

# Органическая химия

## Углеводы (сахара)

# Углеводы

**Углеводы** являются органическими соединениями, содержащим **альдегидную или кетонную группу и несколько спиртовых групп.**



**Название «УГЛЕВОДЫ»** объясняется тем, что в первых изученных соединениях этого класса, соотношение числа атомов кислорода и водорода оказалось, как и в молекуле воды – 2:1

Их химические свойства близки к свойствам оксикетонов или оксиальдегидов



# Классификация углеводов

## УГЛЕВОДЫ

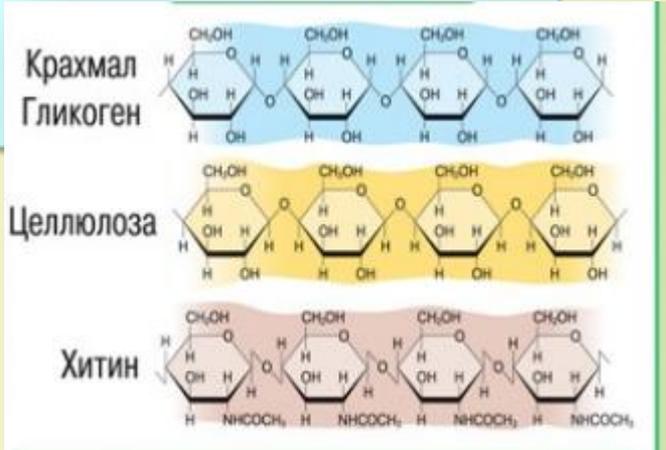
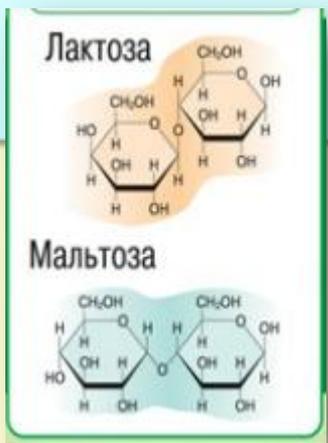
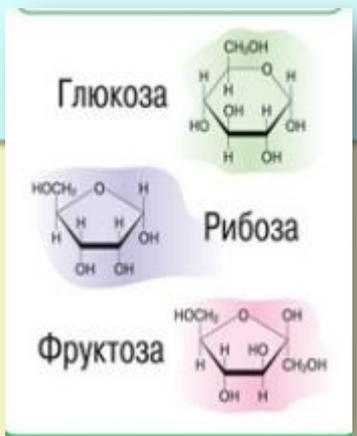
не гидролизуются

гидролизуются в кислой среде

**моносахариды**  
 $C_nH_{2n}O_n$   
 $n = 3-10$

**олигосахариды**  
 $(C_6H_{10}O_5)_n$   
 $n < 10$

**полисахариды**  
 $(C_6H_{10}O_5)_n$   
 $n > 10$



# Классификация углеводов



## Углеводы (сахариды)

**Простые**

**Сложные**

**Моносахариды**

**Дисахариды  
(олигосахариды)**

**Полисахариды**

**Глюкоза**

**Фруктоза**

**Сахароза**

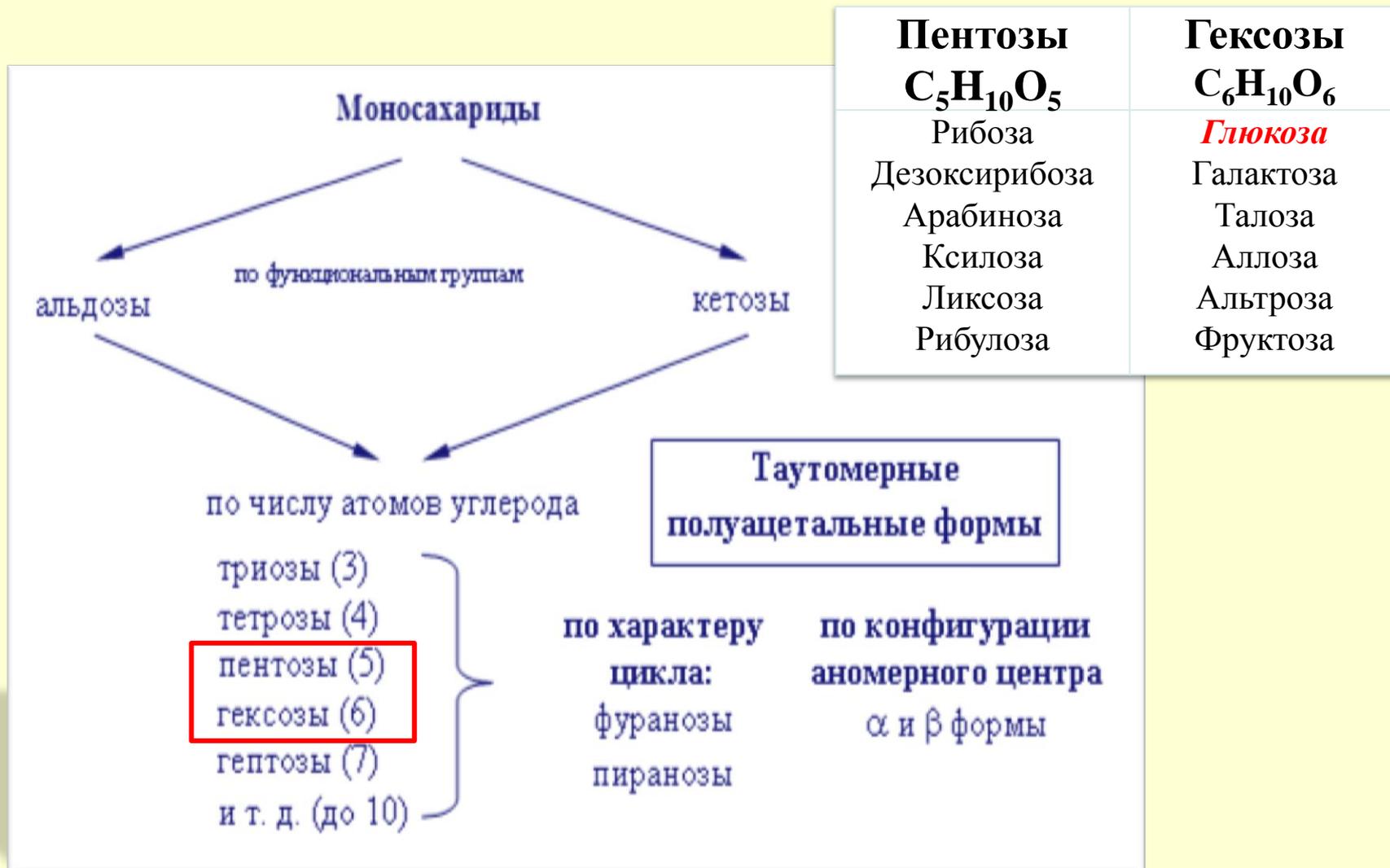
**Крахмал**

**Целлюлоза**

**Рибоза**

# Моносахариды

Моносахариды (монозы) — углеводы, неспособные подвергаться кислотному гидролизу с образованием более простых сахаров.



# Моносахариды



## Глюкоза $C_6H_{12}O_6$



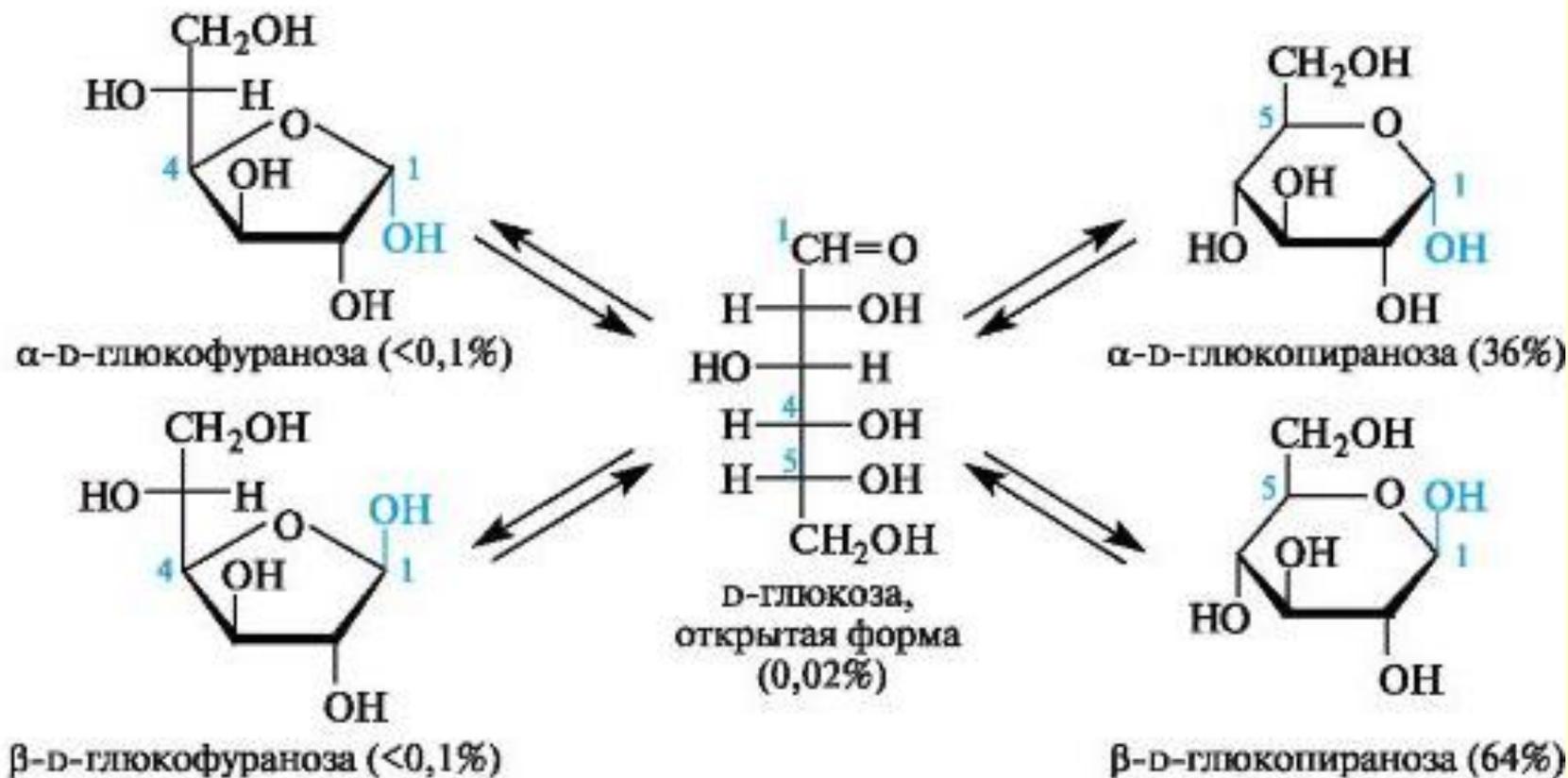
Глюкоза существует в трех формах, способных переходить одна в другую: открытой (альдегидной) форме и двух циклических формах – пятичленной (1%) и шестичленной (99%)

# Моносахариды



## Глюкоза $C_6H_{12}O_6$

### СХЕМА ТАУТОМЕРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ D-ГЛЮКОЗЫ

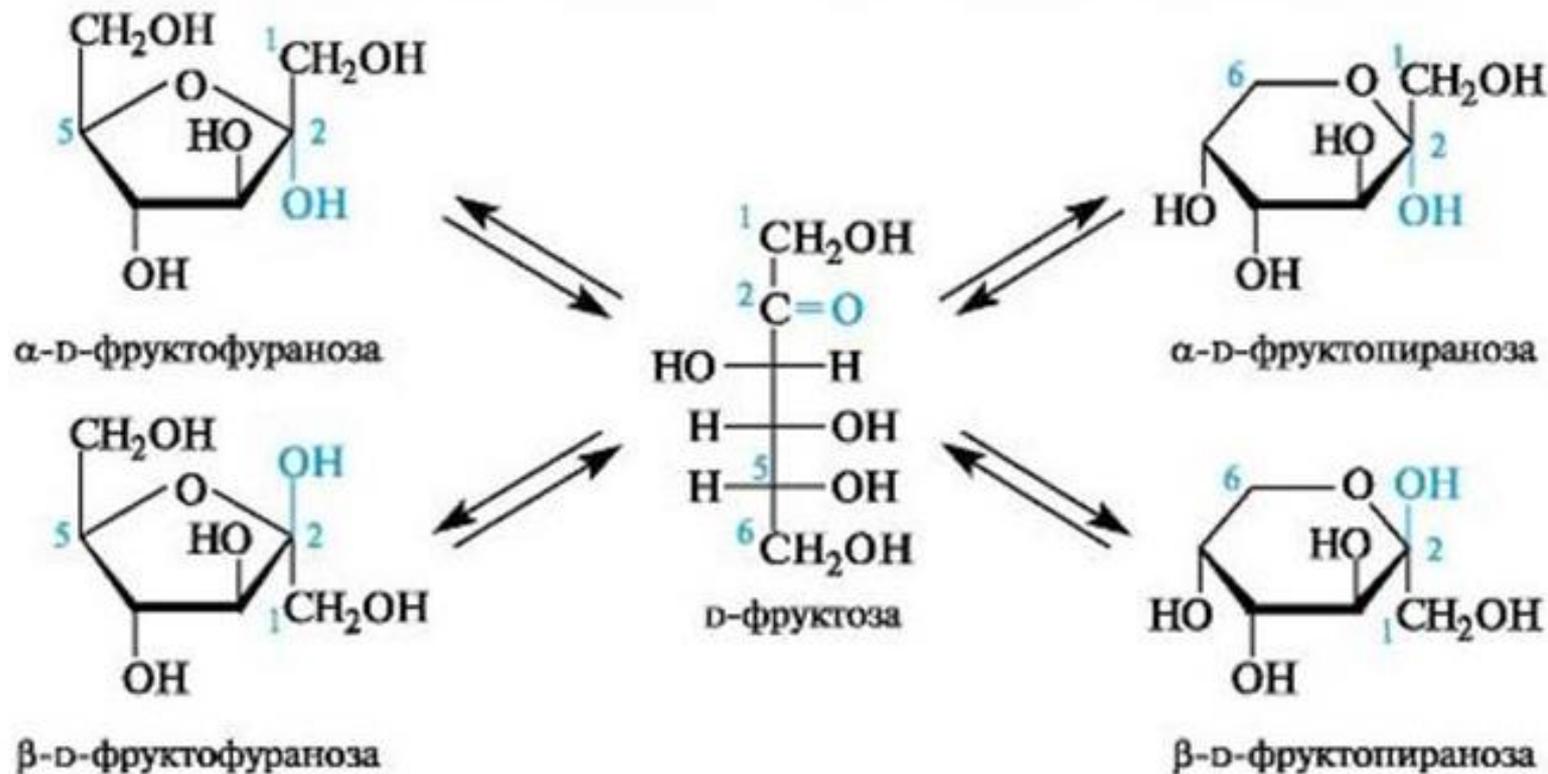


# Моносахариды



## Фруктоза $C_6H_{12}O_6$

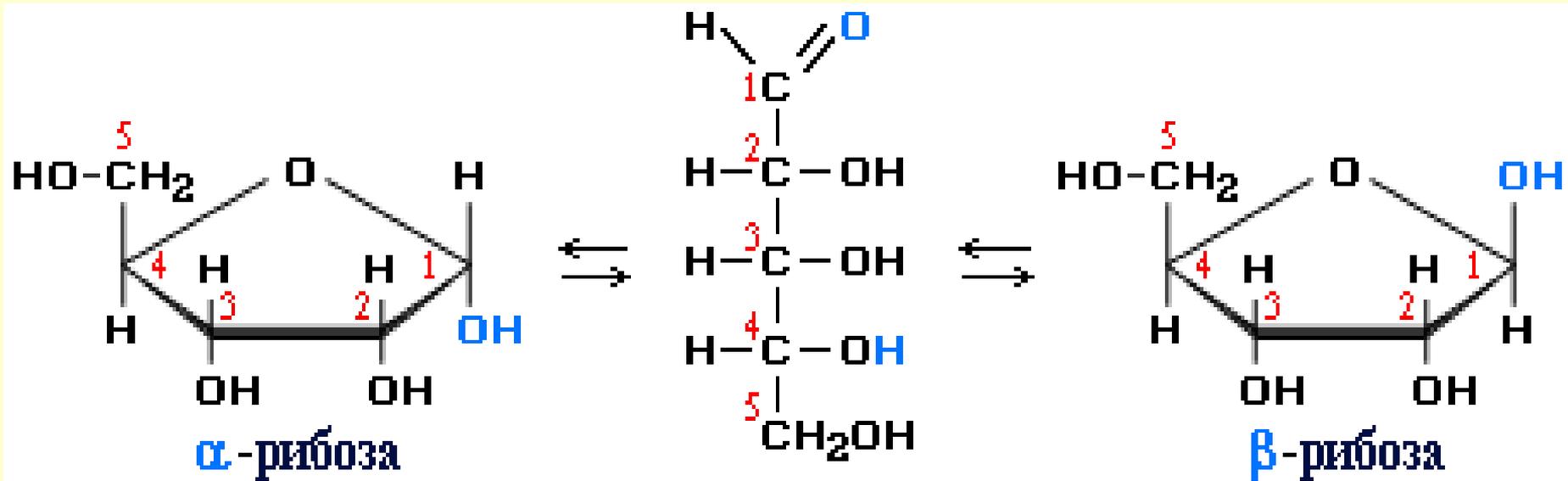
### СХЕМА ТАУТОМЕРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ D-ФРУКТОЗЫ



Равновесное содержание пятичленной формы фруктозы в водном растворе составляет 20%. Равновесие таких форм может наблюдаться только в водном растворе

# Моносахариды

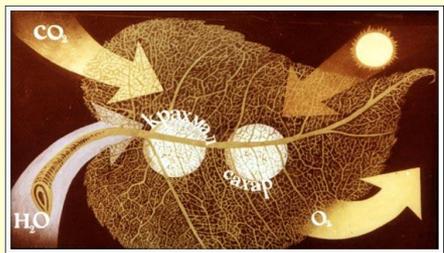
**Рибоза** также в результате взаимодействия карбонильной группы с одной из гидроксильных групп может существовать в двух формах: линейной и циклической



В кристаллическом состоянии моносахариды имеют циклическое строение

# Моносахариды

## Методы синтеза



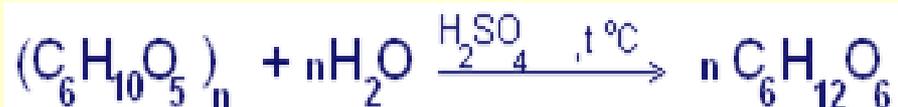
### Фотосинтез



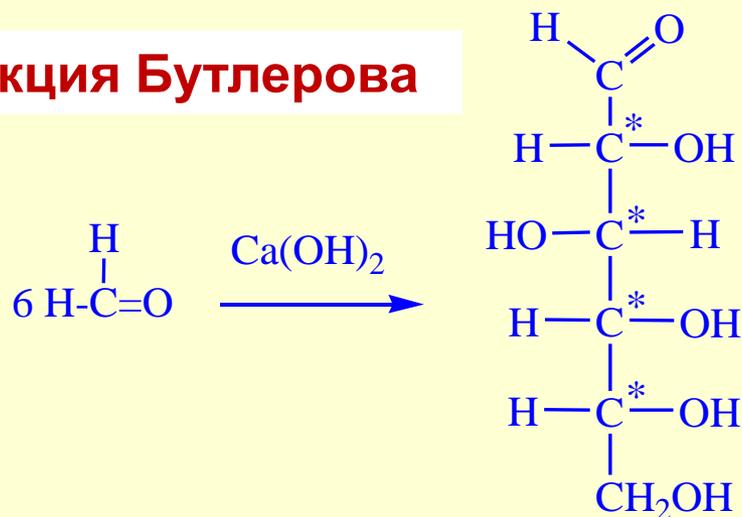
## Гидролиз ди- и полисахаридов



### Гидролиз крахмала



### Реакция Бутлерова





# Моносахариды

## Химические свойства

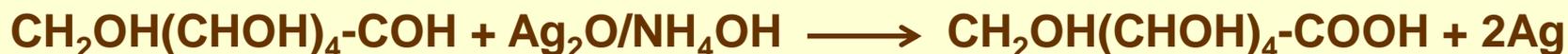
Свойства, обусловленные наличием функциональной группы

Специфические свойства

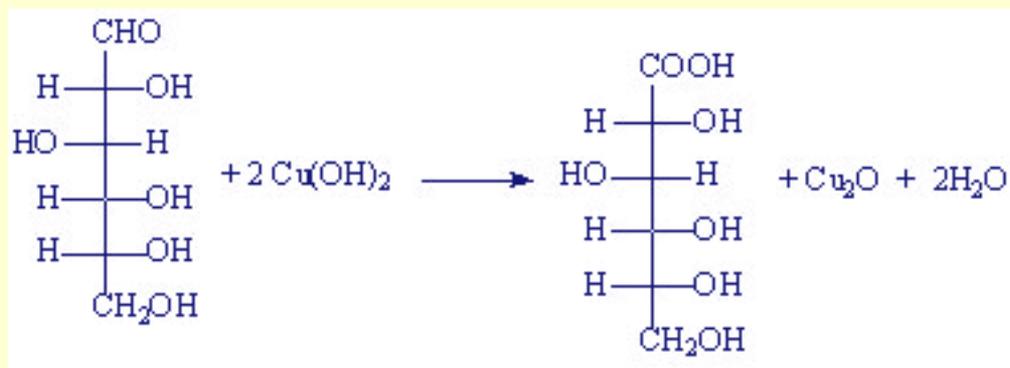
Гидроксильная групп

Альдегидная группы

### 1. Реакция “серебряного зеркала”



### 2. Окисляется гидроксидом меди (II) (с выпадением красного осадка)



# Моносахариды

## Химические свойства

Свойства, обусловленные наличием функциональной группы

Специфические свойства

Гидроксильная групп

Альдегидная группы

### 1. Брожение



а) спиртовое брожение



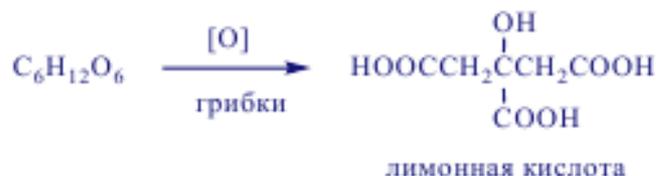
б) молочнокислое брожение (под действие молочнокислых бактерий)

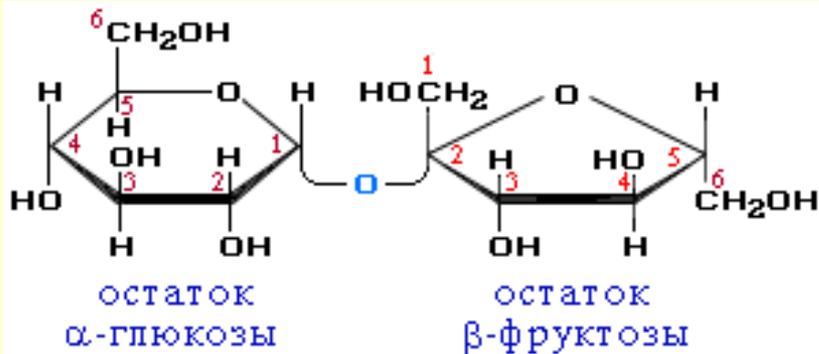


с) маслянокислое брожение

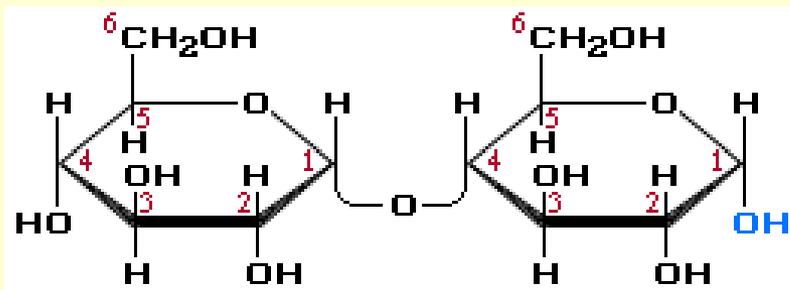


д) лимоннокислое брожение

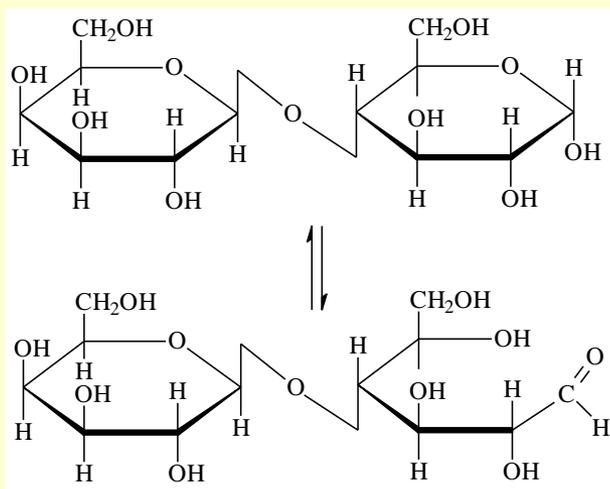




**Сахароза** - широко распространенный в природе дисахарид, который традиционно получают из сахарной свеклы или сахарного тростника



**Мальтоза** (от лат. *maltum* – солод), или солодовый сахар, присутствует в ячменных зернах, особенно во время их прорастания

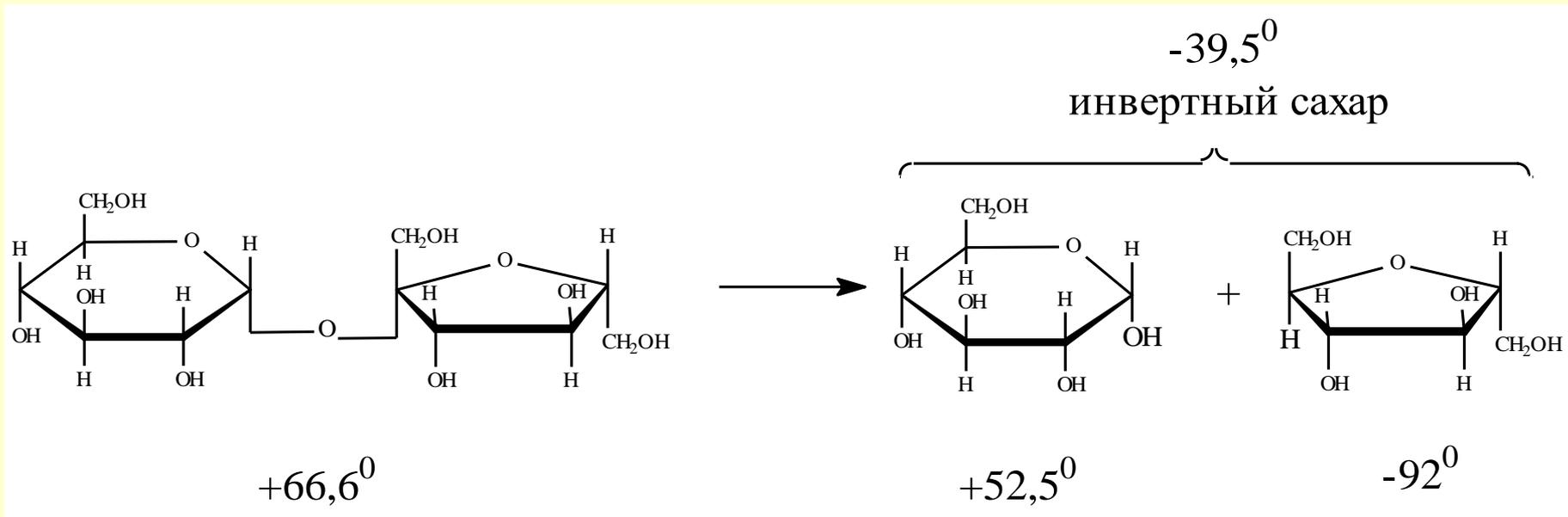


**Лактоза** (от лат. *lactum* – молоко), или молочный сахар, присутствует в молоке

# Дисахариды

## Химические свойства

### Кислотный или ферментативный гидролиз

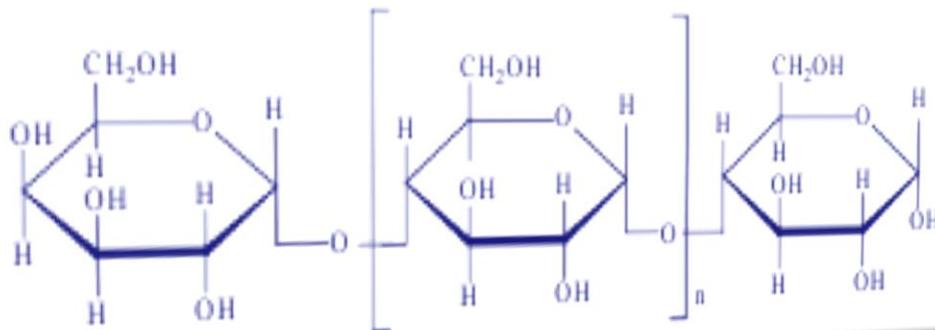


**Полисахариды** - общее название класса сложных высокомолекулярных углеводов, молекулы которых состоят из десятков, сотен или тысяч мономеров — моносахаридов

**К полисахаридам относятся, в частности:**

- **декстрин** - полисахарид, продукт гидролиза крахмала;
- **крахмал** - основной полисахарид, откладываемый как энергетический запас у растительных организмов;
- **гликоген** - полисахарид, откладываемый как энергетический запас в клетках животных организмов, но встречается в малых количествах и в тканях растений;
- **целлюлоза** - основной структурный полисахарид клеточных стенок растений;
- **галактоманнаны** - запасные полисахариды некоторых растений семейства бобовых, такие как гуар и камедь рожкового дерева;
- **глюкоманнан** - полисахарид, получаемый из клубней коньяку, состоит из чередующихся звеньев глюкозы и маннозы, растворимое пищевое волокно, уменьшающее аппетит;
- **амилоид** - применяется при производстве пергаментной бумаги.

# Крахмал



**Крахмал** состоит из 2 полисахаридов - **амилозы (20-30%)** и **амилопектина (70-80%)**, образованных остатками глюкозы.

Крахмал широко распространен в природе. Для растений он является запасом питательных веществ и содержится в основном в плодах, семенах и клубнях.

## Злаки

86%

75%

72%

24%

Рис

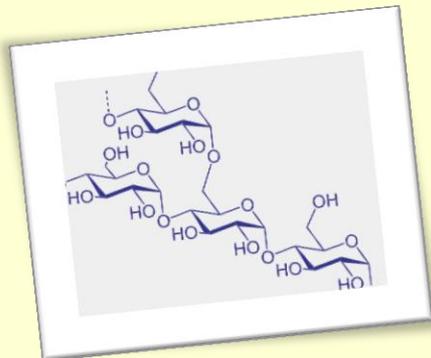
Пшеница

Кукуруза

Картофель



Безвкусный, аморфный порошок белого цвета, нерастворимый в холодной воде;  
В горячей воде набухает (растворяется), образуя коллоидный раствор - клейстер.  
Под микроскопом видно, что это зернистый порошок; при сжатии порошка крахмала в руке он издаёт характерный «хруст», вызванный трением частиц.



В воде, при добавлении кислот (разбавленная  $H_2SO_4$  и др.), крахмал постепенно гидролизуется с уменьшением молекулярной массы, с образованием т. н. «растворимого крахмала», декстринов, вплоть до глюкозы





## Качественные реакции:

Взаимодействует с иодом (окрашивание в синий цвет), образуется соединение включения.

Эту реакцию открыли в 1814 году Жан-Жак Колен (Jean-Jacques Colin) и Анри-Франсуа Готье де Клобри (Henri-François Gaultier de Claubry).

Крахмал, в отличие от глюкозы, не даёт реакции серебряного зеркала  
Подобно сахарозе, не восстанавливает гидроксид меди (II);



**Целлюлоза или клетчатка** (от лат. *cellula* – клетка) – главная составная часть оболочки растительных клеток, выполняющая функции биологического конструкционного материала

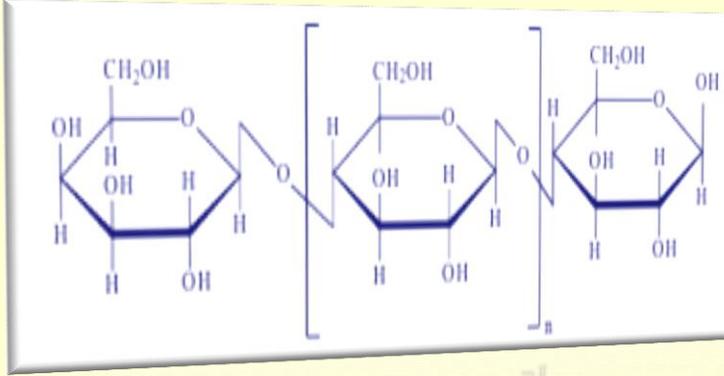
Целлюлоза была обнаружена и описана французским химиком Ансельмом Пайеном в 1838 году

**Целлюлоза** - белое твердое, стойкое вещество, не разрушается при нагревании (до 200 °С).

Является горючим веществом, температура воспламенения 275 °С, температура самовоспламенения 420 °С (хлопковая целлюлоза).

Растворима в сравнительно ограниченном числе растворителей - водных смесях комплексных соединениях гидроксидов переходных металлов (Cu, Cd, Ni) с  $NH_3$  и аминами, некоторых минеральных ( $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ) и органических (трифторуксусная) кислотах





Целлюлоза представляет собой длинные нити, содержащие 300-10 000 остатков глюкозы, без боковых ответвлений. Эти нити соединены между собой множеством водородных связей, что придает целлюлозе большую механическую прочность, при сохранении эластичности.

## Химические свойства

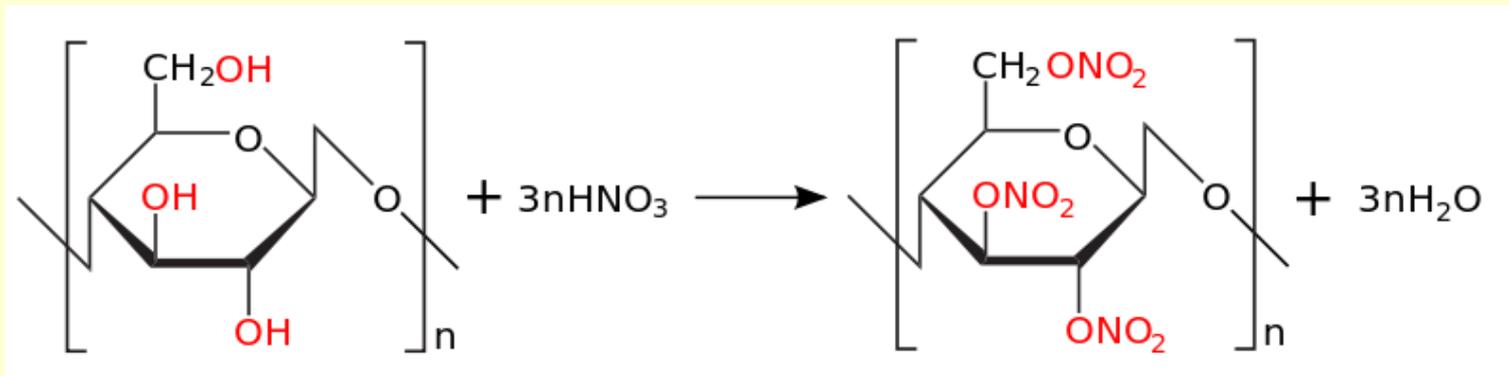
### 1. Гидролиз целлюлозы



Смесь серной кислоты с йодом, благодаря гидролизу, окрашивают целлюлозу в **синий** цвет. Один же йод - только в **коричневый** цвет

## Химические свойства

2. Нитрование целлюлозы с образованием нитроцеллюлозы  
(тринитрат целлюлозы)



3. Этерификация целлюлозы уксусной кислотой с получением триацетата целлюлозы

