

УДК 37

Основные подходы преподавания органической химии студентам колледжа нехимических специальностей

Е.В. Семенова✉

Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Россия

Преподавание органической химии основывается на современном подходе при изучении строения атома углерода. Понятие гибридизации позволяет объяснить особенности связей углерода в органике, показать неисчерпаемость его органических соединений и применять теорию химического строения А.М. Бутлерова. Основа преподавания органической химии заключается не столько в запоминании студентами фактического материала, сколько в усвоении и применении при решении заданий основных закономерностей, связывающих строение органических соединений с их свойствами.

Ключевые слова: органическая химия, теория химического строения А.М. Бутлерова, гибридизация, усвояемость материала.

The Main Approaches of Teaching Organic Chemistry to Students of the College of Non-Chemical Specialtie

E.V. Semenova✉

Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russia

Teaching organic chemistry is based on a modern approach to studying the structure of the carbon atom. The concept of hybridization makes it possible to explain the features of carbon bonds in organic matter and to show the inexhaustibility of its organic compounds and to apply the theory of the chemical structure of A.M. Butlerov. The basis of teaching organic chemistry is not so much the memorization of factual material by students, but the assimilation and application of the basic laws linking the structure of organic compounds with their properties in solving tasks.

Keywords: organic chemistry, theory of chemical structure by A.M. Butlerov, hybridization, digestibility of the material.

Органическая химия изучается студентами колледжа нехимических специальностей на первом курсе в рамках общеобразовательных дисциплин. Проблема для преподавателя заключается в том, что вчерашние ученики 9 класса, за редким исключением, или не изучали органическую химию вообще или забыли (как они говорят) о чем шла речь.

В группах находятся студенты разного уровня знаний, способностей, интереса к изучению предмета. Следовательно, на первом занятии необходимо донести информацию о том, что органическая химия отличается от неорганической, что позволяет ее воспринимать как совершенно новую дисциплину и изучать с нуля. Необходимо отметить, что этот новый материал может восприниматься обучающимися легче, чем в неорганической и общей химии. Другими словами, тот кто ранее имел по химии оценку три, может получить более высокий балл и наоборот. Успех или неуспех зависит от восприятия и понимания материала на первых нескольких занятиях.

Первое занятие необходимо посвятить изучению особенностей химии углерода и сравнению их с тем, что было в неорганике. К основным особенностям органики

необходимо отнести следующие:

1. Химия углерода неисчерпаема, так как он может между собой образовывать цепи, кольца, трехмерные сетки (например, резину можно рассматривать как единую макромолекулу). Количество органических веществ и материалов на 2000 г. составляло порядка 18 млн, а на сегодня более 27 млн. В то же время простых неорганических веществ чуть более 400, а сложных около 500 тыс.

2. Нагревание до 400–600°C приводит органические вещества к разложению, обугливанию, а в присутствии кислорода – к горению. Это объясняется сравнительно небольшой прочностью связи между атомами углерода (355,6 кДж/моль). К негорючим и трудносгораемым веществам относятся те, которые в своем составе содержат галогены (фтор, хлор, бром, иод).

3. Скорость химических реакций в органике, чаще всего, протекает медленнее. Для органических процессов очень важно правильно подобрать условия процесса: температуру, давление, скорость перемещения материальных потоков и форму реакционного куба.

4. Необходимо ввести понятие гомологический ряд, на слайде продемонстрировать ряд предельных углеводородов (УВ) и одновалентных радикалов (табл. 1). Объяснить в чем схожесть и различие молекул и радикалов, как просчитать элементный состав УВ и запомнить 10 слов их названия, рассказать, как эти названия появились в химии. Рекомендуется раздать каждому студенту такую таблицу и назвать ее шпаргалкой на весь семестр, которую необходимо выучить к следующему занятию (если студенты не выучат, то пошутить, что в 86 лет 10 слов выучить проблематично. Такая шутка не всегда, но помогает).

Таблица 1

Ряд предельных углеводородов и одновалентных радикалов

Углеводороды		Одновалентные радикалы	
Метан	CH ₄	Метил	–CH ₃
Этан	C ₂ H ₆	Этил	–C ₂ H ₅
Пропан	C ₃ H ₈	Пропил	–C ₃ H ₇
Бутан	C ₄ H ₁₀	Бутил	–C ₄ H ₉
Пентан	C ₅ H ₁₂	Пентил (амил)	–C ₅ H ₁₁
Гексан	C ₆ H ₁₄	Гексил	–C ₆ H ₁₃
Гептан	C ₇ H ₁₆	Гептил	–C ₇ H ₁₅
Октан	C ₈ H ₁₈	Октил	–C ₈ H ₁₇
Нонан	C ₉ H ₂₀	Нонил	–C ₉ H ₁₉
Декан	C ₁₀ H ₂₂	Децил	–C ₁₀ H ₂₁

5. Далее нужно изучить понятие изомеры и привести примеры, показать отличие гомологов и изомеров. На слайде должны быть структуры гомологов, изомеров и соединений к ним не относящихся.

6. Обязательно рассказать, что все живые организмы состоят из жиров, белков, углеводов и др. соединений, в том числе и неорганических. Напомнить, что живая клетка на 80% состоит из воды, а 20% массы приходится на все ранее перечисленное. Здесь можно вспомнить о правильном питании, особенно для растущего организма.

7. Атомы углерода на внешнем уровне имеют 4 электрона, поэтому максимальное количество связей, которые реализуются в органических молекулах в виде ковалентной полярной связи – 4. Поэтому, при изучении органики важно научиться считать до четырех. Это утверждение у студентов вызывает веселье, однако

оно пропадает, когда начинается разбор конкретных примеров превращения углеводородных скелетов в молекулы.

Далее необходимо перейти к изучению основных положений теории химического строения А.М. Бутлерова, предварительно сообщить студентам, что основа неорганической химии – это таблица элементов, открытая в 1869 г. русским ученым Дмитрием Ивановичем Менделеевым (27.01.1834–20.01.1907 по старому стилю), а основа органической химии – это теория, предложенная также русским ученым Александром Михайловичем Бутлеровым (03.09.1828–05.08.1886 по старому стилю) в 1861 г. Гениальность ученого состоит в том, что он смог обобщить и синхронизировать все знания, существующие на тот период времени по органике. Основы органической химии заложенные А.М. Бутлеровым применяются в современной науке.

При изучении основных положений теории химического строения необходимо обратить внимание на то, что валентность углерода в органике 4, кислорода 2, водорода и галогенов 1 (галогены желателно перечислить); свойства веществ (физические и химические) зависят от качественного, количественного состава, порядка соединения атомов в молекуле и взаимного влияния атомов и групп атомов друг на друга, например, хлоруксусная кислота по кислотным свойствам сильнее чем уксусная, так как хлор более электроотрицательный по сравнению с водородом; и, наконец, строение молекулы можно выразить при помощи структурной формулы, которая для данного вещества является единственной. В конце стоит привести современную формулировку теории: свойства веществ зависят не только от их химического строения, но также и от их электронного и пространственного строения [1, 2].

Завершить этот блок лекции необходимо, показав виды формул в органической химии:

- эмпирические формулы, т.е. по элементному составу, например, C_2H_6 (этан);
- электронные формулы, когда каждая связь обозначается двумя точками (электронами), на рисунке 1 приведен пример электронной формулы для этана:

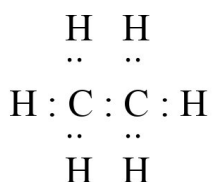


Рисунок 1. Электронная формула этана

- структурные формулы, когда каждая связь изображена палочкой, структурные формулы бывают развернутые и сокращенные, на рисунке 2 приведен пример развернутой и сокращенной структурной формулы для этана:

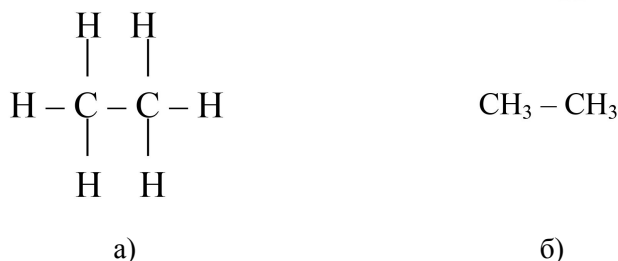


Рисунок 2. Структурные формулы этана:

а) развернутая структурная формула этана; б) сокращенная структурная формула этана

После этого перейти к понятию гибридизации. Атом углерода имеет всего 6 электронов ($1s^2 2s^2 2p^2$), из них 4 электрона – валентные, которые в основном невозбужденном состоянии расположены: два электрона на 2s-орбитали и два электрона на 2p орбитали (рис. 3), то есть возможно образование всего двух связей за счет непарных электронов, но у органических соединений углерод имеет 4 связи. Объяснить это можно за счет перехода атома углерода в возбужденное состояние, при котором один электрон с 2s-орбитали переходит на 2p-орбиталь [3].

Однако, как видно из рисунка 3, энергия 2s-орбитали ниже, чем 2p-орбитали, следовательно и энергии орбиталей различны и прочность связей должна быть неодинакова, но на практике все 4 связи углерода в предельных углеводородах имеют одинаковые параметры: длину связи, направленность, энергию. Это несоответствие было объяснено с помощью такого понятия как гибридизация. Это стало возможно после изучения строения атома.

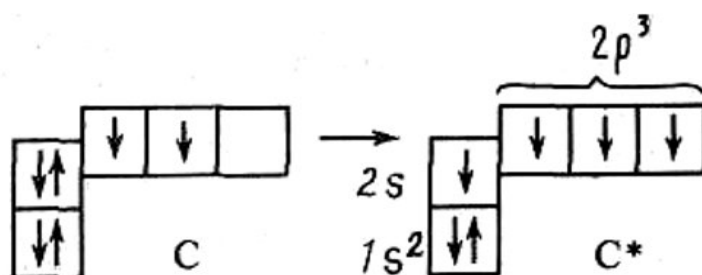


Рисунок 3. Переход углерода из основного невозбужденного состояния в возбужденное

Гибридизация орбиталей заключается в смешении s и p-орбиталей, причем сколько исходных орбиталей смешали, столько гибридных орбиталей получили. Всего возможно три случая (табл. 2):

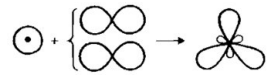
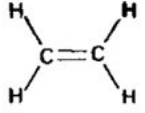
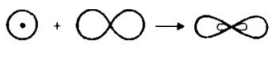
1. При смешении (гибридации) одной s-орбитали и трех p-орбиталей образуются четыре sp^3 гибридные орбитали, которые в пространстве расположены под углом $109^\circ 28'$ (как пирамида), размер связи между углеродами 0,154 нм, они образуют одинарные сигма-связи (σ -связи) между углеродами, углеродом и водородом (размер связи между углеродом и водородом составляет 0,109 нм), галогенами или одновалентными функциональными группами (например, амино- (NH_2 -) или нитро- (NO_2 -)). Необходимо отметить, что последнее сочетание сигма-связи вызывает смех у студентов, что связано с социальным значением слова сигма. Приходится объяснять, что сигма – это греческая буква, а потом приходится объяснять почему сейчас произносят сигма-мен и как к этому относиться.

Таблица 2

Типы гибридизации орбиталей углерода и их свойства

№ п/п	Тип гибридизации	Образование гибридных орбиталей	Форма	Длина связи, нм	Угол между гибридными орбиталями	Пример
1	sp^3		Тетраэдрическая	0,154	$109^\circ 28'$	 $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ Этан

Таблица 2 (Продолжение)

№ п/п	Тип гибридизации	Образование гибридных орбиталей	Форма	Длина связи, нм	Угол между гибридными орбиталями	Пример
2	sp^2		Плоская тригональная	0,134	120°	 $CH_2=CH_2$ Этилен (этен)
3	sp		Линейная	0,120	180°	$H-C\equiv C-H$ Ацетилен (этин)

2. При смешении одной s-орбитали и двух p-орбиталей образуются три sp^2 гибридные орбитали, угол между которыми составляет 120° , одна p-орбиталь остается неизменной. Гибридные орбитали образуют три сигма-связи, а негибридные p-орбитали двух углеродов образуют между собой пи-связь (π -связь). В результате этого между углеродами образуется двойная связь размером 0,134 нм.

3. При смешении одной s-орбитали и одной p-орбитали образуются две sp гибридные орбитали, угол между которыми составляет 180° , две p-орбитали остаются негибридными. Гибридные орбитали образуют две сигма-связи, а негибридные 2 p-орбитали двух углеродов образуют между собой две пи-связи (π -связи). В результате этого между углеродами образуется тройная связь размером 0,120 нм.

Для наглядности на слайдах необходимо показать, как образуются все типы гибридизации и только потом сделать конспект объяснения. Обычно приходится выключить слайды и писать на доске приблизительно, так как показано в таблице 2. Такой подход показывает студентам, что материал, хоть и сложный, но его можно запомнить и, главное, понять и в дальнейшем использовать.

Завершить первое теоретическое занятие необходимо, показав классификацию органических соединений [4, 5] (рис. 4), сказав при этом, что данную классификацию можно представить через элементный состав (рис. 5), а изучать в течение семестра будем углеводороды, кислород и азотсодержащие соединения.



Рисунок 4. Классификация органических соединений



Рисунок 5. Классификация органических соединений по элементному составу

Закрепление изученного теоретического материала проводится на лабораторно-практическом занятии в виде решения индивидуальных заданий.

Таким образом, при преподавании органической химии студентам колледжа нехимических специальностей необходимо с одной стороны применять современные знания в области строения атома, а с другой стороны, проводить объяснения так, чтобы было понятно, интересно, увлекательно, поскольку органическая химия – это любой биологический объект, в том числе и человек, это то, что мы употребляем в пищу, чем лечимся, используем в быту и технике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Габриелян О.С. Химия: 10 класс: базовый уровень: учебник / О.С. Габриелян, И.Г. Остроумов, С.А. Сладков. – 5-е изд. – Москва: Просвещение, 2023. – 128 с.
2. Гаршин А.П. Органическая химия в рисунках, таблицах, схемах: учебное пособие для среднего профессионального образования / А.П. Гаршин. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 240 с.
3. Семенова Е.В. Из опыта преподавания студентам колледжа темы: «Строения атома» / Е.В. Семенова // Актуальные проблемы инновационных систем информатизации и безопасности: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: Научная книга, 2024. – С. 373–377.
4. Классификация органических соединений // StudFiles – Файловый архив студентов [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfile.net/preview/7086750/page/4/> (дата обращения: 25.04.2025).
5. Классификация соединений в химии // KashaOff.ru [Электронный ресурс]. – URL: <https://kasheloff.ru/photos/klassifikatsiya-soedineniy-v-ximii/47> (дата обращения: 25.04.2025).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Семенова Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Россия.

e-mail: semenovaelena1@mail.ru