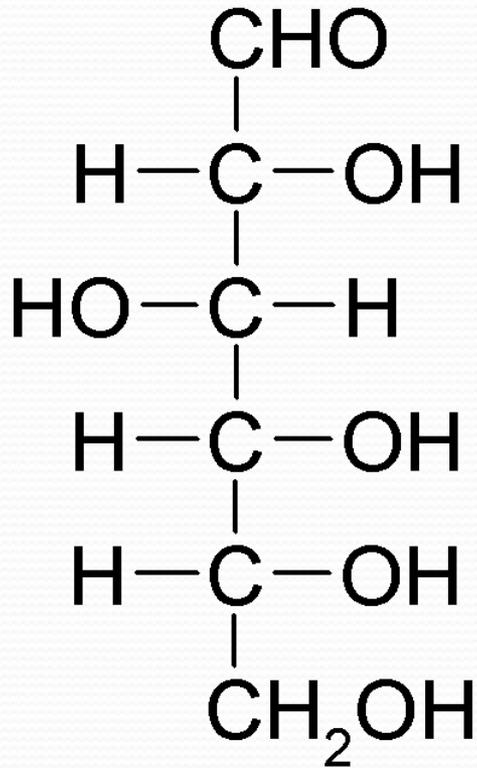


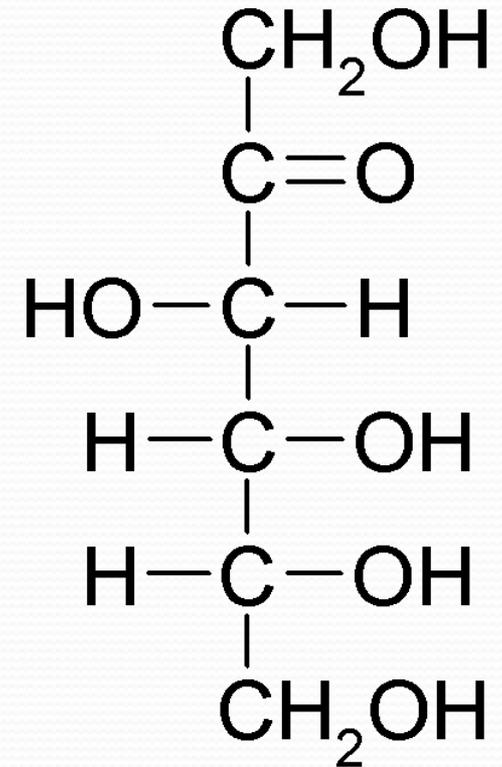
# Углеводы

## Моносахариды

- Углеводы – это полигидроксиальдегиды и полигидроксикетоны и их производные, например:



*глюкоза*  
(полигидроксиальдегид)



*фруктоза*  
(полигидроксикетон)

- Общая формула простых моносахаридов может быть представлена как  $C_n(H_2O)_m$  и поэтому ранее сахара считали гидратированными формами углерода, что объясняет этимологию слова “углевод”.
- Молекулярная формула глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  может быть представлена как  $C_6(H_2O)_6$
- англ. **Carbohydrate** происходит от carbon (углерод) и гидрат – продукт присоединения воды – от греческого υδωρ - вода

# ● Классификация углеводов

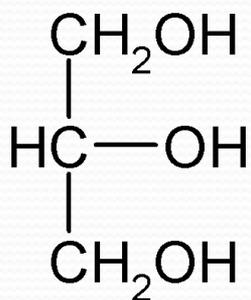
- **Моносахариды** (простые сахара, например, глюкоза)
- **Олигосахариды** (углеводы, содержащие 2-10 остатков моносахаридов, например сахароза).
- **Полисахариды** (углеводы, содержащие более 10 остатков моносахаридов, но обычно – тысячи и миллионы).

# 1. Моносахариды

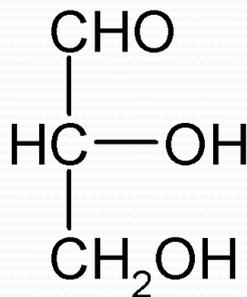
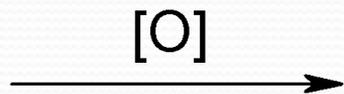
- Моносахариды – простейшие углеводы, не гидролизующиеся на более простые углеводы (греч. *μονος* – один)
- 1.1. Классификация моносахаридов
  - а) по числу атомов углерода в молекуле
    - Триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы, октозы, нонозы, декозы.
  - б) по функциональной группе
    - Альдозы – содержат альдегидную группу
    - Кетозы – содержат кетонную группу.
- Используется также совмещённая классификация, например:
  - альдопентоза – альдоза и пентоза (напр. рибоза)
  - кетогексоза – кетоза и гексоза (напр. фруктоза)

## 1.2. Номенклатура

- название D-глюкозы по номенклатуре IUPAC :  
(2R, 3S, 4R, 5R) – 2,3,4,5,6-гексагидроксигексаналь.

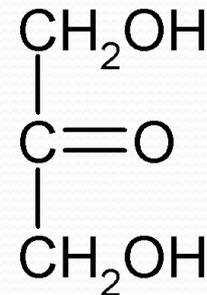


*глицерин*

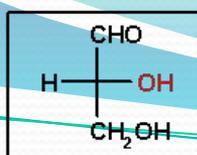


*глицериновый альдегид*

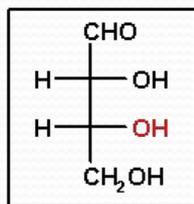
+



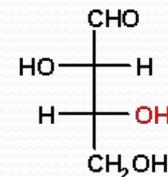
*дигидроксиацетон*



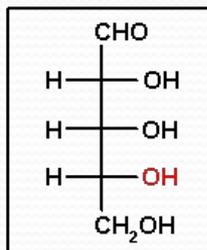
**D-глицериновый альдегид**



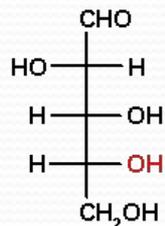
**D-эритроза**



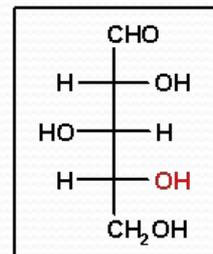
**D-треоза**



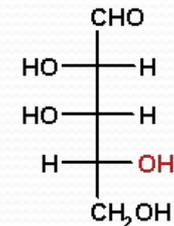
**D-рибоза**



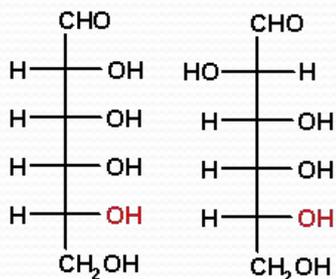
**D-арабиноза**



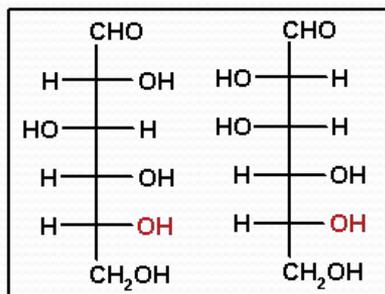
**D-ксилоза**



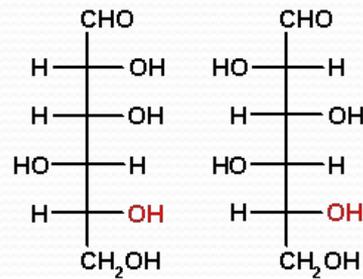
**D-Ликсоза**



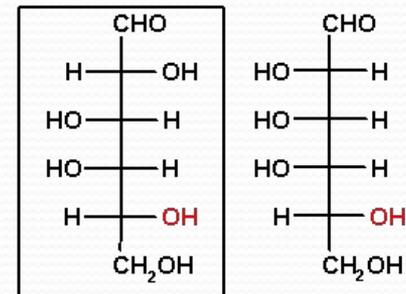
**D-аллоза D-альтроза**



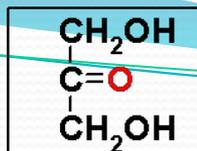
**D-глюкоза D-манноза**



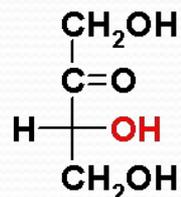
**D-гулоза D-идоза**



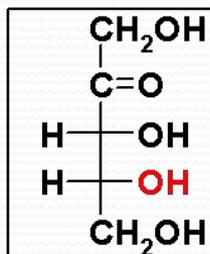
**D-галактоза D-талоза**



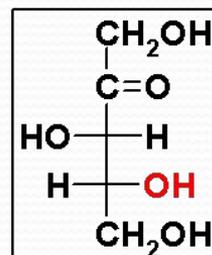
äèääöï êñèàöëï í



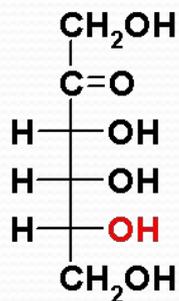
D-эритрулоза



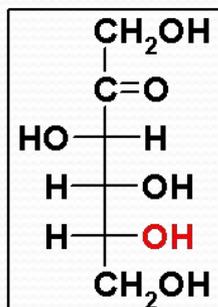
D-рибулоза



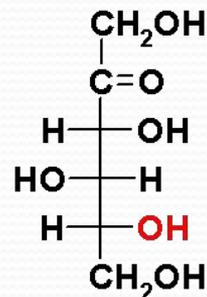
D-ксилулоза



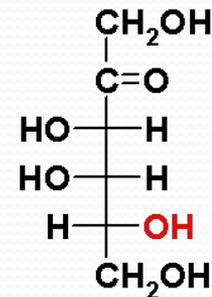
D-ï ñèêï çà



D-ô öóëï çà



D-ñî ðáí çà

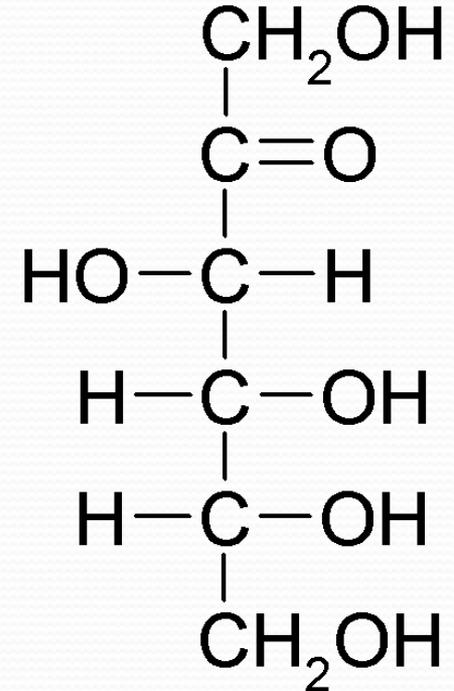
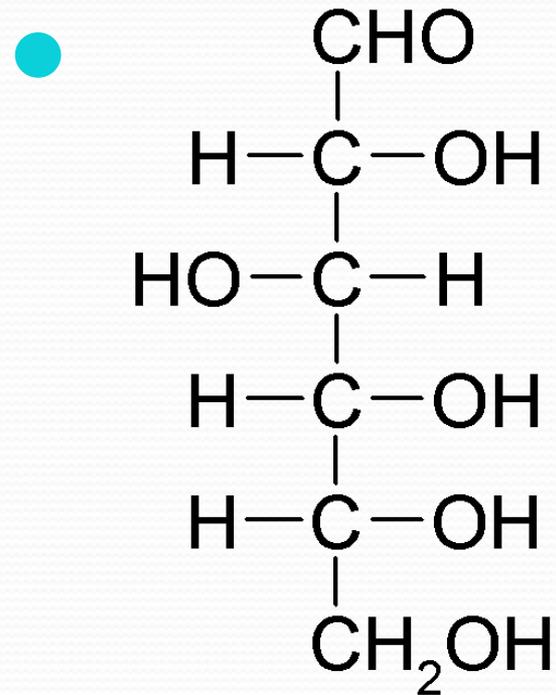


D-àãäï çà

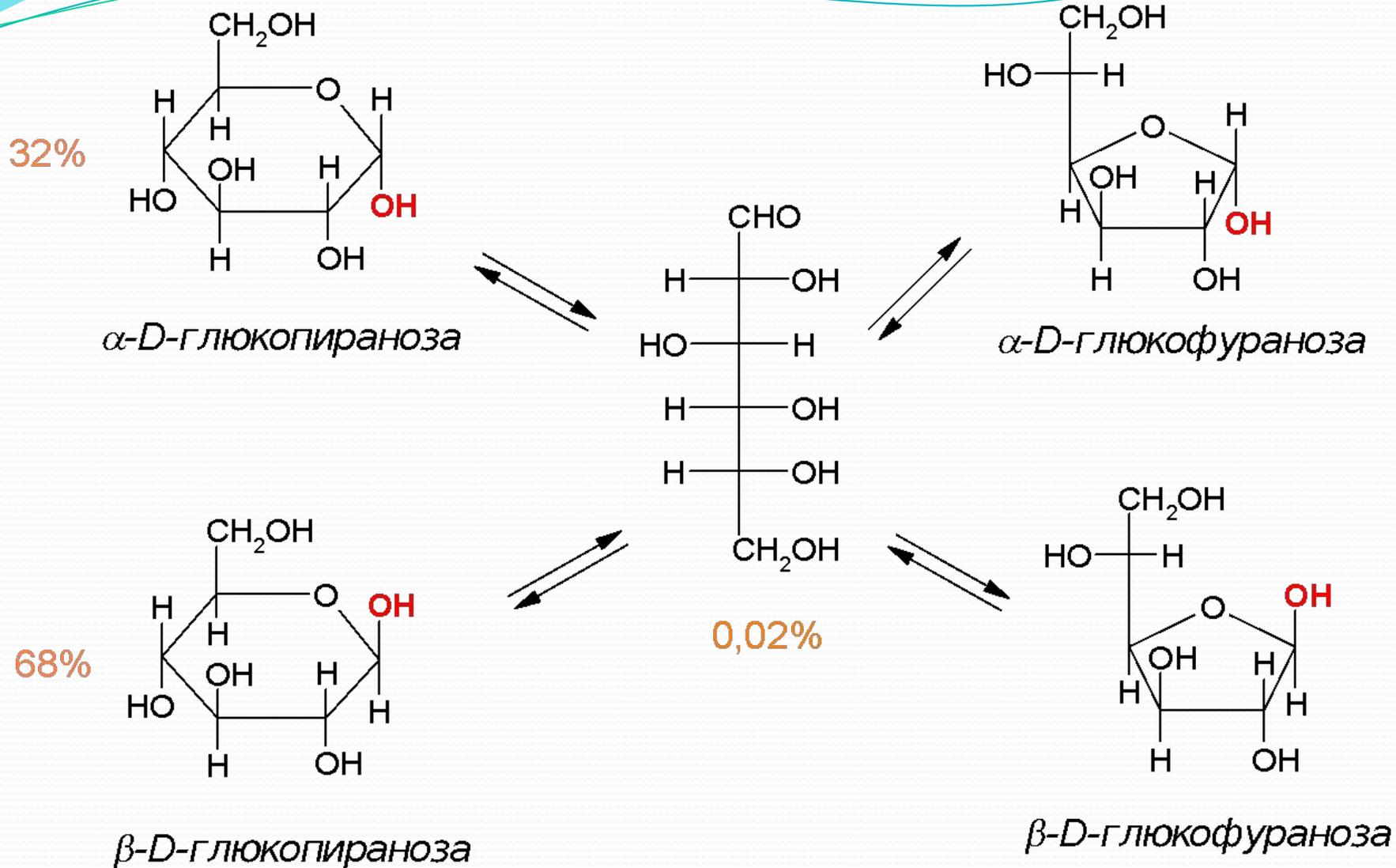
## 1.3. Изомерия

### 1.3.1. Структурная изомерия

- альдозы изомерны кетозам – глюкоза является изомером фруктозы

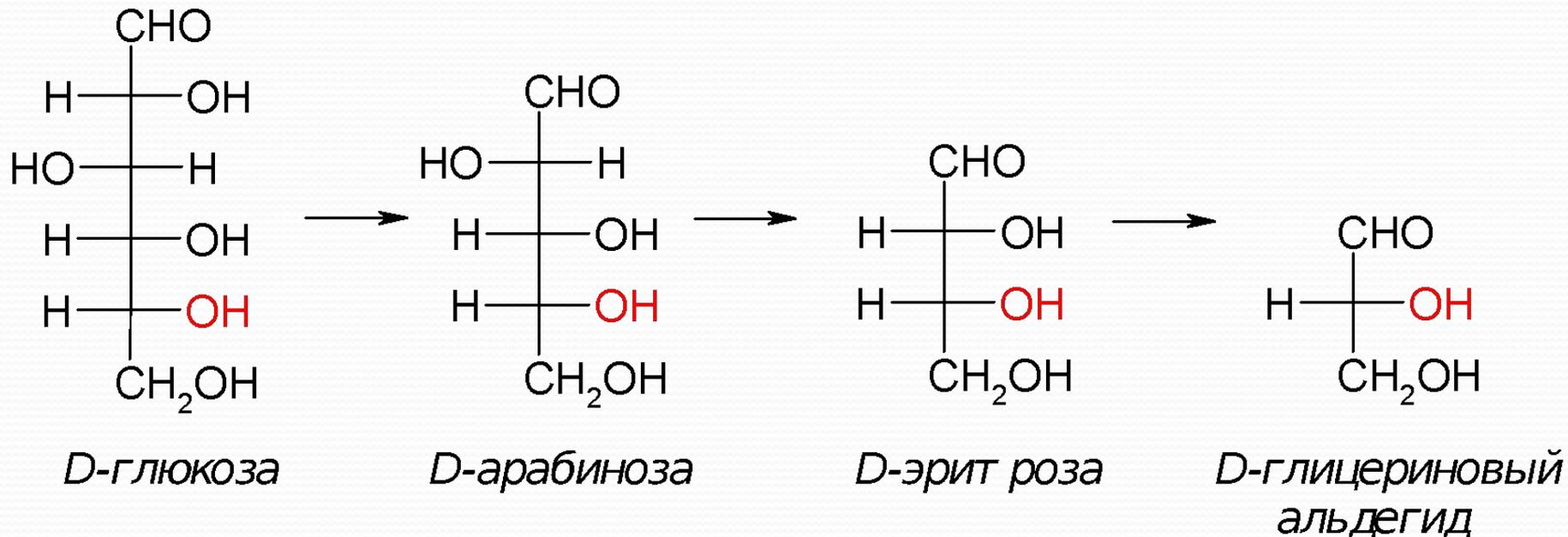


# Кольчато-цепная таутомерия: цикло-оксо таутомерия

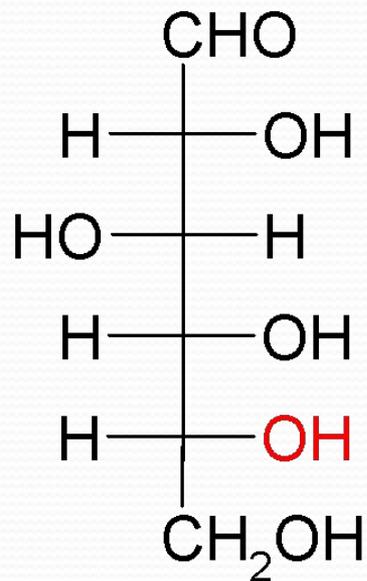


## 1.3.2. Стереизомерия

- Принадлежность к D- или L-ряду у моносахаридов определяется не по первому асимметрическому атому, а по последнему

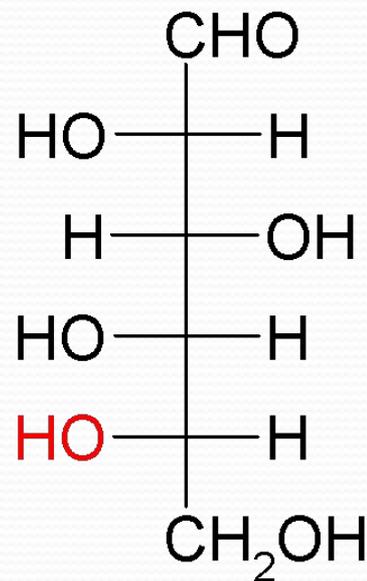


# Энантиомерия



*D-глюкоза*

$$[\alpha] = +52.5^\circ$$



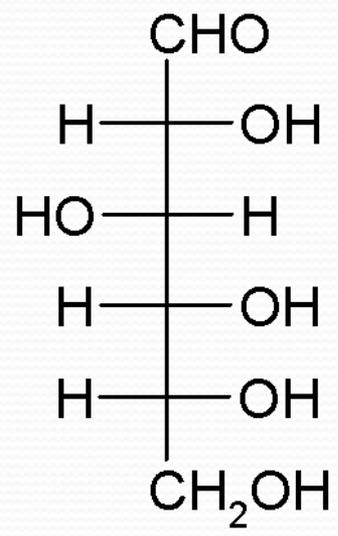
*L-глюкоза*

$$-52.5^\circ$$

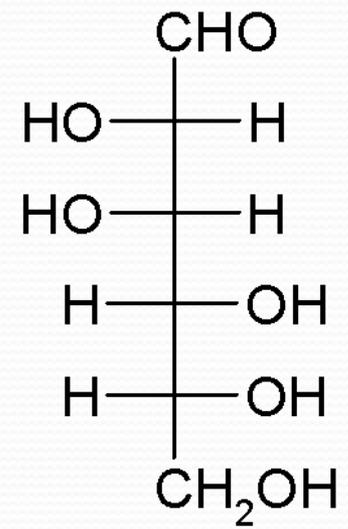
# ● Диастереомерия

эпимеры

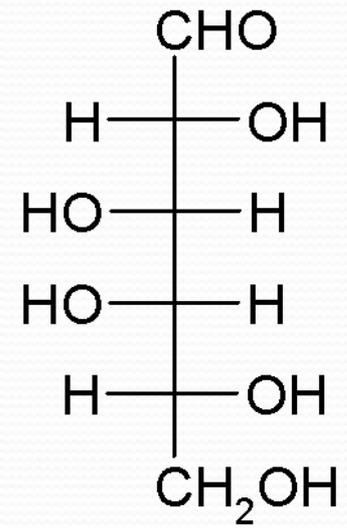
диастереомеры,  
но не эпимеры



D-глюкоза



D-манноза

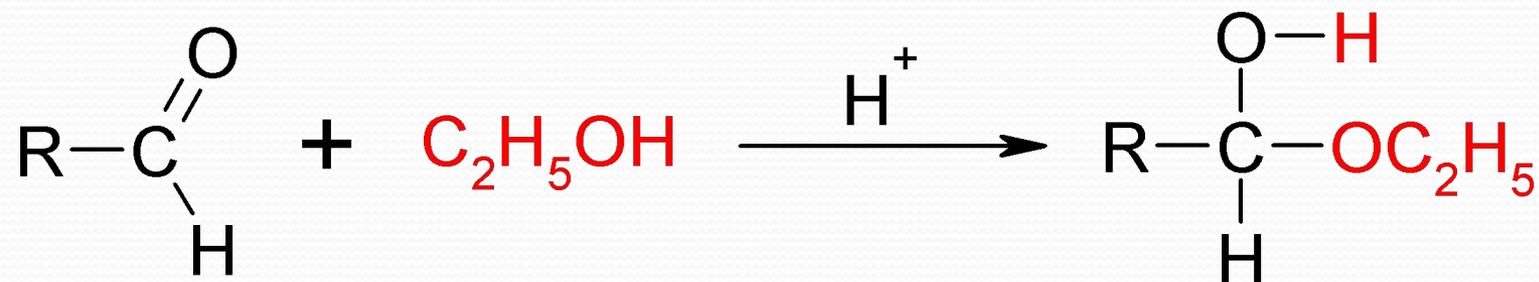


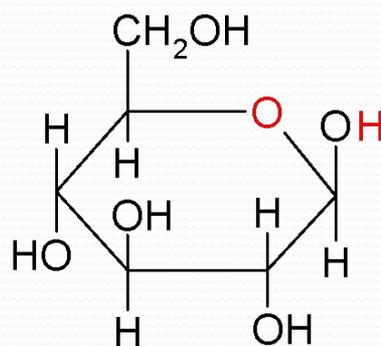
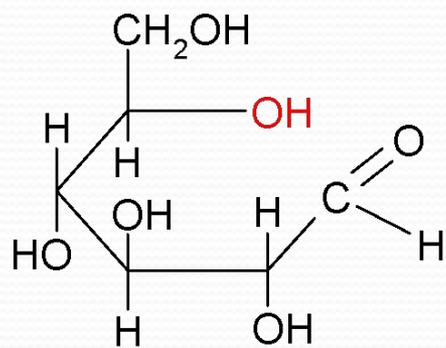
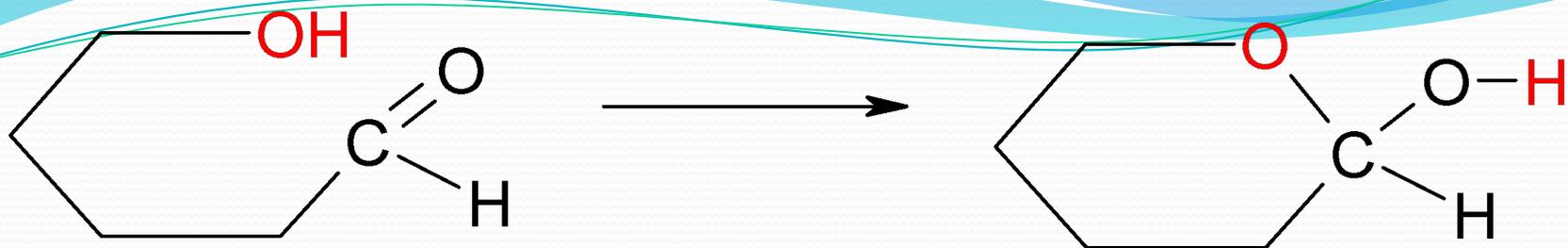
D-галактоза

4-эпимеры

- 1.4. Циклические формы моносахаридов

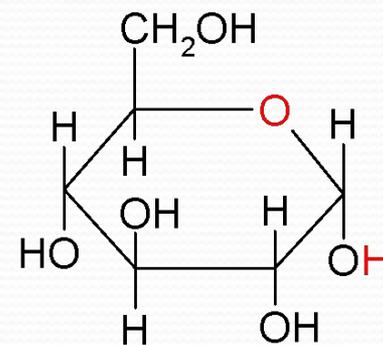
- 1.4.1. Образование циклических полуацеталей





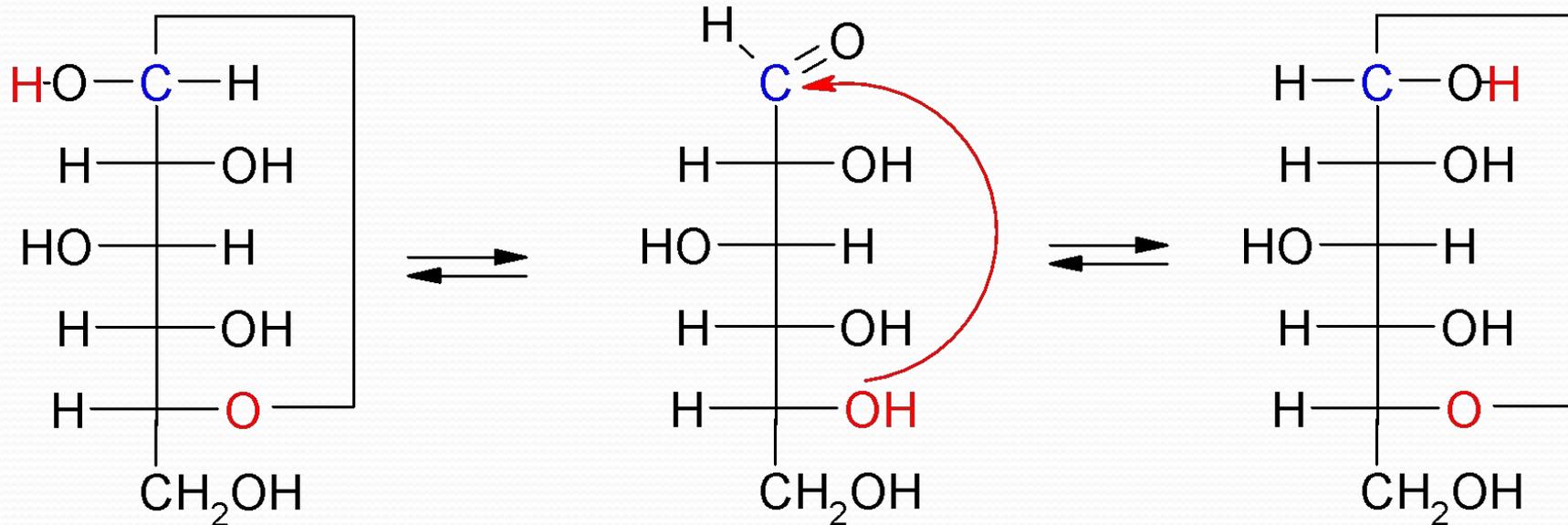
*$\beta$ -аномер*

или



*$\alpha$ -аномер*

## 1.4.2. Аномеры

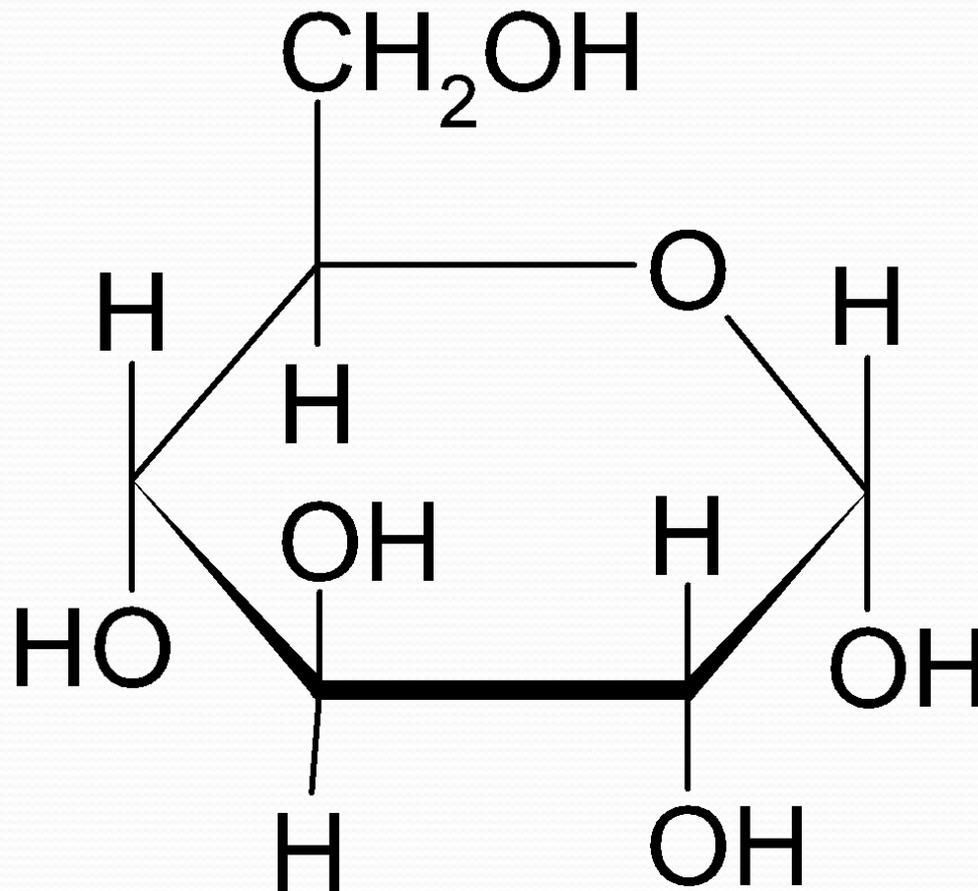


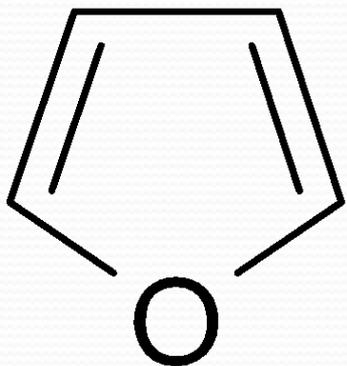
*β-аномер*

*открытая цепь*

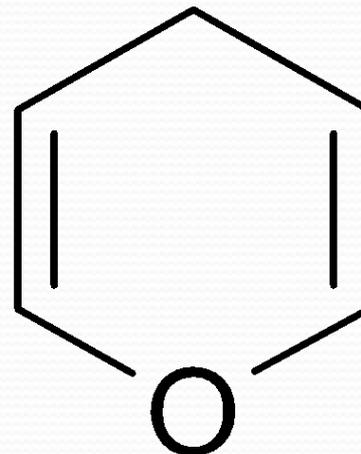
*α-аномер*

1.4.3. перспективные формулы  
Хэуорса

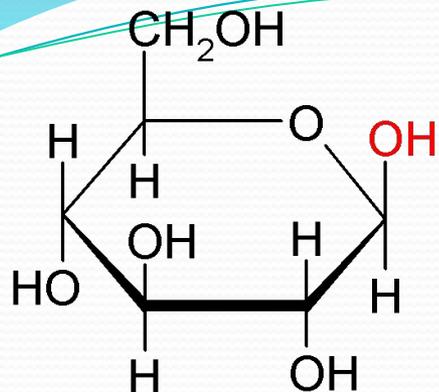




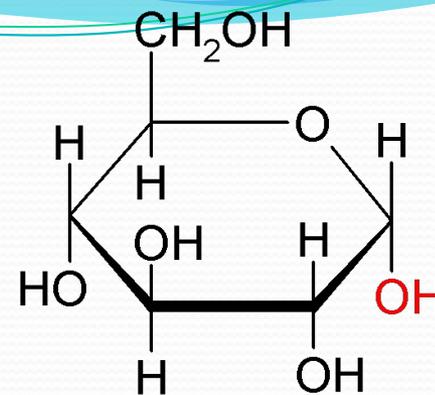
*фуран*



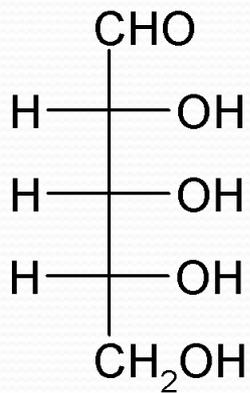
*пиперин*



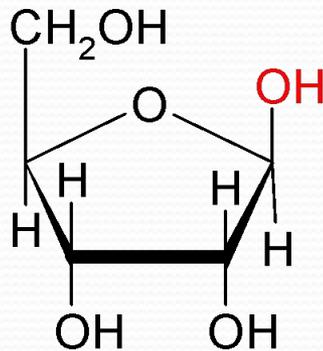
$\beta$ -D-глюкопираноза



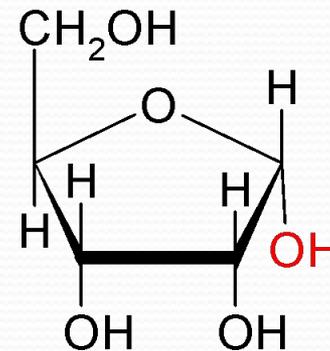
$\alpha$ -D-глюкопираноза



рибоза

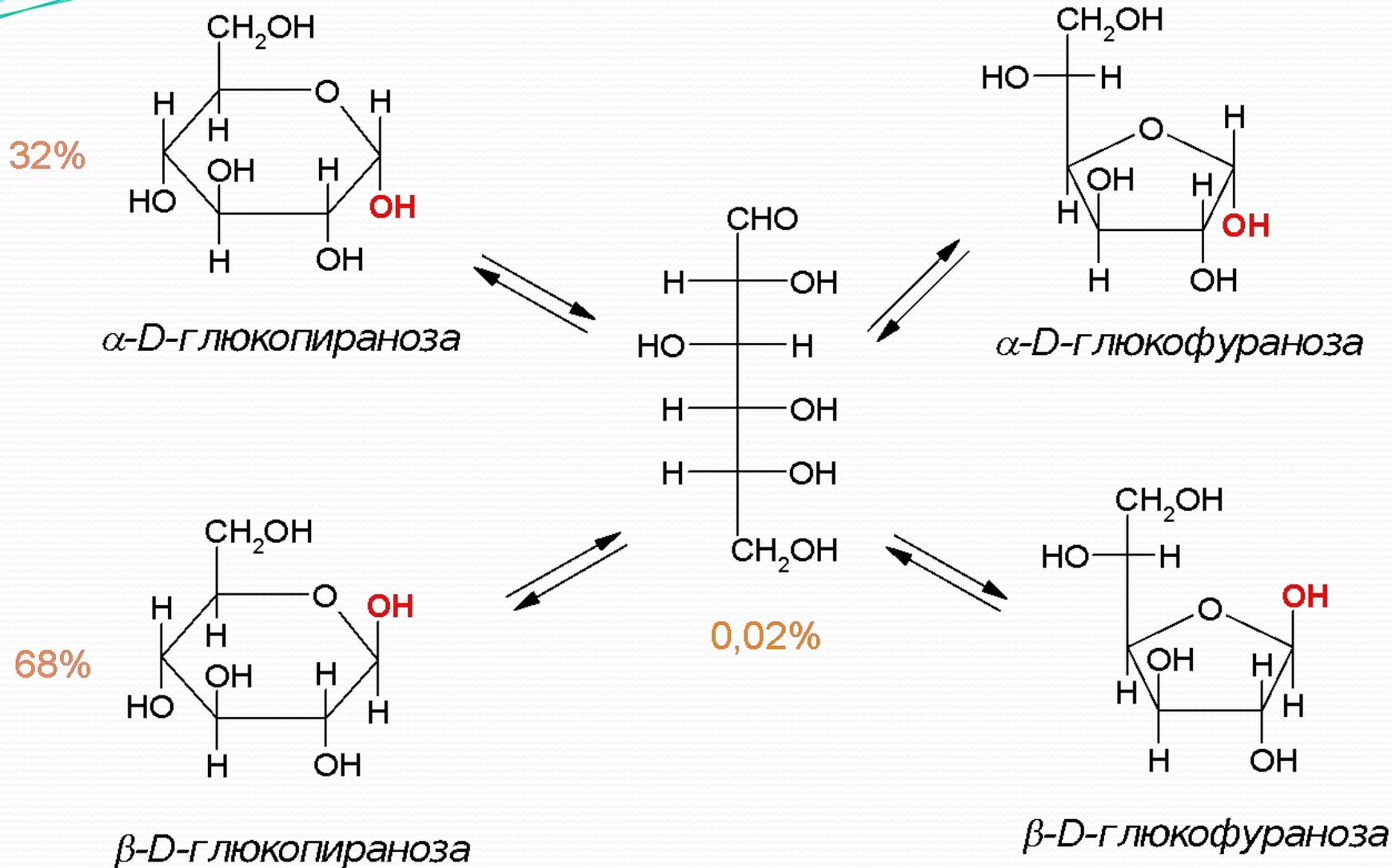


$\beta$ -D-рибофураноза



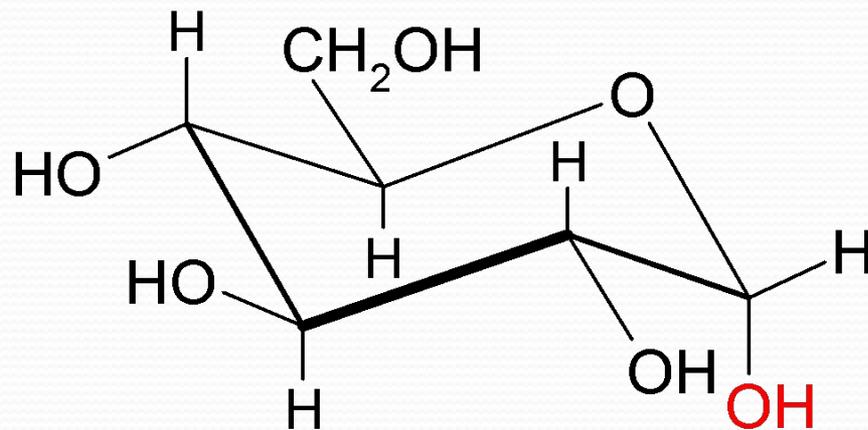
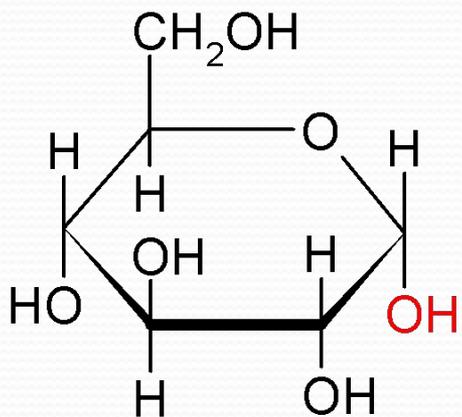
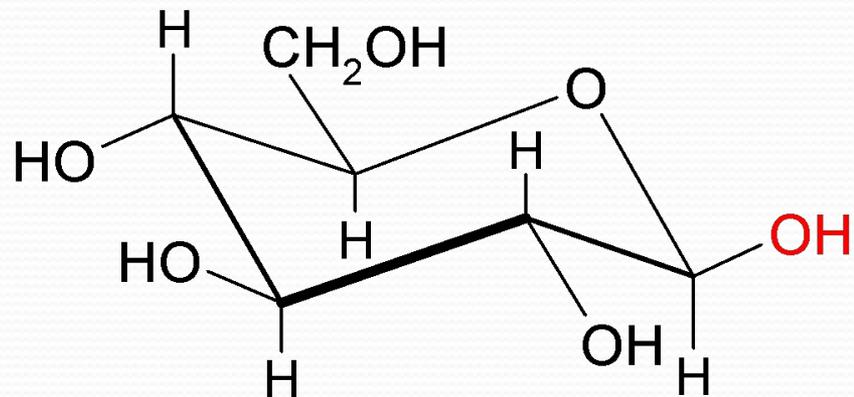
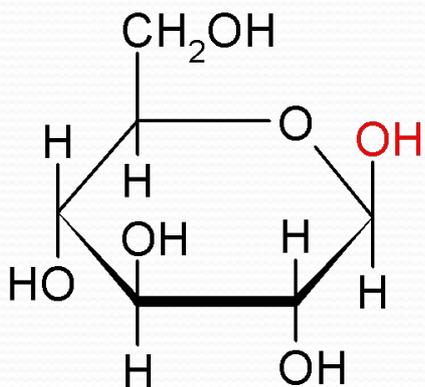
$\alpha$ -D-рибофураноза

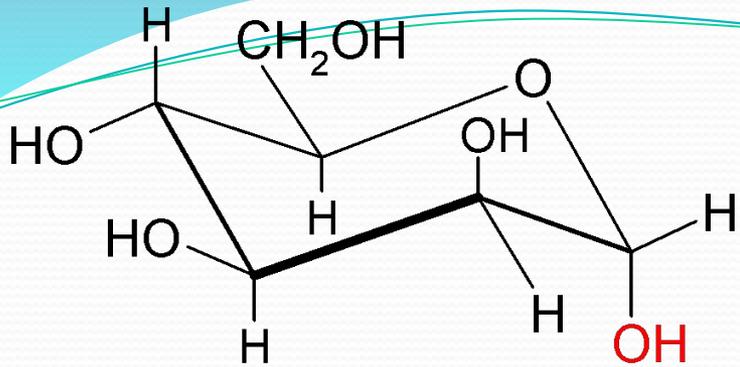
# 1.4.4. Кольчато-цепная таутомерия. Мутаротация.



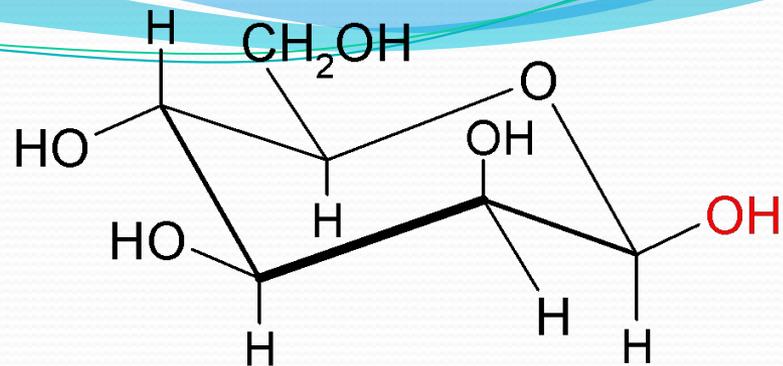
- Кольчато-цепная таутомерия сопровождается закономерным явлением – мутаротацией.
- Мутаротация (лат. mutare – изменять, rotatio – вращение) в данном случае это изменение вращения плоскости поляризации света свежеприготовленными растворами разных аномеров.
- Например,  $\alpha$ -D-глюкопираноза имеет удельное вращение  $[\alpha] = +112^\circ$ , а  $\beta$ -D-глюкопираноза имеет  $[\alpha] = +19^\circ$ . При стоянии свежеприготовленных растворов каждого из аномеров удельное вращение изменяется и достигает значения  $+52,5^\circ$ , соответствующего равновесию.

## 1.4.5. Конформации молекул моносахаридов

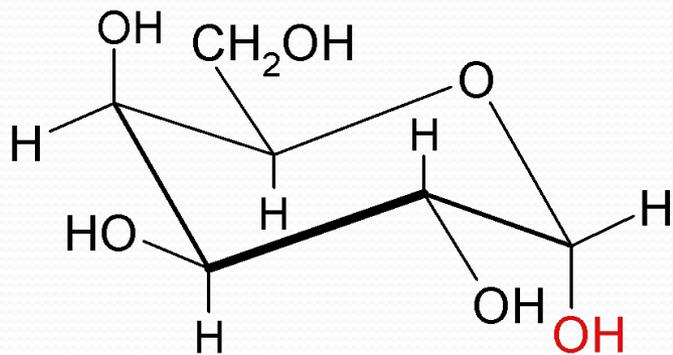




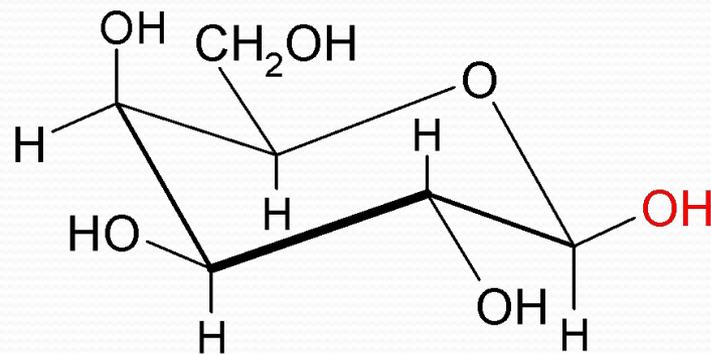
*$\alpha$ -D-маннопираноза*



*$\beta$ -D-маннопираноза*



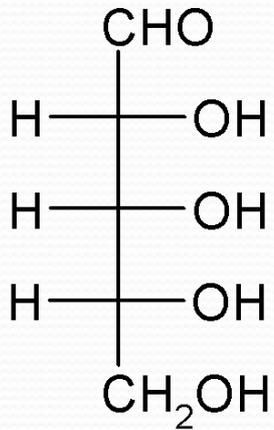
*$\alpha$ -D-галактопираноза*



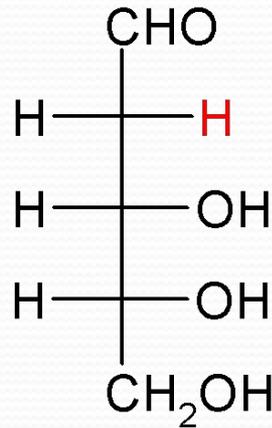
*$\beta$ -D-галактопираноза*

## 1.5. Производные моносахаридов

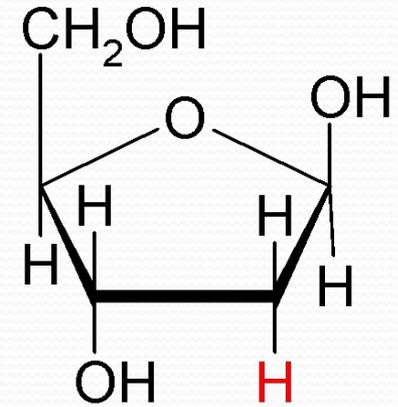
### 1.5.1. Дезоксисахара



*рибоза*

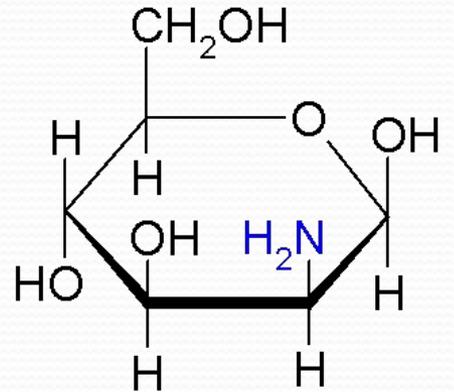
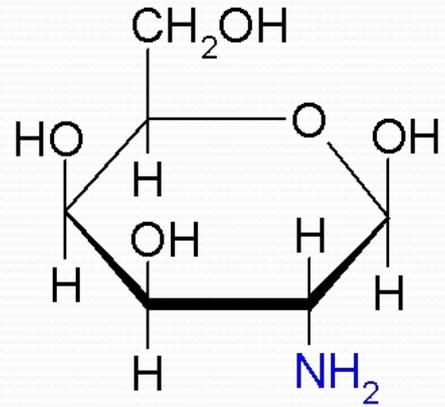
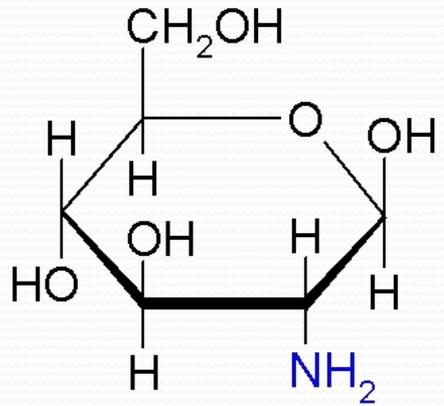
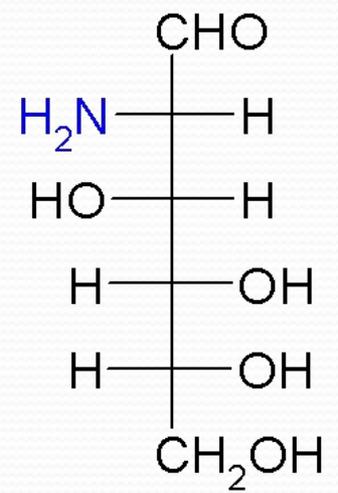
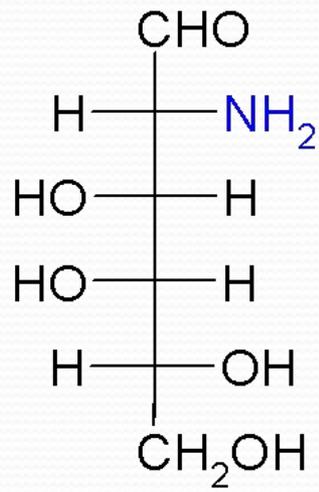
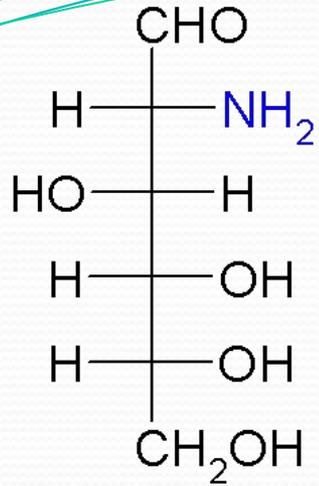


*2-дезоксид-*D*-рибоза*



*β-2-дезоксид-*D*-рибофураноза*

# 1.5.2. Аминосакхара



*D-глюкозамин*

*D-галактозамин*

*D-маннозамин*

## ● 1.6. Физические свойства

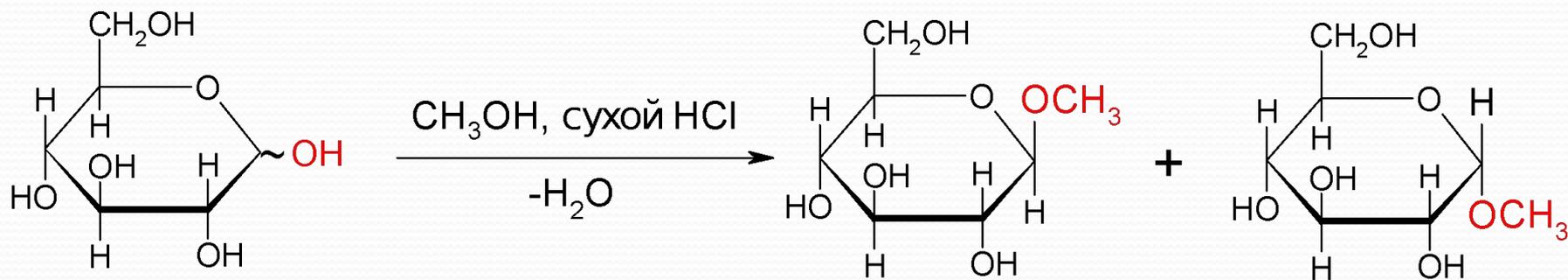
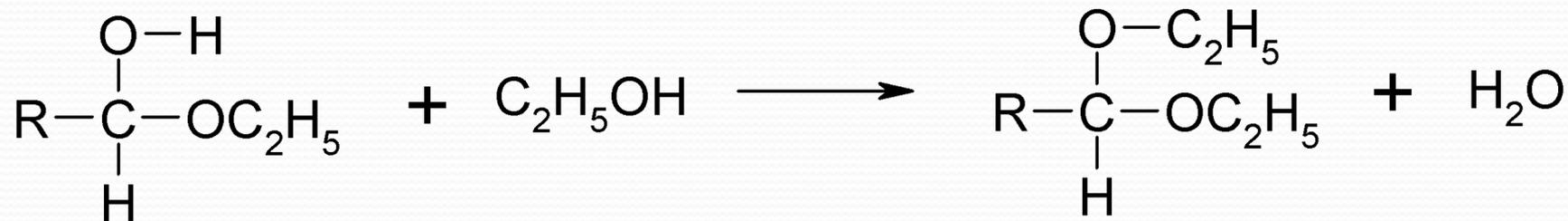
- Моносахариды представляют собой бесцветные кристаллические вещества очень хорошо растворимые в воде. Моносахариды трудно растворяются в спирте, очень плохо в гидрофобных растворителях.
- Концентрированные растворы сахаров в воде называются сиропами.

## ● 1.7. Биологические свойства и значение

- 1.7.1 Метаболическое значение и энергетическая функция
- 1.7.2. Структурная функция
- 1.7.3. Сладкий вкус

# 1.7. Химические свойства

## 1.7.1. Образование гликозидов

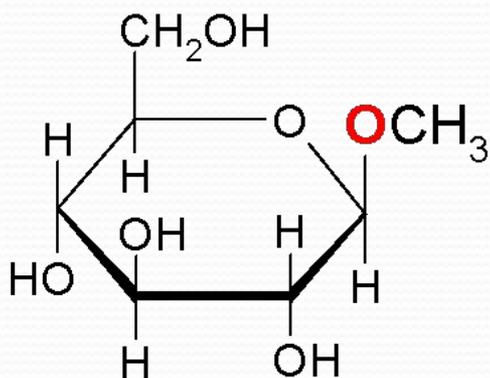
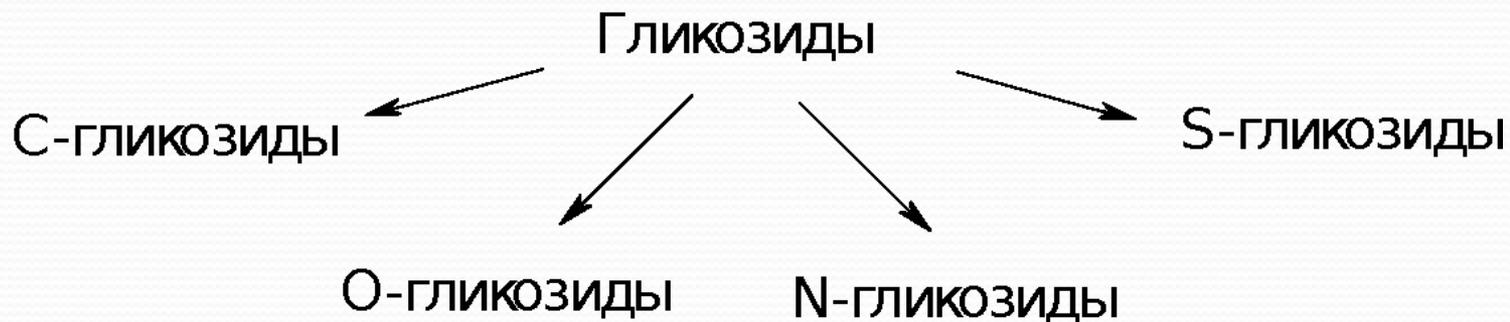


D-глюкопираноза

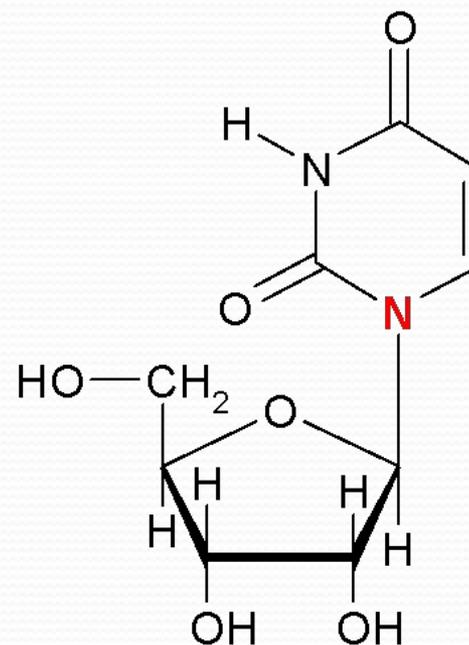
O-метил-β-D-глюко-  
пиранозид

O-метил-α-D-глюко-  
пиранозид

## 1.7.1.1. Классификация гликозидов



*O-метил-β-D-глюкопиранозид*

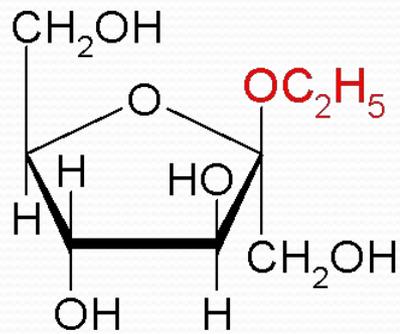


*уридин*

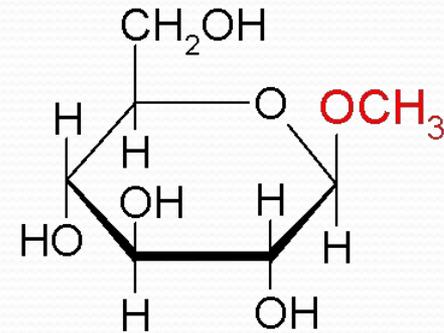
# Гликозиды

фуранозиды

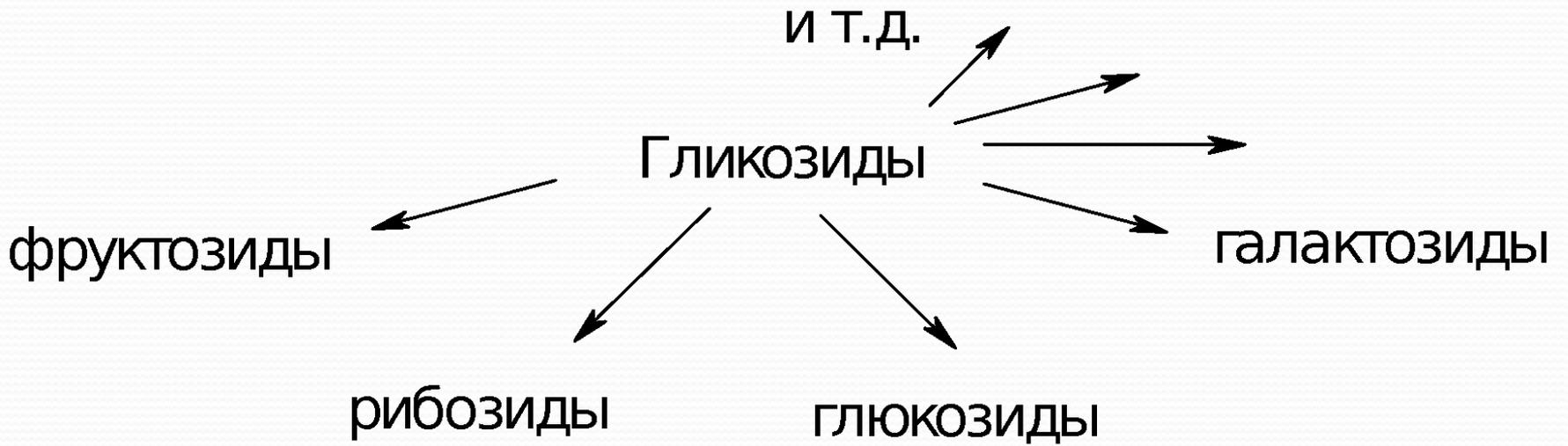
пиранозиды



*O-эт ил-  $\beta$ -D-фрукт офуранозид*



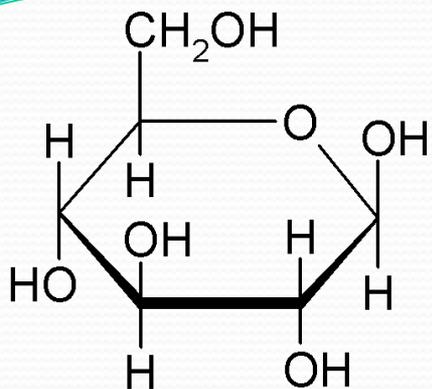
*O-мет ил-  $\beta$ -D-глюкопиранози*



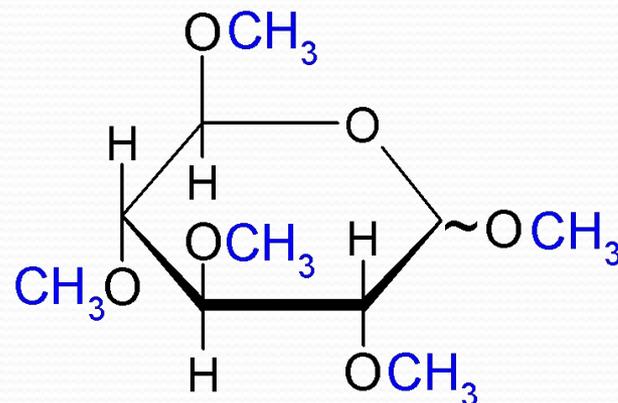
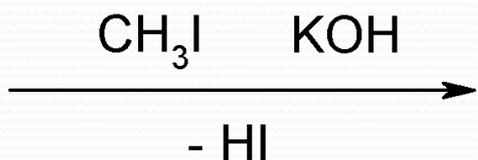
## 1.7.1.2. Свойства гликозидов



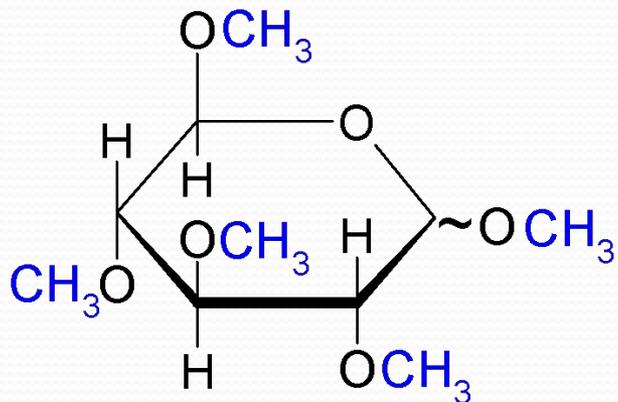
## 1.7.2. Образование простых эфиров



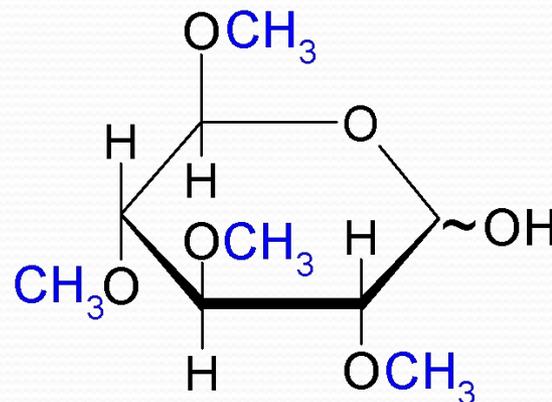
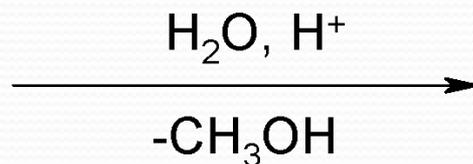
*β-D-глюкопираноза*



*O-метил-2,3,4,6-тетраметил-D-глюкопиранозид*

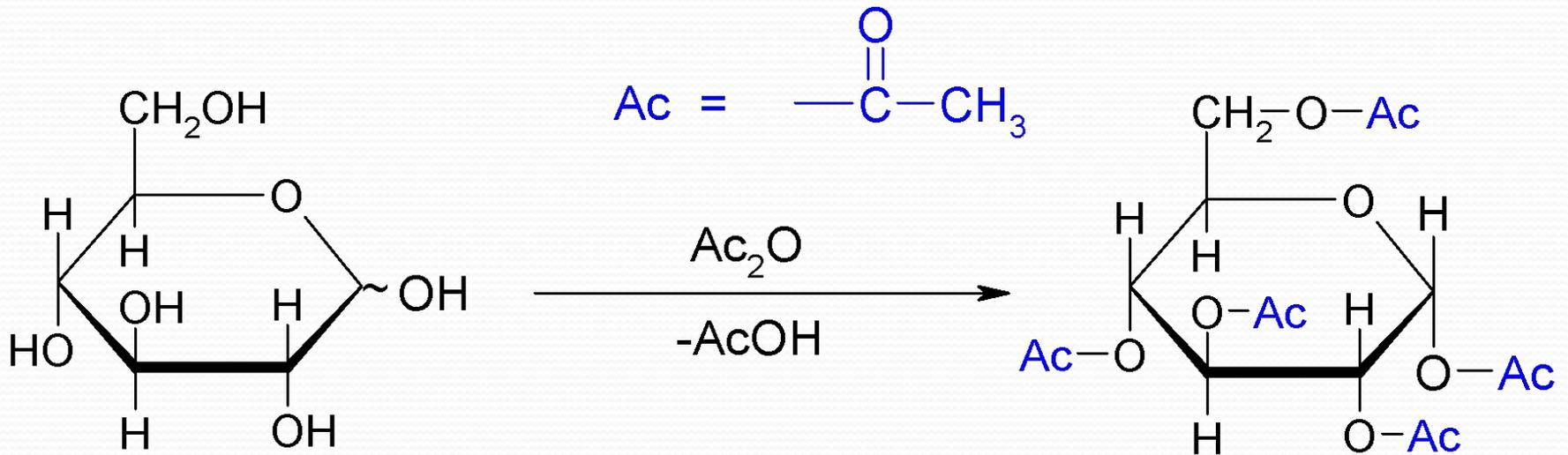


*O-метил-2,3,4,6-тетраметил-D-глюкопиранозид*



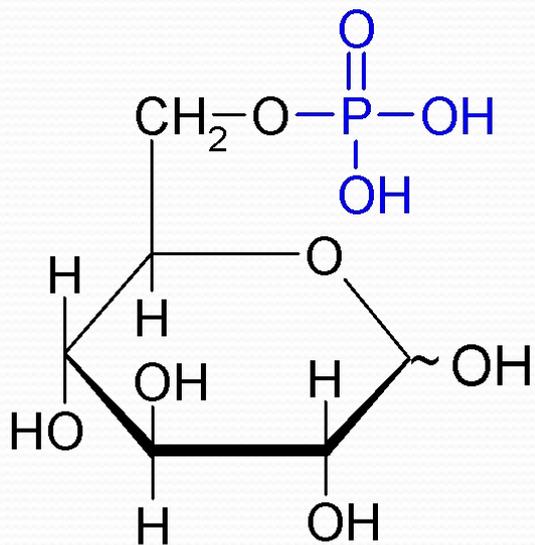
*2,3,4,6-тетраметил-D-глюкопираноза*

## 1.7.3. Образование сложных эфиров

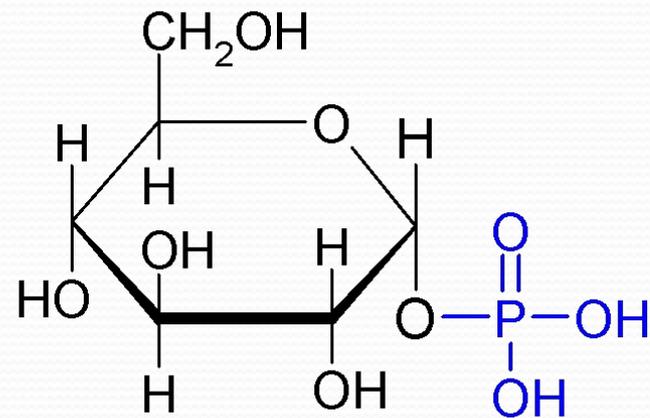


*D*-глюкопираноза

1,2,3,4,6-пентаацетал-*D*-глюкопираноза



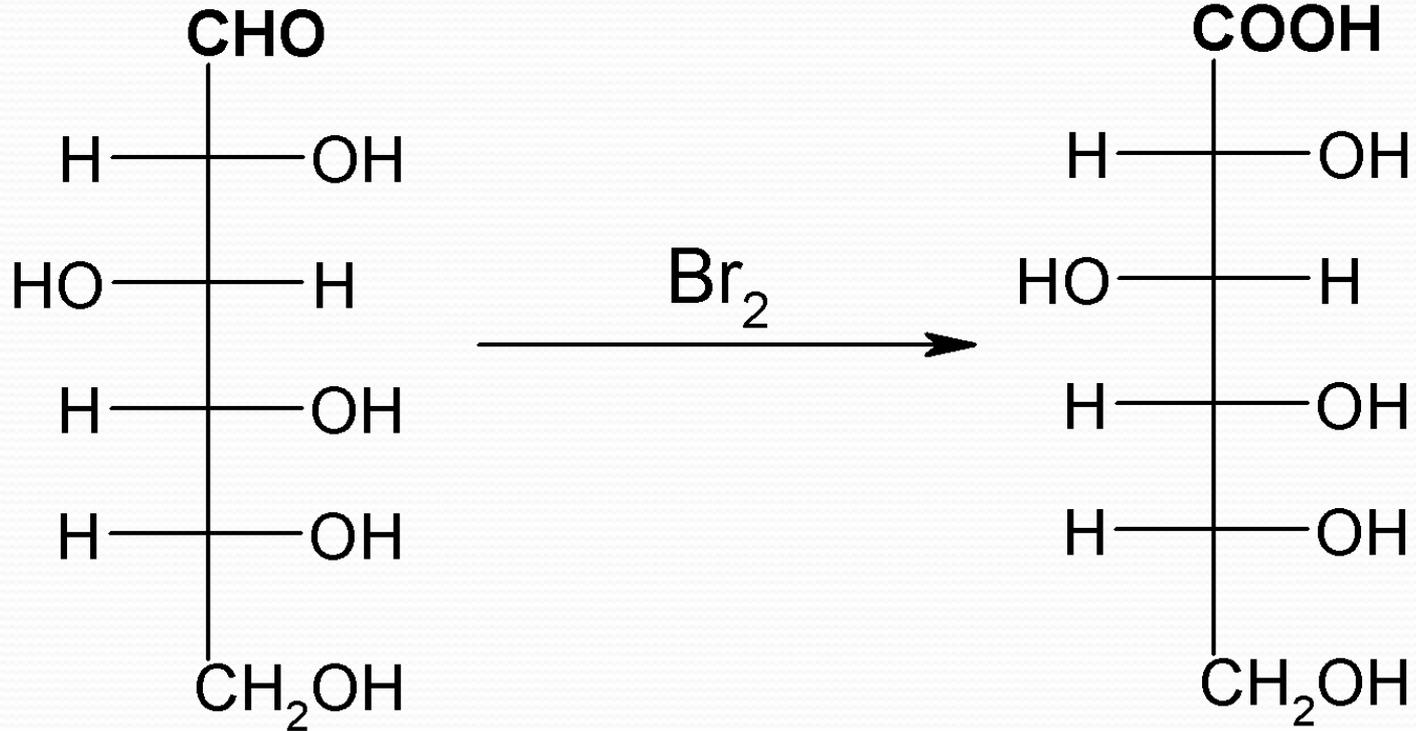
*D-глюкозо-6-фосфат*



*D-глюкозо-1-фосфат*

## 1.7.4. Окисление моносахаридов

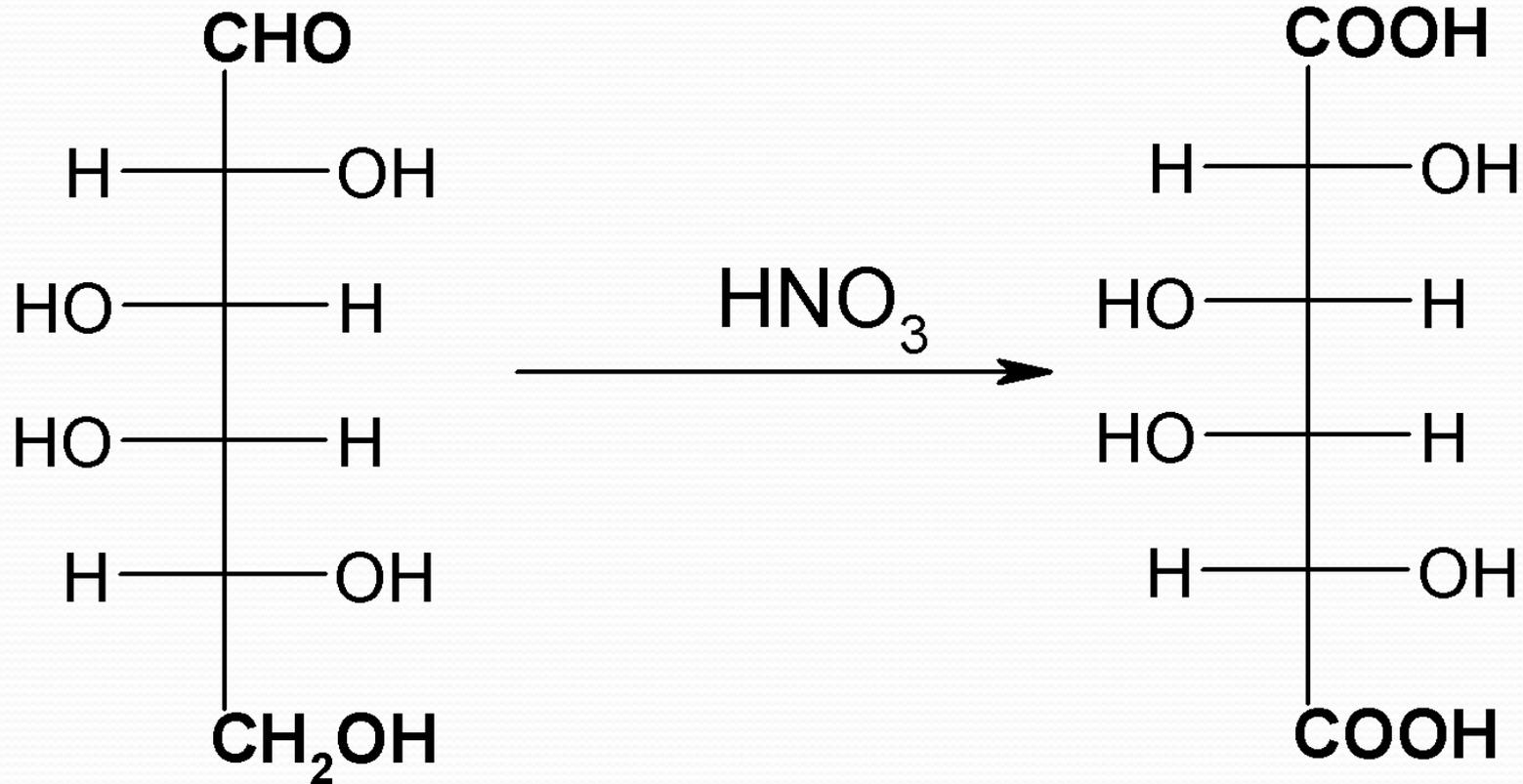
- Гликоновые кислоты образуются при окислении альдегидной группы до карбоксильной:



*глюкоза*

*глюконовая кислота*

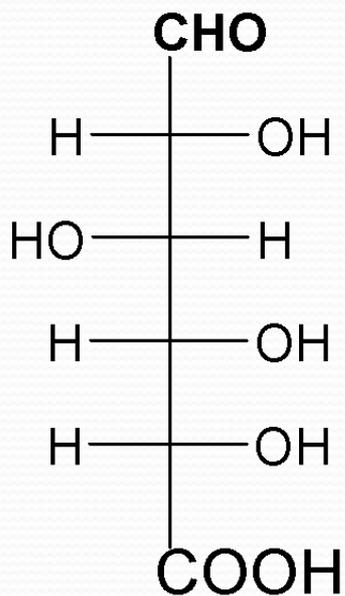
● Гликартовых (аровые) кислоты образуются при жёстком окислении. При этом окисляется и альдегидная группа и первичная спиртовая



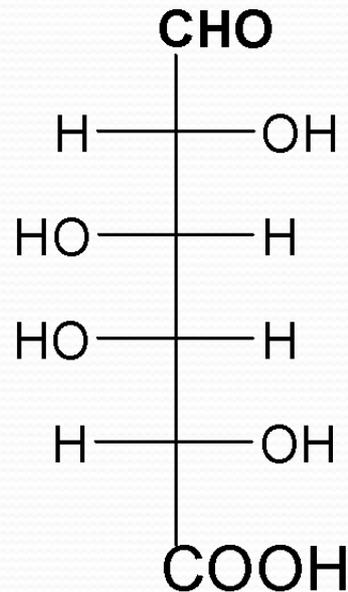
*галактоза*

*галактаровая кислота*

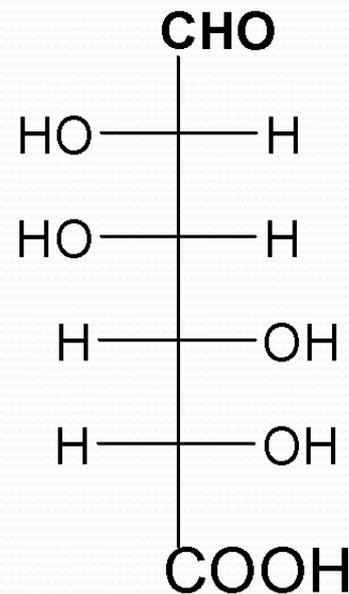
● Гликуроновые (уроновые) кислоты образуются при окислении первичной спиртовой группы, не затрагивая альдегидную группу:



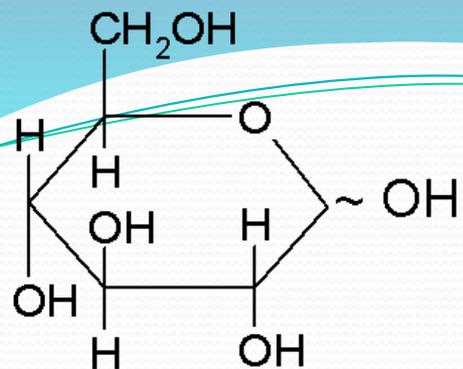
*глюкуроновая  
кислота*



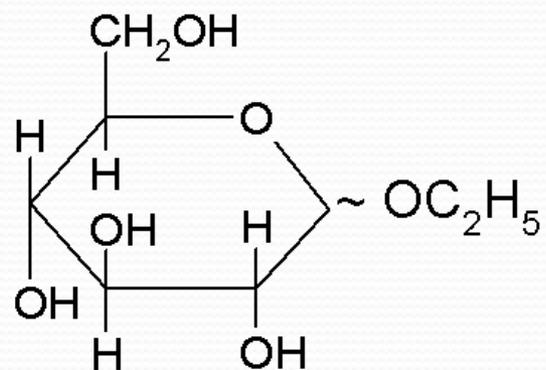
*галактуриновая  
кислота*



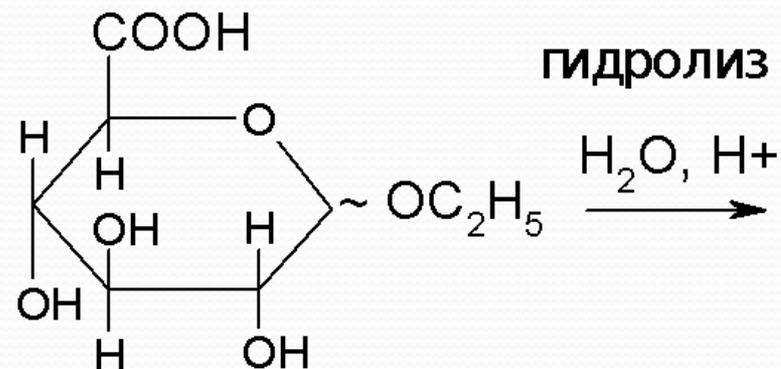
*маннуриновая  
кислота*



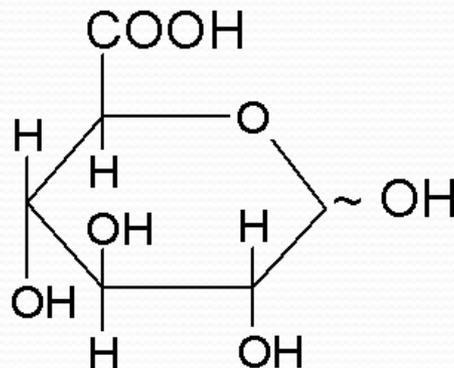
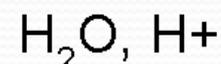
ацетальная защита



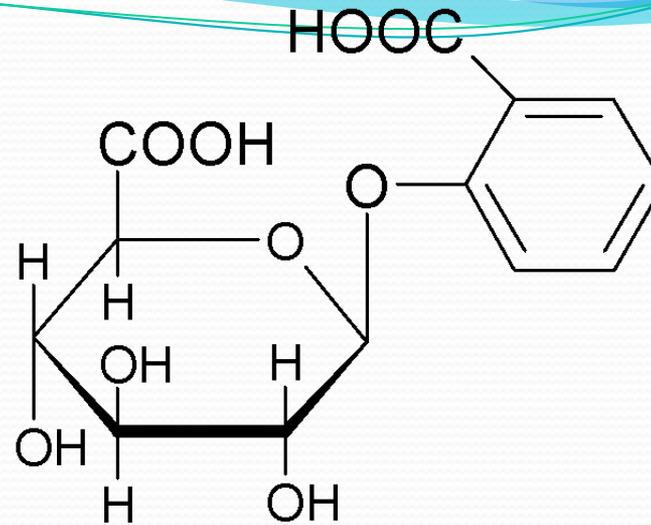
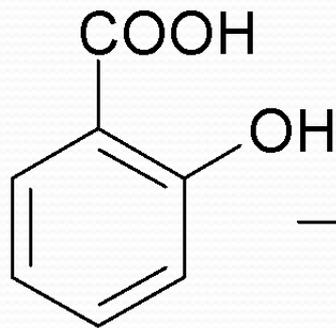
окисление



гидролиз



ГЛУКУРОНОВАЯ КИСЛОТА



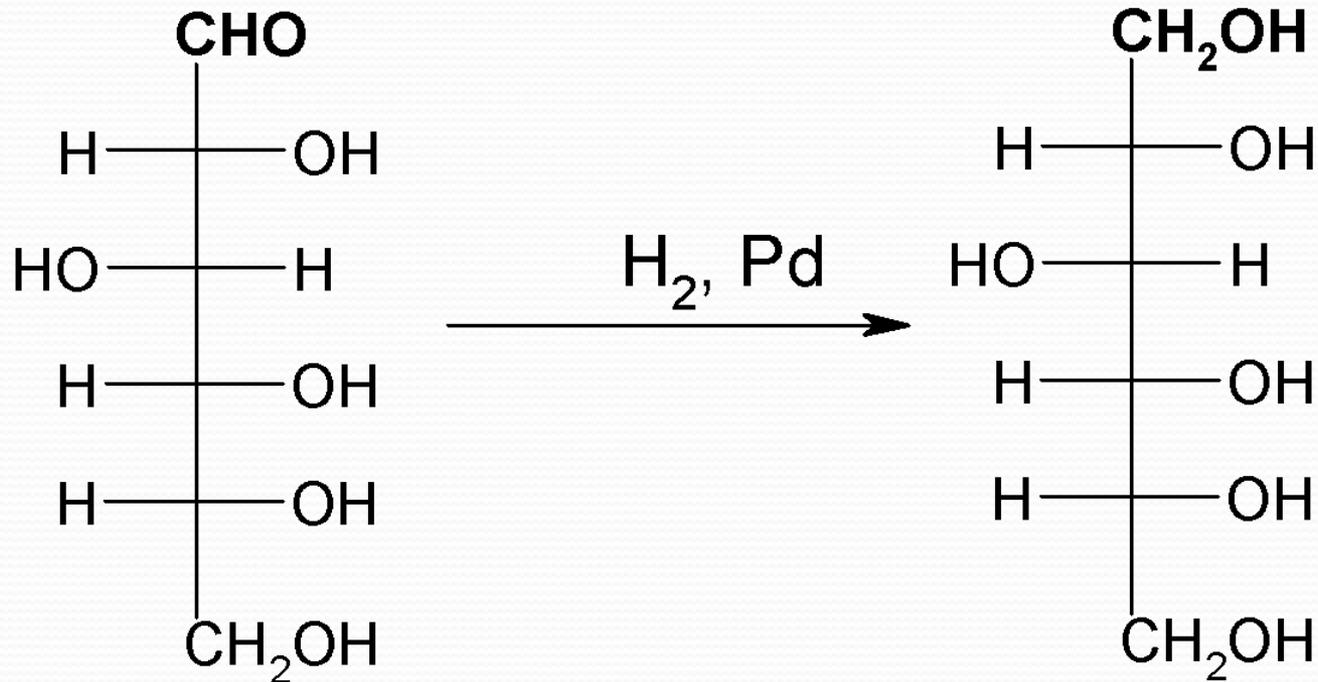
*салициловая кислота*

*глюкуронид салициловой кислоты*

Уроновые кислоты выполняют важную биологическую функцию – вывод из организма ксенобиотиков и токсичных веществ.

ксенобиотики (от греч. ξενος — чужой и βιος — жизнь), чужеродные для организмов соединения (промышленные загрязнения, пестициды, препараты бытовой химии, лекарственные средства и т. п.).

## 1.7.5. Восстановление моносахаридов



*D*-глицит (*L*-сорбит)

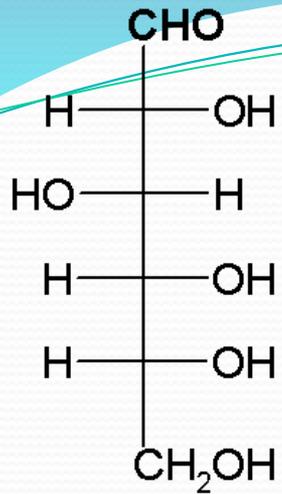
Ксилоза → ксилит (Е967)

Манноза → маннит

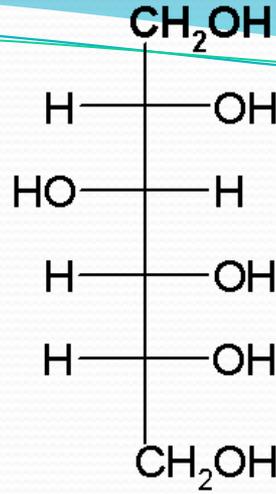
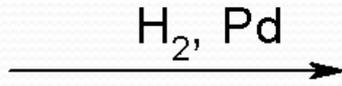
Глюкоза → глицит(сорбит) Е420



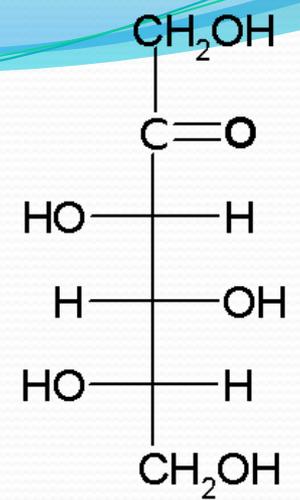
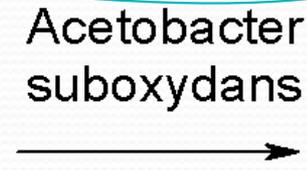
<http://www.sorbit.ru/>



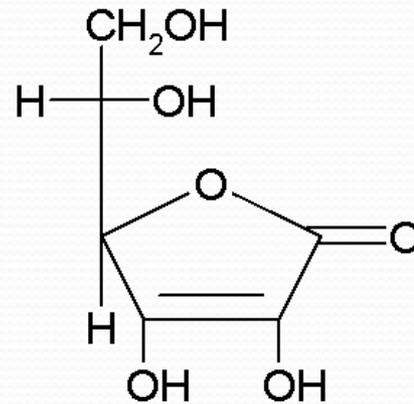
*D-глюкоза*



*D-глицит (L-сорбит)*



*L-сорбоза*

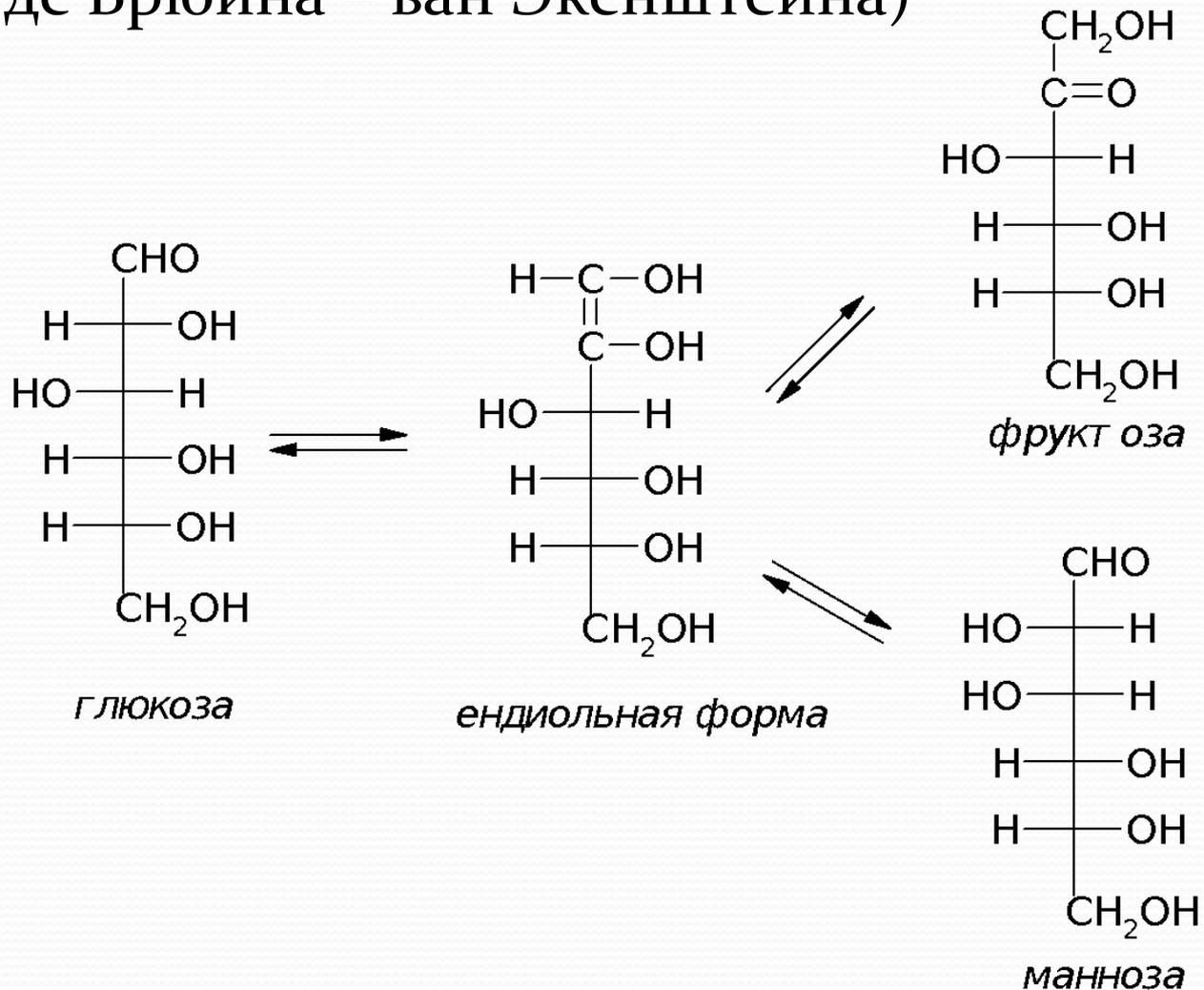


*аскорбиновая кислот а*

- Аскорбиновая кислота (витамин С),  $C_6H_8O_6$ , водорастворимый витамин. Отсутствие аскорбиновой кислоты в пище человека понижает сопротивляемость к заболеваниям, вызывает цингу, заболевание, ранее унесившее десятки тысяч жизней.
- Слово “аскорбиновая” происходит от а – отрицающая частица и scorbutus – цинга. То есть аскорбиновая кислота означает “противоцинготная” кислота
- Аскорбиновая кислота также используется в аналитической химии в аскорбинометрии, которую применяют для определения  $Fe(III)$ ,  $Hg(II)$ ,  $Au(III)$ ,  $Pt(IV)$ ,  $Ag(I)$ ,  $Ce(IV)$ ,  $Mo(VI)$ ,  $W(VI)$ ,  $I_2$ ,  $Br_2$ , хлоратов, броматов, иодатов, ваданатов, дихроматов, а также нитро- нитрозо-, азо- и иминогрупп в органических соединениях.

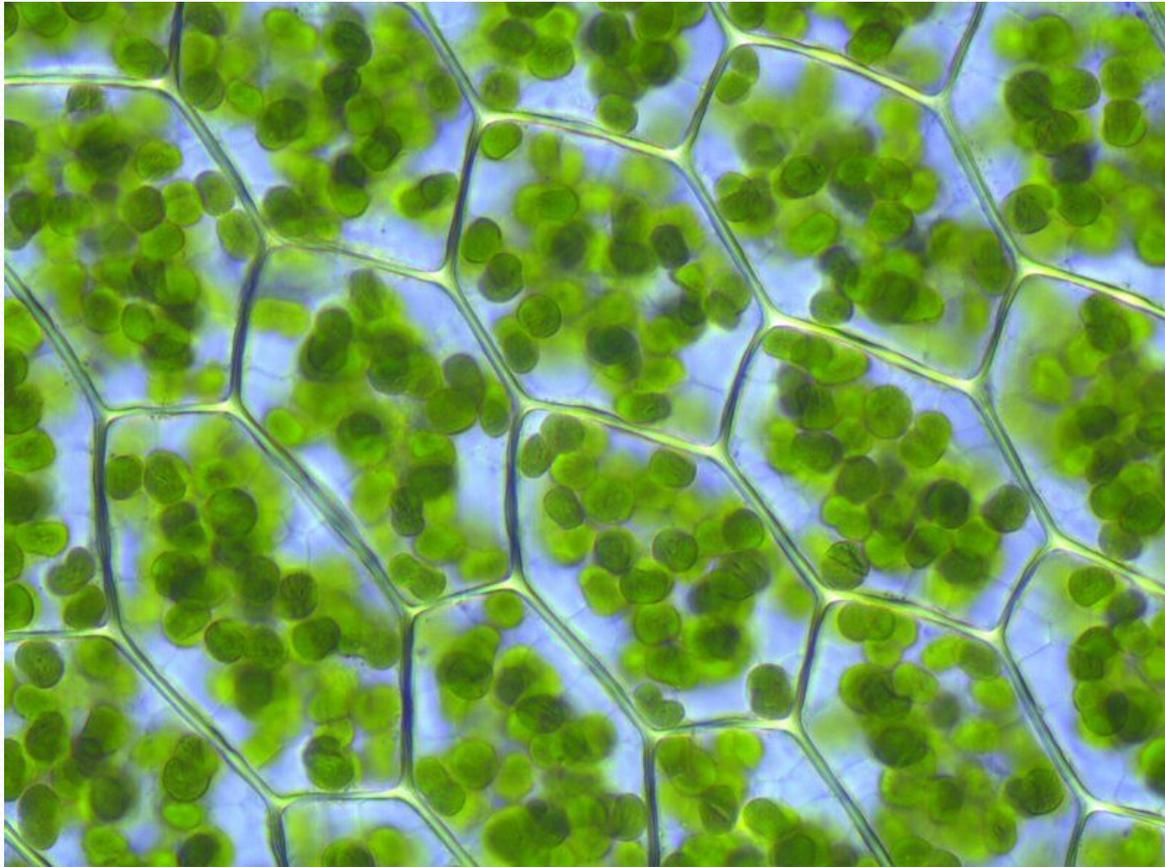
## 1.7.6. Изомеризация моносахаридов

- Изомеризация в щелочной среде (перегруппировки Лобри де Брюйна – ван Экенштейна)



## ● 1.8. Получение моносахаридов

### ● 1.8.1. Природные источники



[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Plagiomnium\\_affine\\_laminazellen.jpeg](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Plagiomnium_affine_laminazellen.jpeg)

## ● 1.8.2. Гидролиз дисахаридов, олигосахаридов и полисахаридов

Сахароза +  $\text{H}_2\text{O}$   $\rightarrow$  глюкоза + фруктоза

Мальтоза +  $\text{H}_2\text{O}$   $\rightarrow$  глюкоза + глюкоза

Лактоза +  $\text{H}_2\text{O}$   $\rightarrow$  глюкоза + галактоза

**Спасибо  
за  
Ваше внимание!**