**Лекция №10**

**Тема «Углеводы»**

План:

1. Понятие об углеводах. Классификация углеводов.
2. Моносахариды
3. Дисахариды
4. Полисахариды

*Конспект лекции*

**1.** **Понятие об углеводах. Классификация углеводов.**

**Углеводы**  - обширный класс природных соединений, которые играют важную роль в жизни человека, животных и растений.

Название «углеводы» эти соединения получили потому, что состав многих из них выражается общей формулой Сn(H2O)m, т.е. формально являются соединениями углерода и воды. С развитием химии углеводов обнаружены соединения, состав которых не отвечает приведенной формуле, но обладающие свойствами веществ своего класса (например, дезоксирибоза С5Н10О4). В то же время есть вещества, соответствующие общей формуле углеводов, но не проявляющие их свойства (например, спирт инозит С6Н12О6).

**Классификация углеводов**

Все углеводы можно разделить на две группы: **простые углеводы (моносахариды) и сложные углеводы.**

**Простые углеводы (моносахариды)** – это простейшие углеводы, не гидролизующиеся с образованием более простых углеводов.

**Сложные углеводы** – это углеводы, молекулы которых состоят их двух или более числа остатков моносахаридов и разлагаются на эти моносахариды при гидролизе.

**2. Моносахариды**

Моносахариды представляют собой соединения со смешанными функциями. Они содержат альдегидную или кетогруппу и несколько гидроксильных групп, т.е. являются *альдегидоспиртами или кетоноспиртами*.

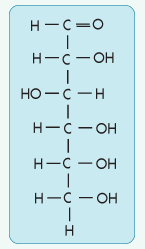
Моносахариды с альдегидной группой называются *альдозами,* а с кетогруппой – *кетозами.*

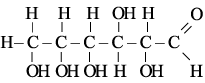
По числу углеродных атомов в молекуле моносахариды делятся на *тетрозы, пентозы, гексозы* и т.д.

Наибольшее значение среди моносахаридов имеют гексозы и пентозы.

**Структура моносахаридов**

Для изображения строения моносахаридов используют проекционные *формулы Фишера.* В формулах Фишера цепь углеродных атомов располагается в одну цепь. Нумерация цепи начинается с атома альдегидной группы (в случае альдоз) или с крайнего атома углерода, к которому ближе расположена кетогруппа (в случае кетоз).





В зависимости от пространственного расположения атомов Н и ОН-групп у 4-ого атома углерода у пентоз и 5-ого атома углерода у гексоз моносахариды относят к D – или L – ряду.

Моносахарид относят к D – ряду, если ОН-группа у этих атомов располагается справа от цепи.

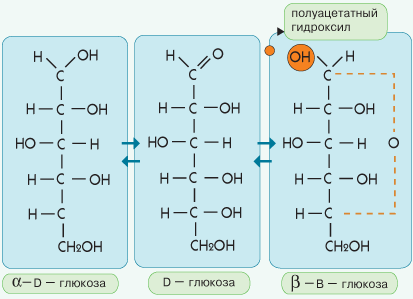
Почти все встречающиеся в природе моносахариды относятся к D – ряду.

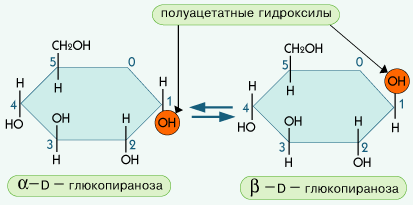
Однако моносахариды могут существовать также в циклических формах. Циклические формы гексоз и пентоз называют соответственно пиранозными и фуранозными.

В растворах моносахаридов устанавливается подвижное равновесие между ациклической и циклической формами – *таутомерия.*

Циклические формы принято изображать *перспективными формулами Хеуорса.*

В циклических формах моносахаридов появляется асимметрический атом углерода (С-1 у альдоз, С-2 у кетоз). Этот атом углерода называется *аномерным.* Если группа ОН у аномерного атома располагается под плоскостью, то образуется α–аномер, противоположное расположение приводит к образованию β-аномера.





**Физические свойства**

Бесцветные кристаллические вещества, сладкие на вкус, хорошо растворимые воде, плохо растворимые в спирте. Сладость моносахаридов различна. Например, фруктоза слаще глюкозы в 3 раза.

**Химические свойства**

Химические свойства моносахаридов обусловлены особенностями их строения.

Рассмотрим химические свойства на примере глюкозы.

1. Реакции с участием альдегидной группы глюкозы

а) *восстановление (гидрирование)* с образованием многоатомного спирта сорбита

СН=О СН2ОН

│ kat, t0 │

(СНОН)4  + Н2 → (СНОН)4

│ │

СН2ОН СН2ОН

б) окисление

*реакция «серебряного зеркала»( с аммиачным раствором оксида серебра,t0),*

*реакция с гидроксидом меди (II) Cu(OH)2 в щелочной среде,t0)*

CH=O COOH

│ NH4OH, t0 │

(CHOH)4 + Ag2O → (CHOH)4

│ │

CH2OH CH2OH

Продуктом окисления является глюконовая кислота (соль этой кислоты – глюконат кальция – известное лекарственное средство).

CH=O COOH

│ t0  │

(CHOH)4  + 2Cu(OH)2 → (CHOH)4 + Cu2O↓ + 2H2O

│ голубой │ кирпично-красный

CH2OH CH2OH

Эти реакции являются качественными на глюкозу как альдегид.

Под действием сильных окислителей (например, азотной кислоты) образуется двухосновная глюкаровая кислота.

CH=O COOH

│ t0  │

(CHOH)4  + HNO3 → (CHOH)4

│ │

CH2OH COOH

2. Реакция глюкозы с участием гидроксильных групп (т.е. свойства глюкозы как многоатомного спирта)

а) *взаимодействие с*  *Cu(OH)2 на холоду* с образованием глюконата меди (II) – качественная реакция на глюкозу как многоатомный спирт.

3. Брожение (ферментация) моносахаридов

а) *спиртовое брожение*

С6Н12О6 → 2С2Н5ОН + 2СО2

б) *маслянокислое брожение*

С6Н12О6 → СН3 ─СН2 ─СН2 ─СООН + 2Н2↑ + 2СО2↑

в) *молочнокислое брожение*

С6Н12О6 → 2СН3 ─ СН ─ СООН

│

ОН

**Биологическая роль глюкозы и фруктозы**

D-глюкоза (виноградный сахар) широко распространена в природе: содержится в винограде и других плодах, в меде. Она является обязательным компонентом крови и тканей животных и непосредственным источником энергии для клеточных реакций. Уровень глюкозы в крови человека постоянен и находится в пределах 0,08-0,11%. Во всем объеме крови взрослого человека содержится 5-6 г. глюкозы. Такого количества достаточно для покрытия энергетических затрат организма в течение 15 мин.его жизнедеятельности. При некоторых патологиях, например, при заболевании сахарным диабетом, содержание глюкозы в крови повышается, и избыток её выводится с мочой. При этом количество глюкозы в моче может возрасти до 12% против обычного – 0,1%.

**3. Дисахариды**

**Дисахариды –** продукты конденсации двух моносахаридов.

Важнейшие природные представители: сахароза (тростниковый или свекловичный сахар), мальтоза (солодовый сахар), лактоза (молочный сахар), целлобиоза. Все они имеют ту же эмпирическую формулу С12Н22О11, т.е. являются изомерами.

Дисахариды – типичные сахароподобные углеводы; это твердые кристаллические вещества, имеющие сладкие вкус.

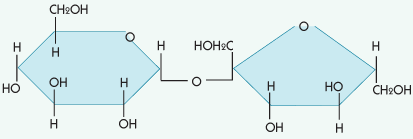
**Строение дисахаридов**

1. Молекулы дисахаридов могут содержать два остатка одного моносахарида или два остатка разных моносахаридов;

2. Связи, образующиеся между остатками моносахаридов, могут быть двух типов:

а) в образовании связи принимают участие полуацетальные гидроксилы обеих молекул моносахаридов. Например, образование молекулы сахарозы;

б) в образовании связи принимают участие полуацетальный гидроксил одного моносахарида и спиртовый гидроксил другого моносахарида. Например, образование молекул мальтозы, лактозы и целлобиозы.



**Химические свойства дисахаридов**

1. Дисахариды, в молекулах которых сохраняется полуацетальный гидроксил (мальтоза, лактоза, целлобиоза), в растворах частично превращаются в открытые альдегидные формы и вступают в реакции, характерные для альдегидов, в частности в реакцию «серебряного зеркала» и с гидрокисдом меди (II). Такие дисахариды называют *восстанавливающими.*

Дисахариды, в молекулах которых нет полуацетального гидроксила (сахароза) не могут переходить в открытые карбонильные группы. Такие дисахариды называются *невосстанавливающими* (не восстанавливают Cu(OH)2 и Ag2O).

2. Все дисахариды являются многоатомными спиртами, для них характерны свойства многоатомных спиртов, они дают качественную реакции на многоатомные спирты – реакция с Cu(OH)2 на холоду.

3. Все дисахариды гидролизуются с образованием моносахаридов:

Н+, t0

С12Н22О11 + Н2О → С6Н12О6 + С6Н12О6

сахароза глюкоза фруктоза

В живых организмах гидролиз идет под действием ферментов.

**4. Полисахариды**

**Полисахариды** – высокомолекулярные несахароподобные углеводы, содержащие от десяти до сотен тысяч остатков моносахаридов (обычно гексоз), связанных гликозидными связями.

Важнейшие природные представители: крахмал, гликоген, целлюлоза. Это природные полимеры (ВМС), мономером которого является глюкоза. Их общая эмпирическая формула (С6Н10О5)n.

**Крахмал** – аморфный порошок белого цвета, без вкуса и запаха, плохо растворим в воде, в горячей воде образует коллоидный раствор. Макромолекулы крахмала построены из большого числа остатков α-глюкозы, связанных α-1,4-гликозидными связями.

Крахмал состоит из двух фракций: амилозы (20-30%) и амилопектина (70-80%).

Молекулы амилозы – очень длинные неразветвленные цепи, состоящие из остатков α-глюкозы. Молекулы амилопектина в отличие от амилозы сильно разветвлены.





**Химические свойства крахмала:**

*1. гидролиз*

+Н2О, ферменты

(С6Н10О5)n → (С6Н10О5)m → С12Н22О11 → n C6H12O6

крахмал декстрины мальтоза глюкоза

Реакцию превращения крахмала в глюкозу при каталитическом действии серной кислоты открыл в 1811 г. русский ученый К. Кирхгоф.

*2. Качественная реакция на крахмал*

(С6Н10О5)n + I2 → комплексное соединение сине-фиолетового цвета.

При нагревании окрашивание исчезает (комплекс разрушается), при охлаждении появляется вновь.

Крахмал – один из продуктов фотосинтеза, главное запасное питательное вещество растений. Остатки глюкозы в молекулах крахмала соединены достаточно прочно и в тоже время под действием ферментов легко могут отщепляться. Как только возникнет потребность в источнике энергии.

*Гликоген* – это эквивалент крахмала, синтезируемый в животном организме, т.е. это тоже резервный полисахарид, молекулы которого построены из большого числа остатков α-глюкозы. Содержится гликоген главным образом в печени и мышцах.

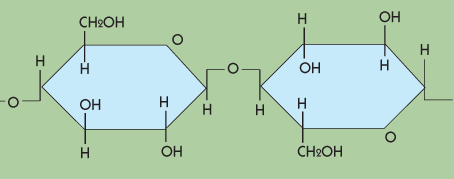
**Целлюлоза или клетчатка**

Главная составная часть растительной клетки, синтезируется в растениях (в древесине до 60% целлюлозы). Чистая целлюлоза – белое волокнистое вещество, без вкуса и запаха, нерастворимое в воде.

Молекулы целлюлозы – это длинные цепи, состоящие из остатков β-глюкозы, которые соединяются за счет образования β-1,4-гликозидных связей.

В отличие от молекул крахмала целлюлоза состоит только из неразветвленных молекул в виде нитей, т.к. форма остатков β-глюкозы исключает спирализацию.

Целлюлоза не является продуктом питания человека и большинства животных, т.к. в их организмах нет ферментов, расщепляющих более прочные β-1,4-гликозидные связи.



**Химические свойства целлюлозы:**

*1. гидролиз*

При длительном нагревании с минеральными кислотами или под действием ферментов (у жвачных животных и кроликов) идет ступенчатый гидролиз:

+Н2О

(С6Н10О5)n → y (С6Н10О5)x  → n/2 С12Н22О11 → n C6H12O6

целлюлоза целлобиоза β-глюкоза

*2. образование сложных эфиров*

а) взаимодействие с неорганическими кислотами

б) взаимодействие с органическими кислотами

*3. горение*

(С6Н10О5)n +6nO2 → 6nCO2 +5nH2O

*4. термическое разложение целлюлозы без доступа воздуха:*

t0

(С6Н10О5)n → древесный уголь +Н2О +летучие органические вещества

Являясь составной часть древесины, целлюлоза используется в строительном и столярном деле; как топливо; из древесины получают бумагу, картон, этиловый спирт. В виде волокнистых материалов (хлопок, лен) целлюлоза используется для изготовления тканей, нитей. Эфиры целлюлозы идут на изготовление нитролаков, пластмасс, медицинского коллодия, искусственного волокна.

**Контрольные вопросы для закрепления:**

1. Какие реакции доказывают, что глюкоза является альдегидоспиртом?
2. Почему фруктоза не дает реакции «серебряного зеркала»?

**Рекомендуемая литература**

- обязательная;

1. Ерохин Ю.М. Химия. Учебник для студ. Сред проф.образ.-М.: Академия, 2006.

Гл. 24, с 338- 345.

- дополнительная;

1. Артеменко А.И. Органическая химия.: Изд. 2-е, испр. – М.: Высшая школа, 2001 –536 с.

- электронные ресурсы.

1. Открытая химия: полный интерактивный курс химии для уч-ся школ, лицеев, гимназий, колледжей, студ. технич.вузов: версия 2.5-М.: Физикон, 2006.
2. КонТрен - Химия для всех. Учебно-информационный сайт. Студентам ХФ, учителям химии, школьникам и абитуриентам URL: <http://kontren.narod.ru/>
3. Химкабинет. Сайт для учителей, учащихся и их родителей. URL:[http://midakva.ucoz.ru/](http://www.uchportal.ru/dir/0-0-1-83-20" \t "_blank)