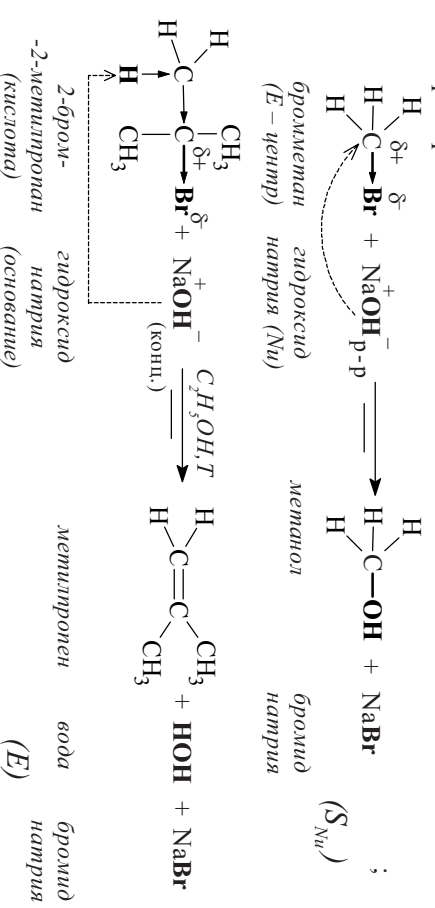
Статические факторы (от греч. *statis* – неподвижный).

Характерная для большинства органических соединений неравномерность в распределении электронной плотности является причиной появления нуклеофильных и электрофильных реакционных центров в субстратах, предопределяющих направление атаки реагента. Этот фактор принято называть *электронным*.

Другим важным обстоятельством, влияющим на ход реакции (реакционную способность), как уже было выше сказано, является пространственное строение субстрата. Из-за относительно большого объема заместителей, окружающих реакционный центр молекулы, подход реагента к нему может быть затруднён. При этом данная реакция либо будет

невозможна, либо, что случается чаще, пойдёт по иному пути (механизму) с участием более доступного реакционного центра, если таковой в субстрате имеется.

Примеры:



Во втором случае наблюдается высокая региоселективность процесса. При низкой концентрации щёлочи натрия будет преобладать процесс нуклеофильного замещения (электрофильный центр). При высокой концентрации щёлочи в слабополярном растворителе, например в спирте, и при повышенной температуре будет доминировать процесс отщепления (кислотный реакционный центр).

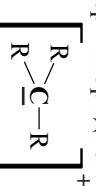
Динамические факторы (от греч. *dynamicis* – сила).

Многостадийные процессы, как правило, включают стадии промежуточного образования нестабильных интермедиатов, обладающих высокой реакционной способностью. Такие реакции предпочтительней будут проходить через стадию образования более устойчивого интермедиата.

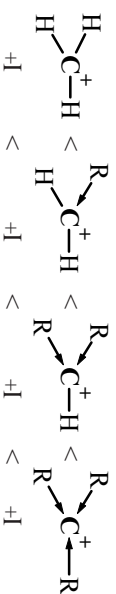
Относительная устойчивость интермедиатов (карбокатионов, карбанионов, свободных радикалов) определяется возможностью делокализации (распределения, распределения) в этих частицах заряда или непарного электрона.

Карбокатионы (от лат. *carbōnis* – уголь, греч. *kation-id* – идущий вниз) – частицы с положительным зарядом на атоме углерода (органические катионы).

Карбокатионы находятся в sp^2 -гибридном состоянии и имеют вакантную (свободную) p-орбиталь:

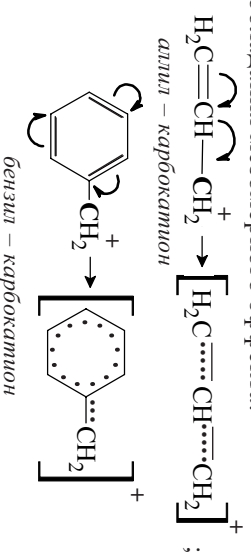


В силу положительного индуктивного эффекта алкильные группы способны «гасить» положительный заряд на атоме углерода и, тем самым, стабилизировать частицу:



Поэтому третичные карбокатионы устойчивее вторичных, вторичные – первичных, первичные – метильных.

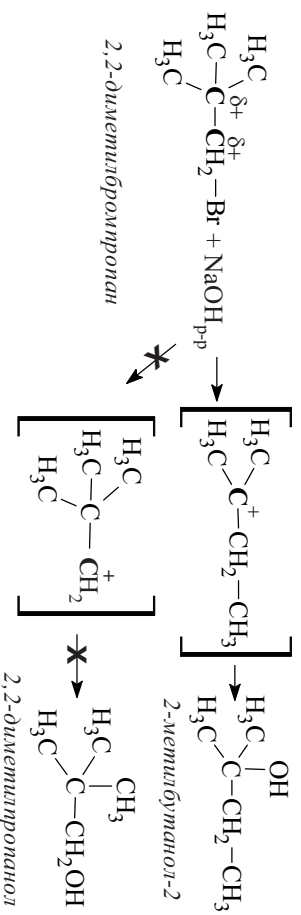
Самыми устойчивыми будут алкильные и бензильные карбокатионы ввиду преобладания мезомерного эффекта:



Таким образом, стабильность (устойчивость) карбокатионов увеличивается в ряду:



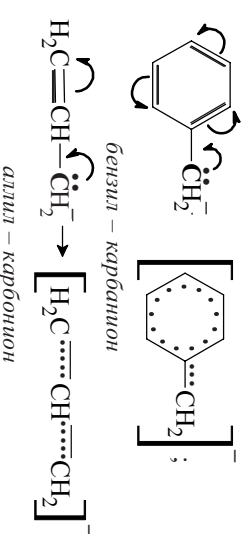
В соответствии с этим определяется и продукт реакции:



Карбанионы (от лат. carbonis – уголь, греч. анион – идущий вверх) – частицы с отрицательным зарядом на атоме углерода (органические анионы).

Карбанионы имеют неподелённую электронную пару, которая обуславливает чрезвычайную реакционную активность частиц, по этому до сих пор карбанионы не удалось зафиксировать даже в растворе.

Наиболее устойчивыми карбанионами в силу мезомерного эффекта будут бензил- и аллил- карбанионы:

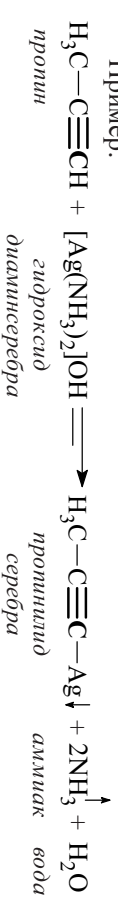


Кроме делокализации отрицательного заряда в карбанионе за счёт p, π-сопряжения, устойчивость частицы зависит от электроотрицательности атома углерода, несущего заряд. Чем выше доля s-орбитали в гибридном состоянии атома углерода, тем выше его электроотрицательность и, следовательно, он сильнее удерживает электронную пару, стабилизируя карбанион. Поэтому карбанион с атомом углерода при тройной связи (sp-гибридизация) устойчивее карбаниона с атомом углерода при двойной связи (sp²-гибридизация) и одинарной связи (sp³-гибридизация):



Этот факт (закономерность) объясняет неустойчивость соединений с гидроксильной группой при двойной и тройной связях, а так же возможность соединений с концевой тройной связью проявлять слабые кислотные свойства (замещать протон – H⁺).

Пример:



Кислотность алкинов-1 меньше, чем у воды, но выше, чем у алканов, алканов, аммиака.

Свободные радикалы (от лат. radical – корень) – нейтральные частицы с неспаренными электронами у атома углерода.

Свободные радикалы имеют непарный (е) электрон (н) у атома углерода, находящегося в sp²-гибридном состоянии.

Устойчивость свободного радикала (как уже говорилось) определяется возможностью оптимального распределения по частице электронной плотности, в данном случае непарного электрона. Таким образом, чем больше заместителей у атома углерода, имеющего непарный электрон, тем больше его делокализация, а следовательно и устойчивость радикала.

мый и поныне; в 1844–1845 гг. издал двухтомный труд «Очерки органической химии».

Август Фридрих фон Страдониц Кекуле (1829–1896 гг.) – немецкий химик, ученик Либиха; определил общую формулу алканов; предсказал кольцевую структуру молекулы бензола.

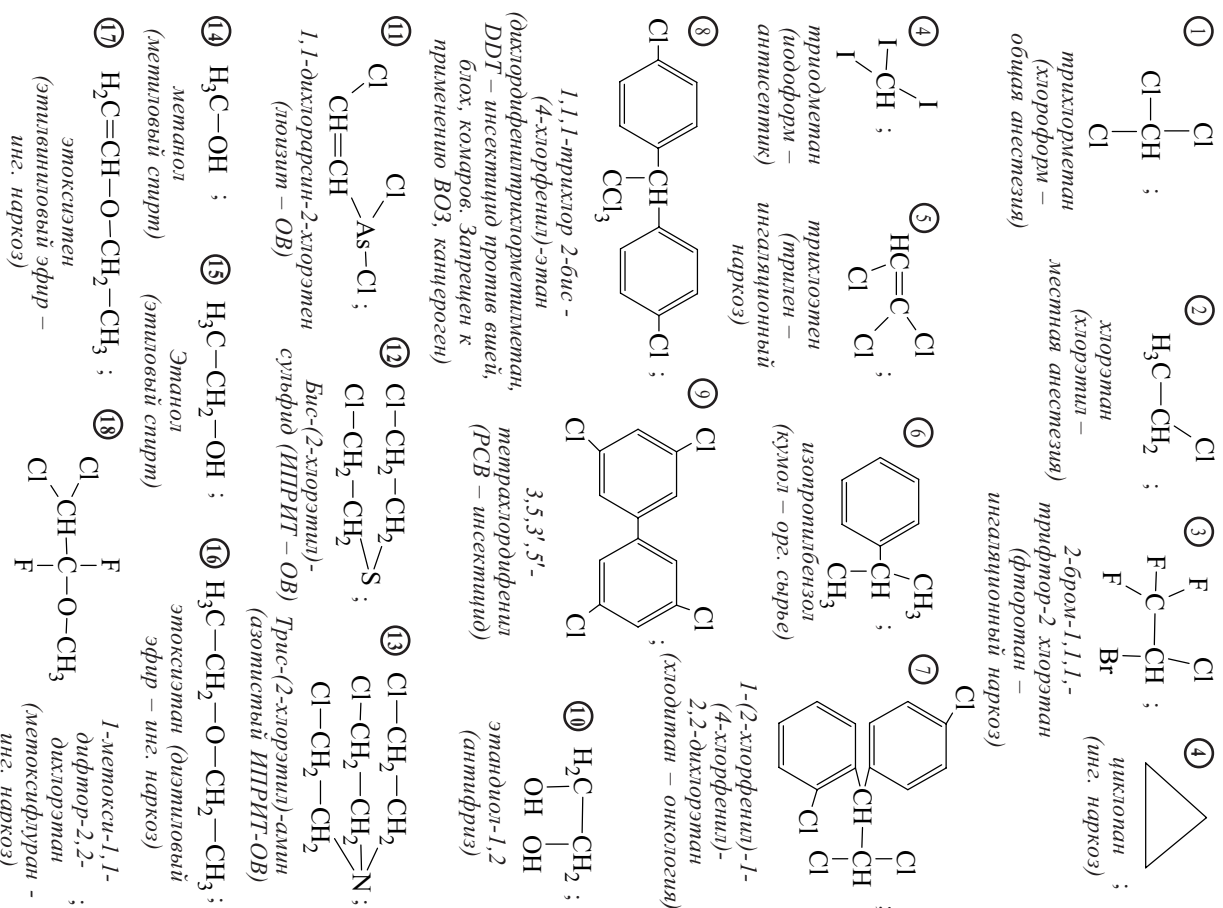
Александр Михайлович Бутлеров (1828–1886 гг.) – русский химик; ученик К. Клауса и Н. Зинина; ректор Казанского университета 1860–1863 гг.; с 1886 г. профессор кафедры органической химии СПб университета; с 1874 г. действительный член Петербургской Академии Наук; в 1864 г. издал учебник «Введение к полному изучению органической химии».

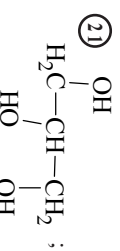
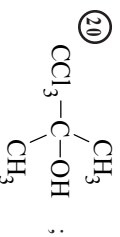
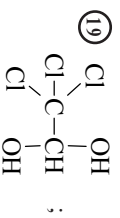
Якоб Хендрик Вант-Гофф (1852–1911 гг.) – выдающийся голландский химик; ученик А. Кекуле и Ш. Вюрца; друг и коллега Ж. Ле Беля; профессор Амстердамского университета; установил основные закономерности химической кинетики и термодинамики; разработал осмотическую теорию растворов; заложил основы количественной теории разбавленных растворов; почетный член множества Академий Наук; за открытие законов химической кинетики и осмоса в 1901 г. был удостоен первой Нобелевской премии по химии.

Жозеф Ашиль Ле Бель (1847–1930 гг.) – французский химик; ученик А. Багара и Ш. Вюрца; 1892 г. президент французского химического общества.

Карл Шорлеммер (1834–1892 гг.) – немецкий химик-органик в 1874 г. Стал первым профессором органической химии в Оуэнсовском колледже г. Манчестера; член самых крупных в то время научных обществ (Немецкого химического общества, Лондонского химического общества, Королевского общества, Американского философского общества и т. д.); закончил основополагающие исследования по углеводородам, начатые в 1855 г. Берглю с изучения рудничного газа; в 1870–1880 гг. в ходе своих работ пришел к качественно новому определению органической химии, которую он считал химией углеводородов и их производных, на основе этих выводов он перестроил систему органической химии и изложил ее в своем классическом учебнике органической химии (Бутлеров еще до Шорлеммера во главу классификации органических веществ поставил парафины и с них начинал изложение фактического материала); друг и сподвижник Ф. Энгельса и К. Маркса; политическая деятельность и симпатии Шорлеммера отдавали его от коллег по науке, после его смерти Энгельс должен был «оказывать давление» на ученика Р. Бузена Генри Роско (1833–1915) – наставника Шорлеммера, чтобы последний написал некролог об ученом.

Отдельные представители разных классов органических соединений

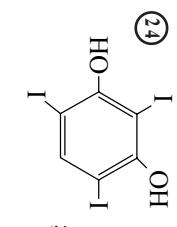
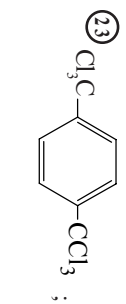
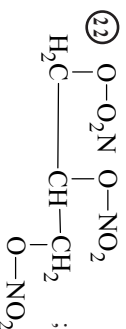




2,2,2-трихлорэтан-диол
(хлоральгидрат – снотворное)

2-метил-1,1,1-трихлорэтанол-2
(хлорэтон – успокаивающий наркотик)

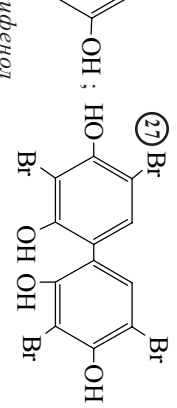
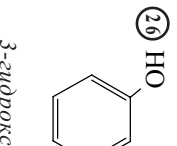
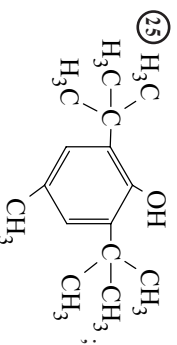
пропанол-1,2,3
(глицерин – косметич.)



1,2,3-тринитроглицерин
(нитроглицерин – 1% р-р в спирте
антисептическое средство ВВ)

1,4-бис-(трихлорметил)-бензол
(хлорсил – антисептилит)

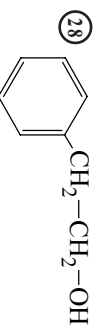
3,5-дигидрокси-2,4,6-трийодфенол
(ридоксол – противогрибковое)



2,6-дипребтил-4-метилфенол
(дибунол – антиоксидант)

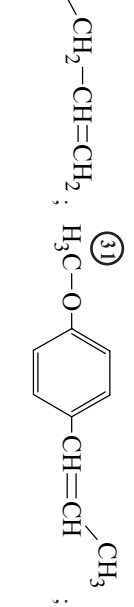
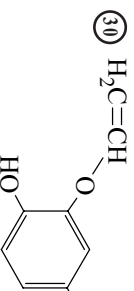
3-гидроксифенол
(резорцин – кожные заболевания)

3,5,3',5'-тетрабром-2,4,2',4'-тетрагидрокси-дифенил (теброфен – противогрибковое)



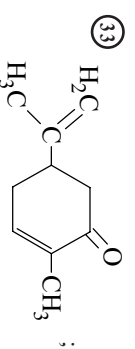
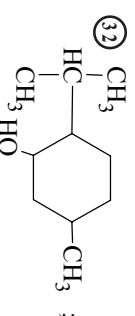
2-фенилэтанол-1
(компонент масла роз)

3,7-диметил октадиен-2,6-ол-1
(герианиол – компонент масла роз)



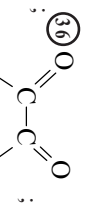
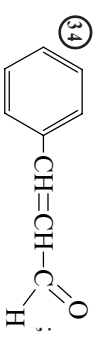
4-аллил-2-винилфенол
(эвгенол – компонент масла лавра)

1-метокси-4-пропенилбензол
(анетол – компонент масла аниса)



2-изопропил-5-метилциклогексанол-1
(ментол – косметич. и лекарств. ср-во)

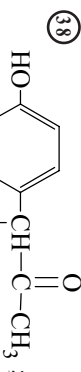
5-изопропенил-2-метилциклогексен-2-он
(карвон – комп. масла мяты, запаха тимьяна, компонента жевательной резинки)



3-фенилпропен-2-альд
(коричневый альдегид – комп. масла корицы)

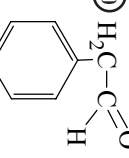
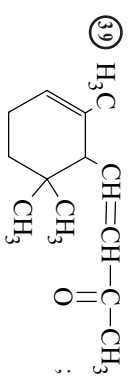
3-метилбутанитол-1
(запах скунса)

бутандион
(запах свира)



гептанон-2
(компонент масла гвоздики)

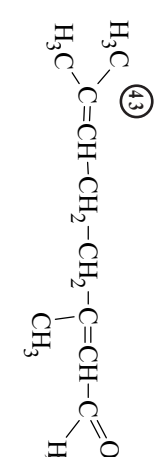
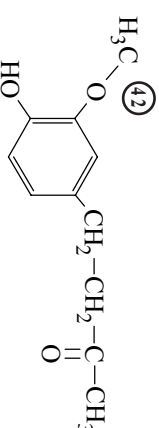
3-(4-гидроксифенил)-бутанон
(запах лавины)



4-(2,6-триметилциклогексен-2-ил)-бутен-3-он
(α-ионон – запах фиалки)

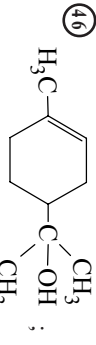
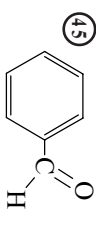
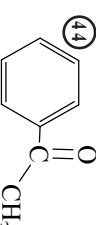
фенилэтаналь
(глицинтин – запах глицерина)

пропеналь (акролен – запах жареного мяса)



4-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-бутанон-2
(цингерон – жгучий компонент имбиря)

3,7-диметил октадиен-2,6-аль
(цитраль – запах лимона, антисептик)



фенилэтанон
(ацетофенон – запах черешухи)

бензальдегид
(запах горького миндаля)

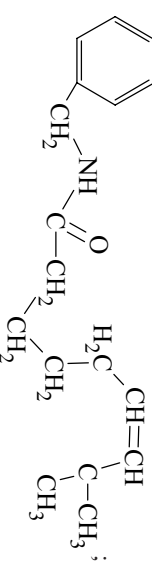
2-(4-метилциклогексен-3-ил)-пропанон-2 (α-терпинеол – комп. хвойного масла)



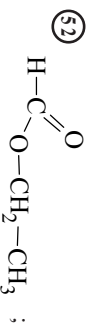
4-гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин – пищевая добавка)
бутандиамин-1,4 (путресцин – туринный запах)
пентандиамин-1,5 (кадверин – туринный запах)



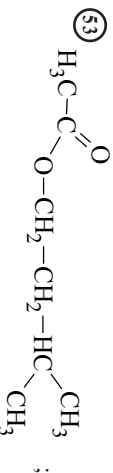
этилметаноат
(запах рома)



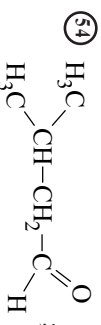
N-(4-гидрокси-3-метоксибензил)-8-метилнонен-6-амид (капсаицин – основной компонент перца)



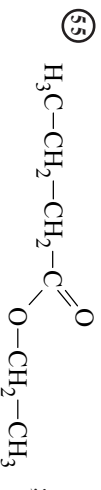
этилметаноат
(запах рома)



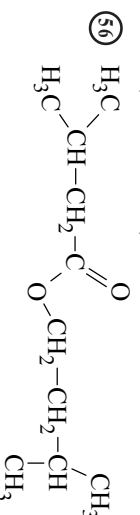
3-метилбутилметаноат (запах груши)



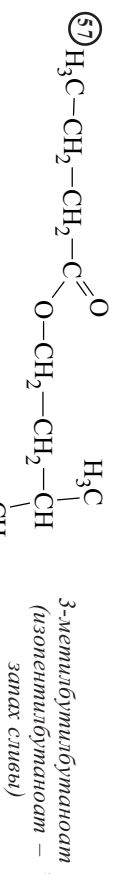
3-метилбутаналь
(запах яблока)



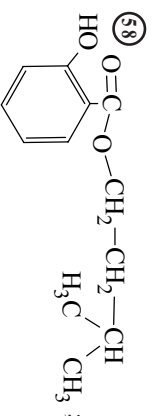
Этилметаноат (запах ананаса)



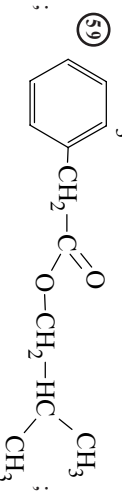
3-метилбутил-3-метилметаноат
(молочная эссенция)



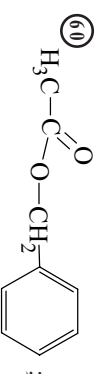
3-метилбутилметаноат;
(изопентилметаноат – запах сливы)



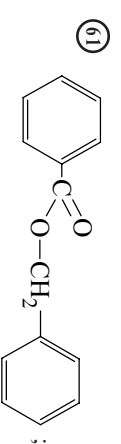
3-метилбутил-2-гидроксибензоат
(запах орхидеи)



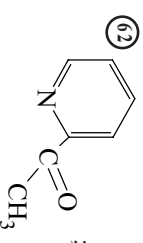
изобутилфенилметаноат (запах меда)



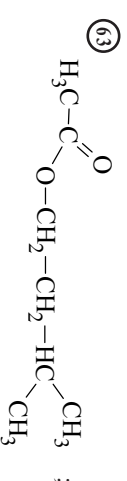
бензилметаноат
(запах жасмина)



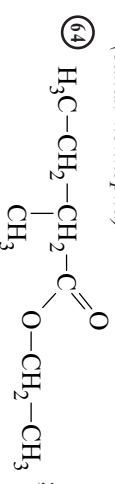
бензилбензоат (репеллент от моли, антисептик)



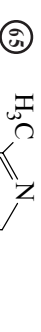
2-этилпиридин
(запах попкорна)



3-метилбутилметаноат (грушевая эссенция)



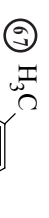
этил-2-метилбутанол
(запах зрелого яблока)



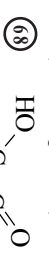
5-метил-2-метоксипиридин
(запах арахиса)



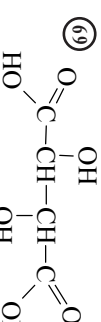
2-меркапто-2-метилфуран
(аромат кофе)



3,5-диметилпиридин
(компонент шоколада)



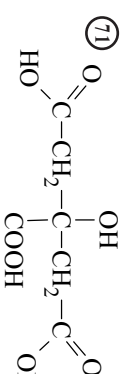
этиловый спирт
(пахнущая кислота – компонент листьев шпината)



2,3-дигидроксибутановая кислота (вишневая кислота – содержится в винограде, соли тарtrate – пищевая добавка)



этановая кислота
(уксусная кислота, эссенция)

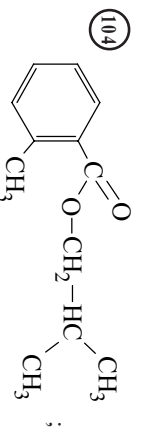
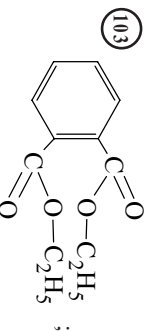


3-гидрокси-3-карбоксиметилбутановой кислоты гидрат (2-гидроксипропангидраткарбонной кислоты гидрат. Лимонная кислота – антиоксидант, подкислитель)

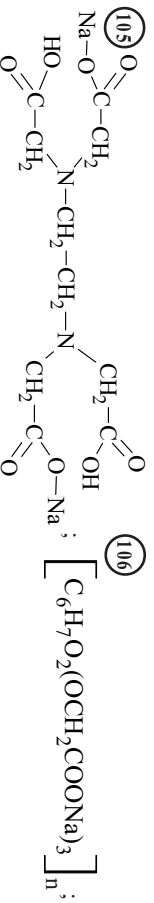
2-амино-2-метилбутановая кислота (глутаминовая кислота, глутамат натрия – усилитель вкуса мяса)



гексадиен-2,4-овая кислота (сорбиновая кислота, сорбаты – консерванты)



дизитлбензодиоксат-1,2
(дизитлфталат –
фиксатор запаха)



2-метилпропил-2-гидроксibenзоат
(изобутил-орто-гидроксibenзоат –
фиксатор запаха)

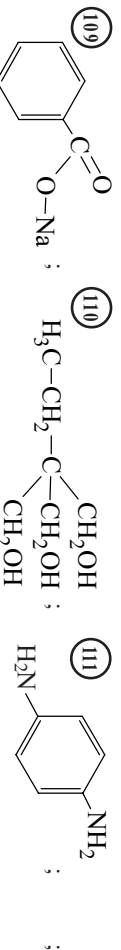
N,N'-бис-(натрийоксикарбонилметил)-*N,N'*-бис-(карбоксиметил)-этандинин-1,2 (этилендиаминтетрауксусной кислоты динатриевая соль – ЭДТА-натриевая соль,

триацетилкарбонилметокси
целлюлоза – (защититель
для звёных паст)



музыкальным (компонент
песенного вока, основа грубой помады)

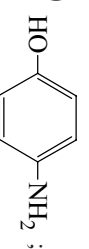
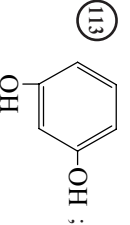
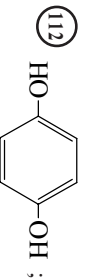
лагуригальмитат
(основа губной помады)



бензоат натрия
(консервант,
бактерицид,
стабилизатор)

2,2-бис-(гидроксиметил)-
бутанол-1
(1,1,1-трикарбинолпропан,
этиол – пластфикатор)

4-аминанилин
(п-диаминобензол —
основа краски
для волос)



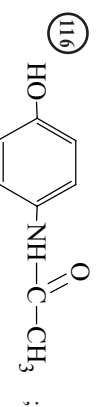
4-гидроксифенол
(гидрохинон –
краска для седых волос)

3-гидроксибензол (резорцин-
светостойчивость краски
для волос)

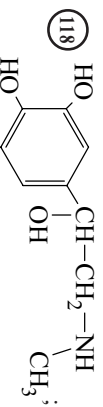
4-аминофенол
(серые оттенки
краски для волос)



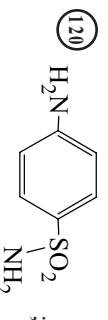
меркаптоановая к-та (тиоуксусная кислота –
p-p для зашивки волос, депилятор)



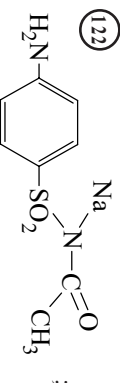
N-(4-гидроксибензил)-этанамид
(парацетамол, – жаропонижающее,
панадол, анальгетик)



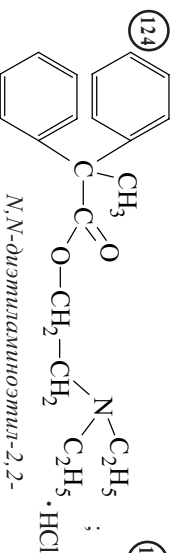
4-(1-гидрокси-2-метиламино)-
этил-2-гидроксифенол
(адреналин – гормон)



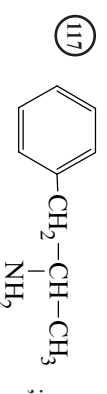
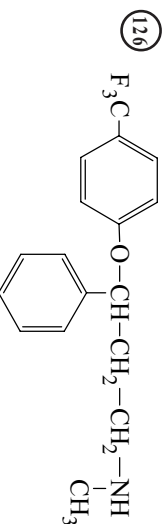
4-аминобензолсульфамид
(стрептоцид – антибактериальное)



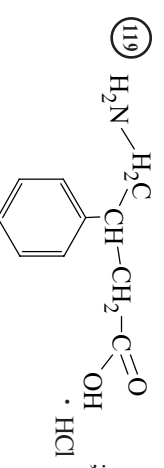
N-(4-аминобензолсульфо)-этанамид натрий (сульфацил-натрий, альбуцид) – антибактериальный препарат в офтальмологии)



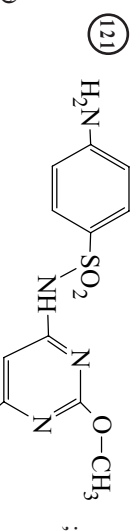
N,N-диэтилзаминотил-2,2-дифенилпропаноата гидрохлорид
(амизил – транквилизатор)



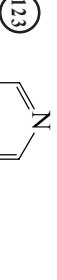
1-фенилпропанамин-2 (фенамин – психомоторный стимулятор)



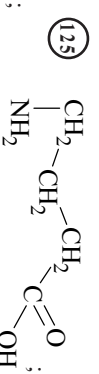
4-амино-3-фенилбутановой кислоты
гидрохлорид (фенибут – ноотропное
ср-во от укушения)



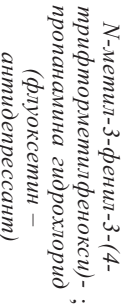
4-(4-аминобензосульфамидо)-2,6-
диметоксиридин (сульфадиметоксин –
антибактер.)

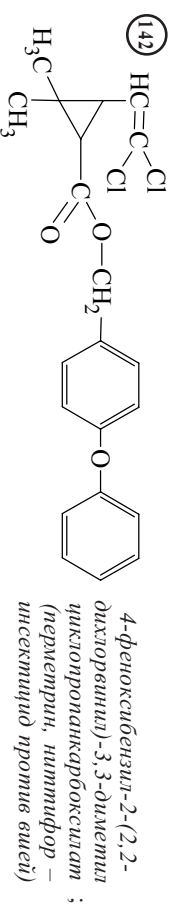
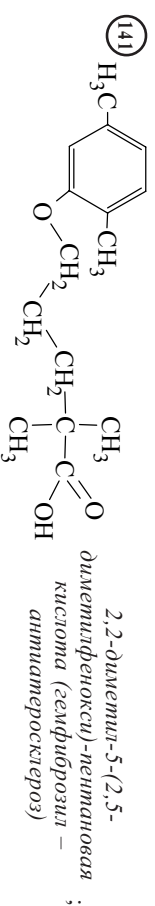
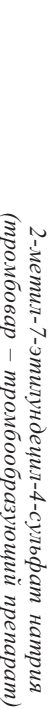
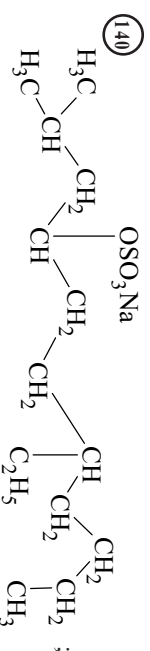
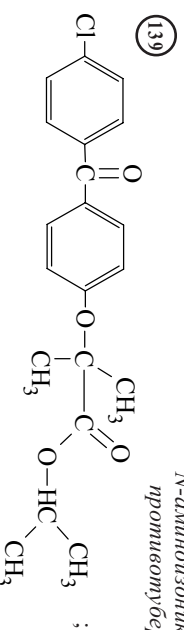
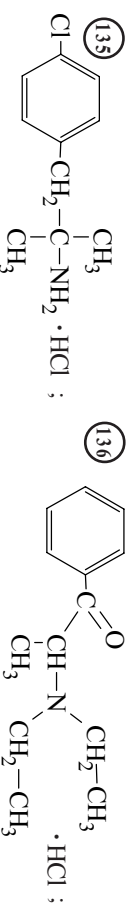
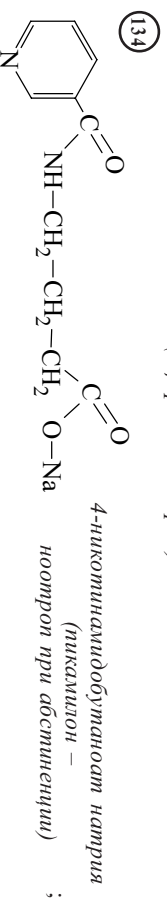
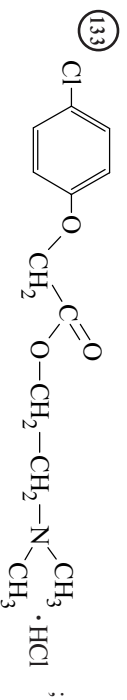
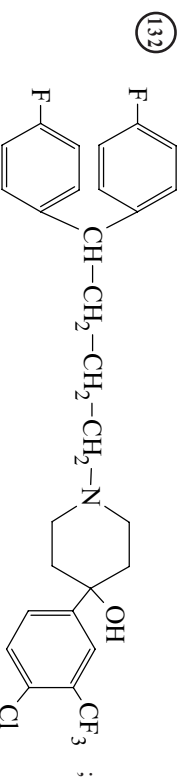
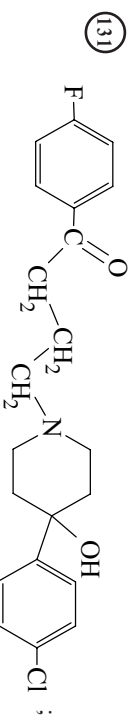
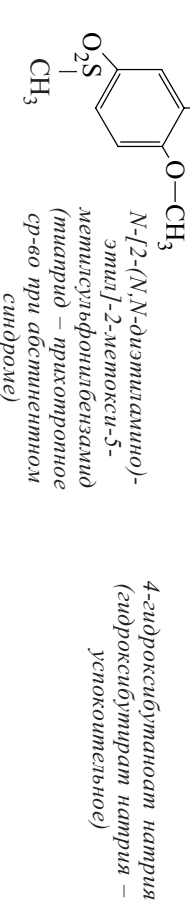
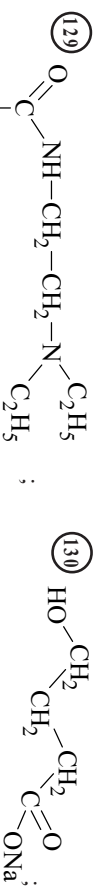
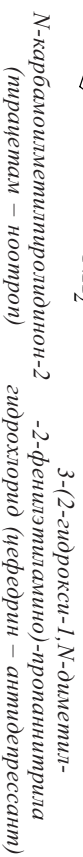
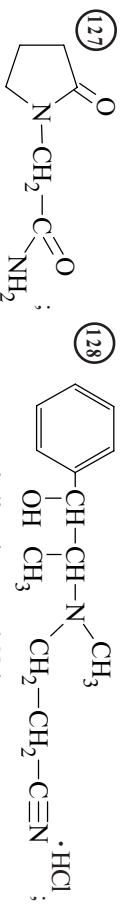


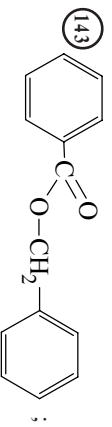
никотином лития
(литий – успокаивающее)



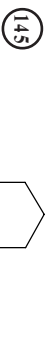
4-аминобутановая кислота
(аминолон, ГАМК –
ноотрон, активирующий
мозговую деятельность)







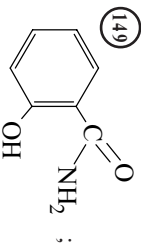
бензилбензоат
(антисептик против чесотки)



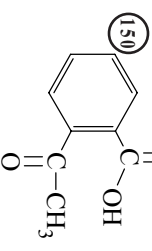
3-(пиперидил-2)-пиридина
гидрохлорид (андазина гидрохлорид
– антикурительное ср-во)



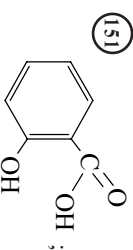
бензолсульфохлорамид натрия
тригидрат (хлорамин-Б – антисептик)
N-натрий-N-хлорбензолсульфамида
тригидрат



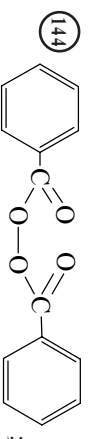
2-гидроксибензамидо
(салициламидо –
ненаркотич.
анальгетик)



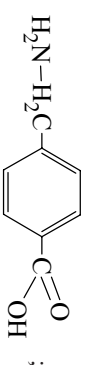
2-этанолоксибензойная
кислота
(ацетилсалициловая
кислота, аспирин –
жаропонижающее)



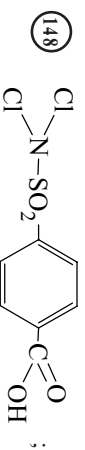
2-гидроксибензойная
кислота (салициловая
кислота – антисептик)



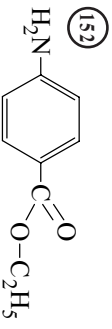
дибензоил пероксид
(бензакне – антисептик против угрей)



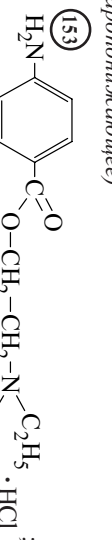
4-аминометибензойная кислота
(амбен – остановка кровотечения)



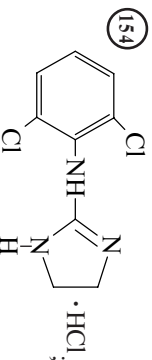
4-карбоксибензолсульфохлорамид
(пиптоцид – антисептик
для дезинфекции воды)
4-(N,N-дихлораминосульф)-
бензойная кислота



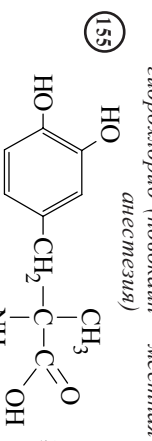
этил-4-аминобензоат (анестезин
– местная анестезия)



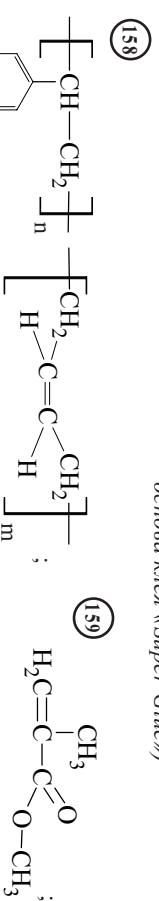
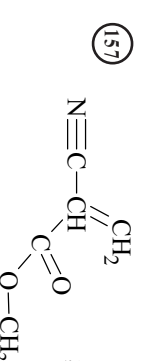
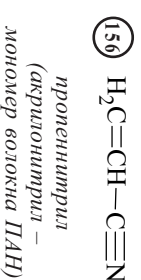
N,N-диметиламиноэтил-4-аминобензоата
гидрохлорид (новокаин – местная
анестезия)



2-(2,6-дихлорфениламино)-
гидразолина гидрохлорид
(клофелин – антигистамин)



2-амино-2-(3,4-дигидроксифенил)метил –
пропановая кислота (альдомет –
седативное и гипотензивное средство)

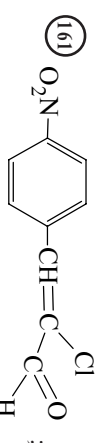


полистирол полибутадиен-1,3 (БСК-бутадиен –
стирольный каучук, основной компонент
жесткой резины)

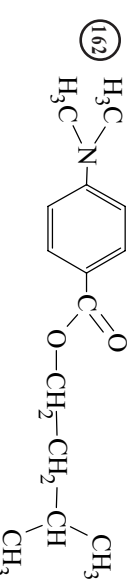
метил-2-метилпропеноат
(метилметакрилат –
мономер пластика,
пластика, перилекса)



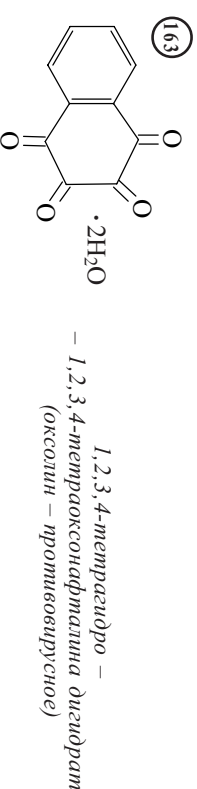
полидиметилбензолдикарбоксилат-1,4
(лавсан, дакрон, криллен – волокно, первое искусственное сердце)



3-(4-нитрофенил)-2-хлорпропена
(цимандль – средство от ожогов)



2-метилбутил-4-(N,N-диметиламино)-бензоат
(компонент кремов для загара, средство от ожогов)



1,2,3,4-тетрагидро –
1,2,3,4-тетраоксоафталина дигидрат
(оксолон – противовирусное)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Азимов А.* Мир углерода: Пер. с англ. – М.: Химия, 1978. – 208 с.: ил. – США. 1962.
2. *Ардашников Е. И., Казеннова Н. Б., Таши М. Е.* Курс органической химии для старшекласников и поступающих в вузы. – М.: Аквариум, 1998. – 272 с.
3. Биографии великих химиков: Пер. с нем./Под ред. К. Хайнинга; перевод Крипмана В. А.; под ред. Г. В. Рыкова, С. А. Порогина. – М.: Мир, 1981. – 386 с.
4. *Габриелян О. С.* Химия: Орган. химия: Учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений с углубл. изучением химии / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, А. А. Карпова. – М.: Просвещение, 2003. – 368 с.: ил.
5. *Зеленин К. И.* Химия: Учебник для вузов. – СПб.: Специальная литература, 1997. – 688 с.: ил.
6. *Карцова А. Д.* Избранные главы органической химии. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета педагогического мастерства, 1995. – 96 с.: ил.
7. *Кондрев Б. Н.* Любопытным о химии. Органическая химия. – М.: Химия, 1982. – 240 с.: ил.
8. *Кузьменко Н. Е., Еремин В. В., Пожков В. А.* Начала химии. Современный курс для поступающих в вузы. Т. 1, 2. – М.: Федеративная книготорговая компания, 1997. – 832 с.
9. *Моррисон Р., Байд Р.* Органическая химия: Пер. с англ. – М.: Мир, 1974. – 1135 с.: ил.
10. Программа курса химии для 10-11 классов общеобразовательных учреждений естественнонаучного направления (авторы: Н. Е. Кузнецова, И. М. Титова, Н. Н. Гара, А. Ю. Жегин) // Программы для общеобразовательных учреждений: Химия 8-11 кл./Сост. Н. И. Габруева, С. В. Суматохин. – 2-е изд., доп. – М.: Дрофа, 2001. – 288 с.
11. *Рабинович В. А., Хавин З. Я.* Краткий химический справочник: Справ. изд. / Под ред. А. А. Потехина и А. И. Ефимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1991. – 432 с.
12. *Рэмсен Э. Н.* Начала современной химии: Пер. с англ. – Л.: Химия, 1991. – 784 с.: ил.
13. *Соловьев Ю. Н.* История химии. Развитие химии с древнейших времен до конца XIX в. Пособие для учителей. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1983. – 368 с.: ил.
14. *Тюкакина Н. А., Барков Ю. Н.* Биоорганическая химия: Учебник – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1991. – 528 с.: ил.
15. Химия: Учебник для учащихся 10 класса общеобразовательных учреждений / Кузнецова Н. Е., Титова И. М., Гара Н. Н./Под ред. проф. Н. Е. Кузнецовой – М.: Вентана-Граф, 2004. – 384 с.: ил.
16. Энциклопедия для детей. Том 17. Химия/Глав. ред. В. Володин; вед. науч. ред. И. Леенсон. – М.: Аванта+, 2004. – 640 с.: ил.
17. *Эткинс П.* Молекулы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 216 с.: ил.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Каждый педагог в первую очередь личность, а не запрограммированный аппарат, поэтому ему свойственен свой индивидуальный дидактический подход в обучении школьников и было бы странно «навязывать» какие-то обучающие технологии. В пособии приводятся отобранный апробированный материал, которым каждый учитель волен распорядиться в соответствии со своими педагогическими убеждениями.

Но собственное удовлетворение, рефлексия сопутствуют активным формам и методам обучения, которые обеспечивает интегративный подход.

Предложенный материал уже с первых уроков и на протяжении всего курса позволяет учащимся выдвигать обоснованные гипотезы при решении сложных проблемных ситуаций, что приводит к пониманию роста химической сущности вещества и процесса даже на интуитивном уровне, а это высшая степень познания (обученности).

В пособии не раскрыты такие общие вопросы, как изомерия органических веществ и методы идентификации соединений. Это связано с тем, что вопросы изомерии оптимально рассматривать непосредственно при изучении определенных классов органических веществ (лучше проблемно), т. к. при этом возникают прочные ассоциативные связи. И методы идентификации органических веществ лучше рассматривать с практическим подкреплением при рассмотрении основных классов соединений.

Учебное издание

Алексей Николаевич Лямин

**Введение в курс органической химии
средней школы**

Лицензия ЛР № 768279 от 5.03.01.

Подписано в печать Формат 60 × 84/16

Бумага Усл-печ. л.

Тираж Заказ

Кировский институт повышения квалификации
и переподготовки работников образования.
610004, г. Киров, ул. Ленина, 25