**Методические приемы по систематизации и обобщению знаний при изучении структуры биополимеров в школьном курсе химии.**

Доцент, к.б.н. Г.В.Гераскина, МПУ,

Учитель химии Е.А.Алферова, школа 854, г.Москвы

Ассистент, к.п.н. Е.Ю.Раткевич, МПУ

Школьный курс органической химии постоянно требует систематического обобщения пройденного материала, поскольку изучение органических соединений идет от рассмотрения состава, структуры и свойств отдельных веществ к характеристике гомологического ряда и класса. Такое обобщение, включающее рассмотрение ранее изученного материала, способствует закреплению пройденного и вырабатывает у учащихся умение систематизировать полученные знания. Однако при этом обобщающий материал на практике дается в курсе органической химии применительно лишь к мономерным соединениям. Поскольку роль полимеров исключительно велика как в природе, так и в быту, усвоение учащимися представлений о строении и свойствах полимеров имеет важное значение при изучении всех естественных дисциплин.

Новая школьная программа по химии предусматривает изучение таких биополимеров, как полисахариды, белки и нуклеиновые кислоты. Методическим проблемам изучения биополимеров в школьном курсе химии посвящена настоящая работа.

Обычно методические трудности возникают при изучении нуклеиновых кислот в силу их сложного многоуровневого строения. Школьники запоминают отдельные элементы молекулы нуклеиновой кислоты, но, как правило, не могут показать их взаимосвязь при формировании полимерной цепи. Эти трудности в значительной степени могут быть преодолены при системном подходе, когда структура каждого конкретного биополимера описывается с единых позиций, с использованием основных понятий и определений химии полимеров. Поскольку все биополимеры обладают рядом сходных свойств, то системный подход, акцентирующий эти сходства, будет способствовать формированию *у* учеников более целостного представления о классе этих соединений в целом. Первыми представителями биополимеров, с которыми знакомятся учащиеся, являются полисахариды - крахмал и целлюлоза. Прежде чем давать их характеристику, необходимо напомнить учащимся о явлении полимеризации, с которым они уже встречались при изучении непредельных углеводородов и альдегидов. Опираясь на эти знания, следует излагать материал о строении полисахаридов с использованием таких понятий, как структурное звено и степень полимеризации. Кроме того, на примере крахмала и целлюлозы, можно уже ввести такие общие понятия химии полимеров, как ковалентный остов и радикалы. Под ковалентным остовом понимается часть молекулы полимера, представляющая собой последовательность одинаковых элементов, связанных ковалентными связями. Радикалами в химии полимеров называется совокупность атомов или химических группировок, связанных с ковалентным остовом, но не связанных друг с другом. В этих терминах крахмал, например, описывается как полимер, состоящий из остатков

*α–* глюкозы, соединенных связями типа 1,4. Ковалентный остов такой полисахаридной цепи включает атомы пиранозных колец, а в качестве радикалов выступают метоксильные группы:



Здесь же следует ввести такое общее для биополимеров понятие, как полярность цепи, обратив внимание учащихся на различные свойства первого и последнегоостатков глюкозы: у первого остатка гликозидный гидроксил участвует в образовании связи со вторым остатком, а в последнем звене этот гидроксил свободен и, вследствие этого, он может теоретически вступать в реакцию с такими окислителями, как оксиды серебра и меди, подобно свободным молекулам глюкозы. В соответствии с этим один конец полисахаридной цепи называется невосстанавливающим, а другой - восстанавливающим.

Все эти характеристики, т.е. химическая природа элементов ковалентного остова, тип связи между ними, химическая природа радикалов и проявление полярности, входят в понятие первичной структуры полимера. В случаях, когда полимер образован разнокачественными структурными звеньями, т.е. химическая природа радикалов различна, в понятие первичной структуры включается такая характеристика, как порядок чередования структурных звеньев.

В живой клетке молекулы биополимеров, как правило, находятся не в вытянутой форме, а компактно сложены, что уменьшает их линейшые размеры. Универсальной формой компактной укладки все типов биополимеров является спираль. Способ расположения в клетке биополимеров и параметры спиралей, такие как диаметр, шаг, число структурных элементов на один виток, угол наклона и т.п., входят в понятие вторичной структуры. Так, молекулы целлюлозы имеют вытянутую веретенообразную форму, а молекулы амилозы (линейного компонента крахмала) скручены в спираль, что обеспечивает их более компактную укладку в крахмальных зернах. На один виток такой спирали приходится шесть пиранозных колец. Спирализованы также отдельные полигликозидные цепочки амилопектина (разветвленного компонента крахмала). Здесь необходимо пояснить, что характерная синяя окраска при реакции крахмала с иодом обусловлена именно взаимодействием йода со спиральными участками крахмала, когда молекула иода встраивается внутрь спирали. Таким образом, уже на примере полисахаридов вводятся такие понятия, как первичная и вторичная структура биополимера.

С целью систематизации изученного материала и наглядного представления общности строения полисахаридов целесообразно в ходе урока выполнить с учениками задание по заполнению таблицы, характеризующей все эти соединения с единых позиций:

Таблица 1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Структурная | Полисахариды | | |
| характеристика полисахаридов | крахмал | целлюлоза | |
| Структурное звено | α,D-глюкопираноза | β,D-глюкопираноза | |
| Химическая природа ковалентного остова | полисахадный остов из атомов пиранозных колец | | |
| Тип связи в ковалентном остове | 1,4-гликозидная | | |
| Химическая природа радикалов | метоксильная группа | | |
| Полярность | восстанавливающие и невосстанавливающие концы | | |
| Вторичная структура | спираль | вытянутая форма |

С этихже позициймы предлагаемстроить занятия при изучениибелков. Вначале целесообразно дать общее описание молекул аминокислот, выделив ту часть в них, которая участвует в образовании пептидных связей. Из этих частей молекул аминокислот составляется остов полипептидной цепи. Остальные части молекул аминокислот, связанные с этим полипептидным остовом, но не связанные друг с другом, называются радикалами:



Характеризуя первичную структуру белков, необходимо обратиться к общим понятиям, введеннымприизучении полисахаридов, и описать белок как полимер, структурными звеньями которого являются остатки α-аминокислот, соединенные друг с другом пептидными связями. При этом учащиеся, зная механизм образования пептидной связи, могут уже самостоятельно сделать вывод о полярности полипептидной цепи, поскольку у одной из концевых аминокислот остается свободной α- аминогруппа (это N-конец цепи), ау другой - α-карбоксильная группа (это С-конец цепи). Следует отметить, что белок относится к биополимерам, образованным из разнокачественных структурных звеньев (в состав белков могут входить 22 вида аминокислот), поэтому при описании первичной структуры конкретного белка следует указывать порядок расположения аминокислот в его молекуле. Затем можно перейти к характеристике вторичной структуры белков, обратив внимание учащихся на общность такого принципа встроении биополимеров, как спирализация, обеспечивающая их компактную упаковку в клетке. При этом следует особо подчеркнуть, что в спираль свернут полипептидный остов, а связанные с ним радикалы располагаются снаружи, вне спирали. Кроме того, необходимо обратить внимание учащихся на то*,* что у всех белков полипептидный остов одинаков, вследствие чего одинаковы и параметры спирали, такие как шаг, угол наклона, диаметр и др. На один виток такой спирали приходится 3,6 аминокислотных остатка, шаг спирали составляет 0,54 нм, диаметр 1,0 нм. Для того, чтобы учащиеся убедились в том, что ковалентные остовы всех белков одинаковы, независимо от химических особенностей входящих в белок аминокислот, можно дать им задание составить структурные формулы пептидов (например, трипептидов: глицил-серил-аланин и цистеинил-тирозил-лизин) и затем сравнить строение их ковалентного остова**.** Затем ученикам предлагаетсясамостоятельно охарактеризовать белки, используя таблицу 2:

Таблица 2.

|  |  |
| --- | --- |
| Структурная характеристика белка | |
| Структурное звено | α,L-аминокислоты |
| Химическая природа ковалентного остова | пептидный остов из атомов α-амино- и α-карбоксильных групп и из α-углеродных атомов |
| Тип связи в ковалентном остове | пептидная |
| Химическая природа радикалов | радикалы аминокислот |
| Полярность | N- и С-концы |
| Вторичная структура | спираль |

При изучении нуклеиновых кислот необходимо вначале дать описание мононуклеотидов как структурных звеньев, подчеркнув, что в состав нуклеиновых кислот входят только нуклеозид-5-фосфаты с азотистыми основаниями в кето-форме. Здесь же следует отметить, что такие нуклеотиды сходны по строению с АТФ (аденозинтрифосфорная кислота), играющей важную роль в таких физиологических процессах, как мышечное сокращение, перемещение подвижных клеток, в высшей нервной деятельности. После этого можно описать нуклеиновую кислоту как «полимер, структурными звеньями которого являются мононуклеотиды, соединенные фосфодиэфирными связями». Прежде чем разбирать механизм реакции образования нуклеиновых кислот, удобно ввести общее схематическое изображение молекул мононуклеотидов.



При образовании нуклеиновых кислот мононуклеотиды соединяются фосфодиэфирными связями, которые замыкаются между остатком сахара одного мононуклеотида и остатком фосфорной кислоты другого:



Таким образом в молекулах нуклеиновых кислот ковалентный остов образован чередующимися остатками сахара и фосфорной кислоты, а связанные с остовом азотистые основания будут играть роль радикалов.

При данном типе связи на одном конце сахаро-фосфатного остова всегда будет находиться остаток сахара («сахарный» конец), а на другом - остаток фосфорной кислоты («фосфатный» конец), т.е. цепи нуклеиновых кислот являются полярными, как и цепи полисахаридов и белков.

На основе введенной общей формы записи для молекулы нуклеиновой кислоты можно показать различия между РНК и ДНК, которые проявляются в типе сахара и в наборе азотистых оснований.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Компоненты нуклеиновых кислот | РНК | ДНК |
| Сахар | Рибоза | Дезоксирибоза |
| Азотистые основания | Аденин(А)  Гуанин (Г)  Цитозин (Ц)  Урацил (У) | Аденин (А)  Гуанин (Г)  Цитозин (Ц)  Тимин (Т) |

Кроме того, молекулы РНК и ДНК различаются по числу цепей. Молекула РНК состоит из одной цепи, и схема ее строения может быть записана как



Молекула ДНК состоит из двух цепей. Цепи ДНК являются антипараллельными (противоположно ориентированными) и связаны друг с другом за счет взаимодействия комплементарных оснований: аденин соединяется водородными связями с тимином, а гуанин - с цитозином.

Таким образом, схема строения ДНК имеет вид:



При формировании вторичной структуры молекулы нуклеиновых кислот образуют специфические пространственные конфигурации, в основе которых лежит спираль.

Молекула ДНК на всем своем протяжении закручивается в спираль, и поскольку она состоит из двух цепей, то получается конфигурация типа винтовой лестницы, называемая «двойной спиралью».

Одноцепочечные молекулы РНК на отдельных участках складываются так, что друг против друга оказываются комплементарные основания, т.е. образуются пары А-У и Г-Ц. Такие участки спирализуются по аналогии с двухцепочечной молекулой ДНК:



Следует обратить внимание учащихся на то, что строение ковалентного сахаро-фосфатного остова одинаково в пределах каждого типа нуклеиновых кислот, из чего следует, что спирали каждого типа (РНК и ДНК) имеют одинаковые параметры. Так, диаметр двойной спирали ДНК равен 1,8 нм, а в одном витке укладывается 10 нуклеотидных остатков.

Здесь же можно отметить и принципиальное отличие спиралей белков и нуклеиновых кислот. Если в белках радикалы (остатки аминокислот) располагаются снаружи от спирали, то в нуклеиновых кислотах радикалы (азотистые основания) находятся внутри спирали и образуют комплементарные пары («ступени винтовой лестницы»).

После объяснения учителя ученикам предлагается самостоятельно заполнить таблицу 3, которая должна иметь вид:Таблица 3.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Структурная характеристика | Нуклеиновые кислоты | |
| нуклеиновых кислот | РНК | ДНК | |
| Структурное звено | Рибомононуклеотиды на основе А,Г,Ц,У. | Дезоксирибомононуклеотиды на основе А, Г, Ц, Т. | |
| Химическая природа ковалентного остова | Полинуклеотидный остов из атомов рибозы и фосфорной кислоты. | Полинуклеотидный остов из атомов дезоксирибозы и фосфорной кислоты | |
| Тип связи в ковалентном остове | Фосфодиэфирная | | |
| Химическая природа радикалов | Пуриновые (А,Г) и пиримидиновые (Ц,У) основания | Пуриновые (А,Г) и пиримидиновые (Ц,Т) основания | |
| Полярность | Сахарные и фосфатные концы | | |
| Вторичная структура | Двойная спираль из одноцепочной молекулы. | Двойная спираль из двух антипараллельных цепей. | |

Таким образом, первая ступень обобщения в ходе изучения отдельных классов соединений достигается на основе единого подхода в описании их структуры с использованием единой терминологии. Предлагаемые на этом этапе таблицы для заполнения выполняют роль алгоритмического предписания, непосредственно управляя познавательной деятельностью школьников и развивая умение конкретизировать общие понятия и представления применительно к отдельным соединениям.

После изучения всех биополимеров можно перейти ко второй, высшей ступени обобщения - сформулировать общие принципы строения биополимеров. Такими общими принципами, очевидно, являются полярность и спирализация линейного ковалентного остова. Эти общие принципы имеют особый смысл, находясь в тесной связи с биологической функцией данных макромолекул, поэтому формирование у школьников глубокого и целостного знания о структуре биомолекул является необходимой основой, естественным звеном в цепи межпредметных связей.

Разработанная нами методика изучения биополимеров с использованием системного подхода активизирует мыслительную деятельность школьников, оптимизируя познавательный процесс во всех его формах - репродуктивной и творческой, развивая у них такие приемы мышления, как сравнение, абстрагирование и обобщение. Эффективность разработанной методики организации уроков по темам «Углеводы», «Белки» и «Нуклеиновые кислоты» подтверждена слушателями народного университета учителей школ Московской области.

**Литература.**

1. Филиппович Ю.Б., Основы биохимии, -М.: Высшая школа, 1985.
2. Дэвидсон Дж., Биохимия нуклеиновых кислот, -М.: Мир, 1986.
3. Ленинджер А., Биохимия, -М.: Мир, 1974.
4. Степаненко Б.Н., Химия и биохимия углеводов, -М.:, Высшая школа, 1977.