

# Углеводы

# План презентации

## 1. Общая характеристика углеводов

1.1. История появления названия и общая формула класса

1.2. Представители углеводов

1.3. Значение углеводов

1.4. Классификация углеводов

## 2. Моносахариды

2.1. Номенклатура моносахаридов

2.2. Классификация моносахаридов

2.3. Изомерия и строение моносахаридов

2.4. Получение и свойства моносахаридов    2.4. Получение и свойства моносахаридов    2.4. Получение и свойства моносахаридов    2.4. Получение и свойства моносахаридов

## 3. Дисахариды

3.1. Классификация и отдельные представители

3.2. Строение    3.2. Строение и свойства дисахаридов

## 4. Полисахариды

4.1. Классификация и отдельные представители

4.2. Строение и свойства полисахаридов

## 5. Биологическая роль углеводов

# История возникновения названия

- Состав: C, H, O
- Общая формула:  
 $C_mH_{2n}O_n$  или  $C_m(H_2O)_n$
- В прошлом столетии углеводы рассматривали как «гидраты углерода»
- Русское название «углеводы» предложено К. Шмидтом (1844)



Карл Эрнест Генрих  
Шмидт  
(1822-1894)



# Представители углеводов

- **виноградный сахар (глюкоза),**
- **свекловичный или тростниковый сахар (сахароза),**
- **крахмал,**
- **животный крахмал (гликоген),**
- **целлюлоза и др.**





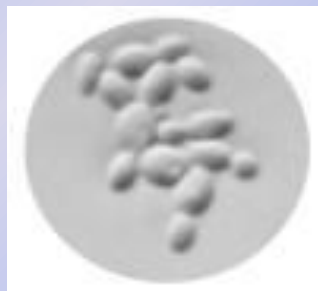
# Значение углеводов

Растения



*До 90 % сухого  
вещества  
растений*

Микроорганизмы



*20-30 %  
микроорганизмов*

Животные



*Около 2 % сухого  
вещества животных  
организмов*



# Значение углеводов

В растениях углеводы образуются в результате процесса фотосинтеза из  $\text{CO}_2$  и воды с участием солнечной энергии и хлорофилла

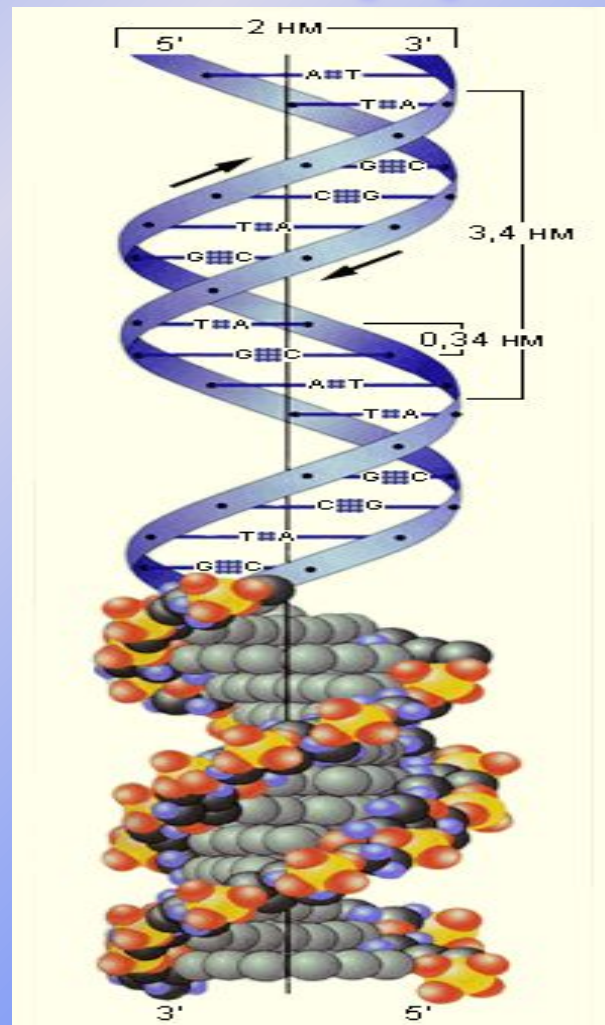


# Значение углеводов

Углеводы входят  
в состав  
нуклеиновых  
кислот

↓  
ДНК

↓  
РНК



# Классификация углеводов

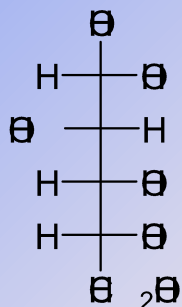
Простые углеводы

Сложные углеводы

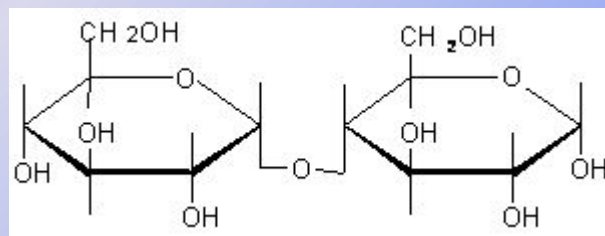
Моносахариды

Олигосахариды

Полисахариды

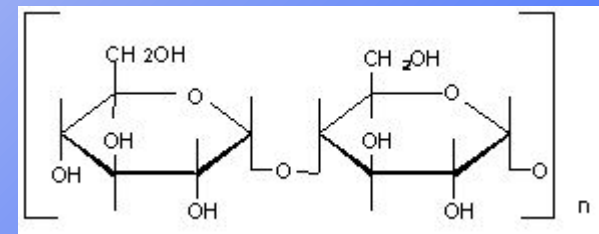


Глюкоза



Мальтоза

Алехина Е.А.



Крахмал





# Классификация углеводов

```
graph TD; A[Классификация углеводов] --> B[Простые углеводы]; A --> C[Сложные углеводы]; A --> D[Гликоконъюгаты]; B --> E[Моносахариды]; C --> F[Олигосахариды]; C --> G[Полисахариды]; D --> H[Гликопротеины]; D --> I[Гликолипиды];
```

Простые  
углеводы

Моносахариды

Сложные  
углеводы

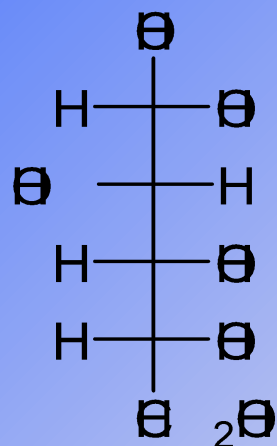
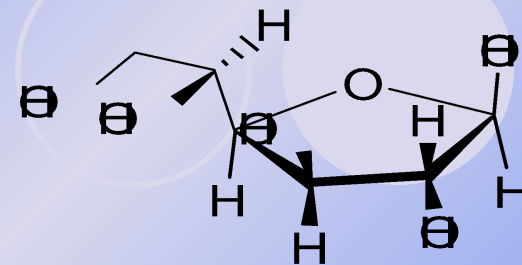
Олигосахариды  
Полисахариды

Гликоконъюгаты

Гликопротеины  
Гликолипиды



# Простые углеводы



# Моносахариды

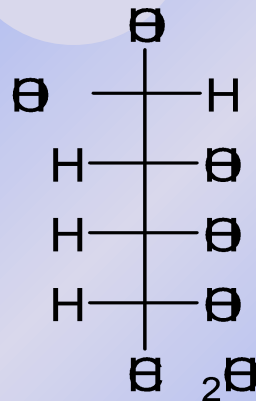
сложные органические вещества, состоящие из С, Н, О, большинство из которых соответствует формуле  $C_nH_{2n}O_n$ , где  $n > 3$ .



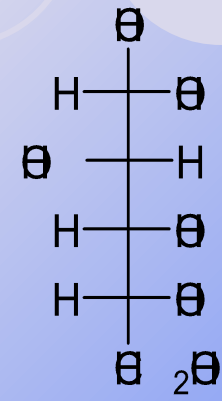
# Номенклатура моносахаридов

Моносахариды обычно имеют названия с суффиксом – оза.

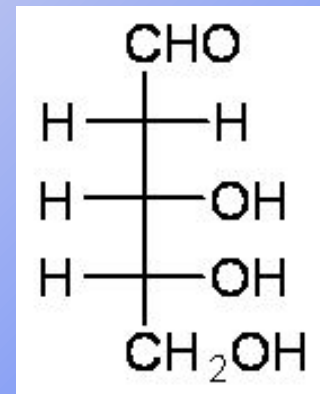
В составе названия может присутствовать приставка дезокси-, что означает «без гидроксила», т.е. в моносахариде отсутствует ОН-группа



D-альтроза



D-глюкоза

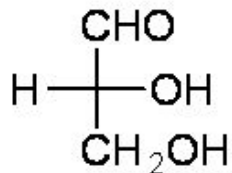


D-дезоксирибоза

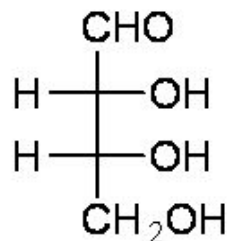


# Классификация моносахаридов (по числу атомов углерода)

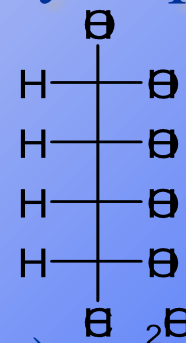
Триозы  
(3 атома углерода)



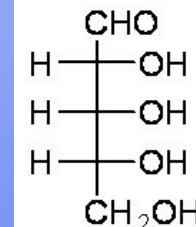
Тетрозы  
(4 атома углерода)



Гексозы  
(6 атомов углерода)



Пентозы  
(5 атомов углерода)

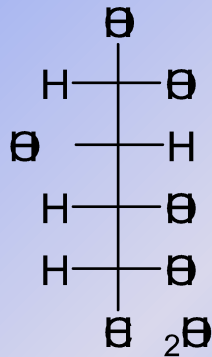




# Классификация моносахаридов (по функциональным группам)



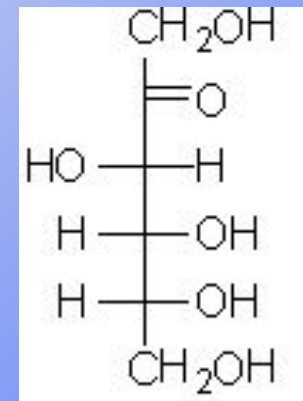
Альдегидоспирты  
(альдозы)



D-глюкоза



Кетоспирты  
(кетозы)



D-фруктоза



# Строение моносахаридов

**Конфигурация** - расположение заместителей (атомов или атомных групп) в пространстве вокруг стереических центров (двойных связей, циклов или элемента хиральности).

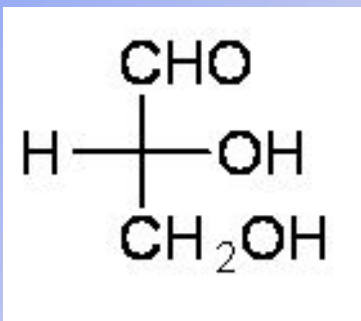
**Хиральность** - способность соединений существовать в виде пары несовместимых между собой зеркальных изомеров. Если молекула не имеет ни оси, ни центра симметрии, то она хиральна.

**Хиральный центр** - обычно атом с четырьмя различными заместителями (асимметрический).

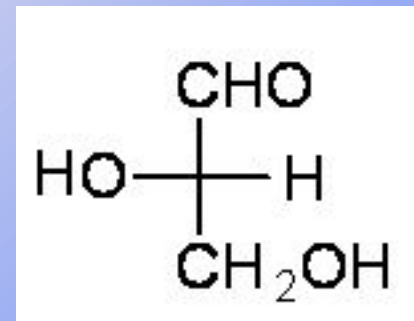


# Строение моносахаридов

Для обозначения пространственного строения (конфигурации) каждого из стереоизомеров углеводов по предложению М.А. Розанова разделяют на 2 ряда: L-ряд и D-ряд.



D-глицериновый  
альдегид



L-глицериновый  
альдегид





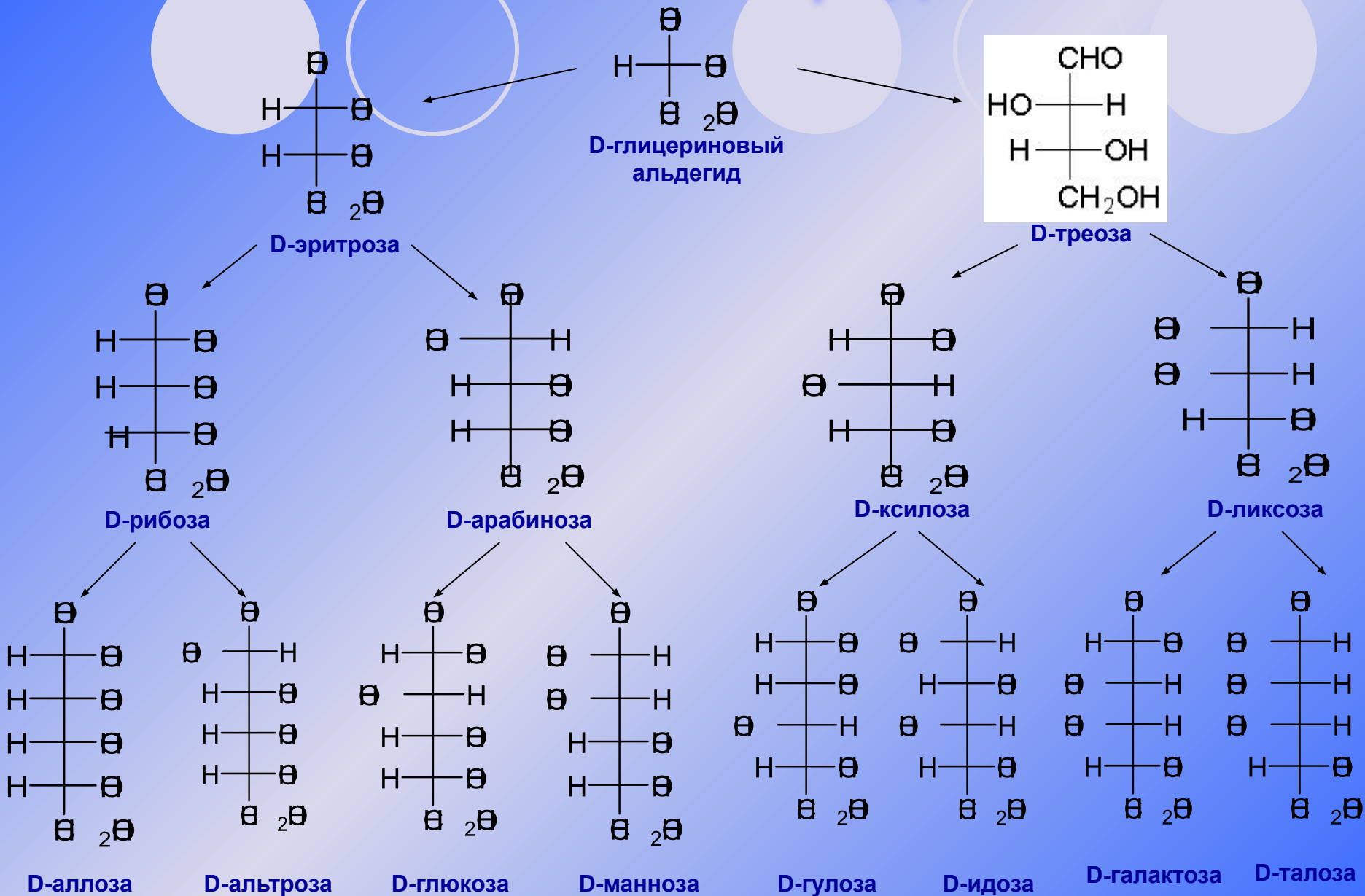
## Домашнее задание

**Выучите формулы моносахаридов:**

- альдоз D-ряда**
- D-фруктозы, как представителя кетоз**



# Альдозы D-ряда



# Виды изомерии моносахаридов





## Домашнее задание

**Из файла формата word выпишите определения четырёх видов изомерии моносахаридов и примеры.**

**Для каждого вида изомерии приведите по 2-3 своих примера. Назовите вещества.**

# Диастереомерия

Количество диастереомеров можно  
рассчитать по формуле:

$$N=2^n$$

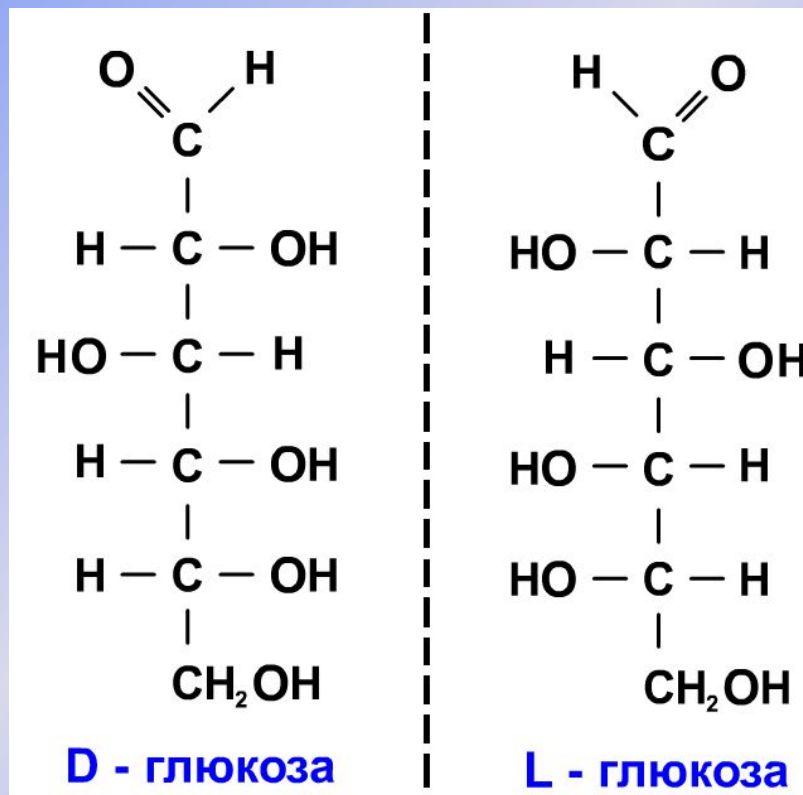
где N - число изомеров,  
n - количество асимметрических атомов  
углерода





# Энантиомерия

(зеркальная изомерия, оптическая изомерия)

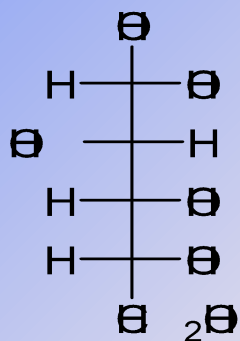


Рацематы

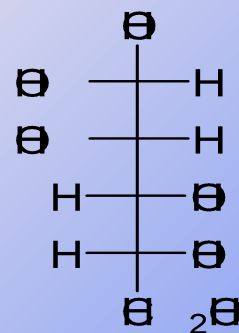
Асимметрический атом углерода



# Эпимерия



и



D-глюкоза

D-манноза



# Таутомерные превращения моносахаридов

А. Колли 1870 г.

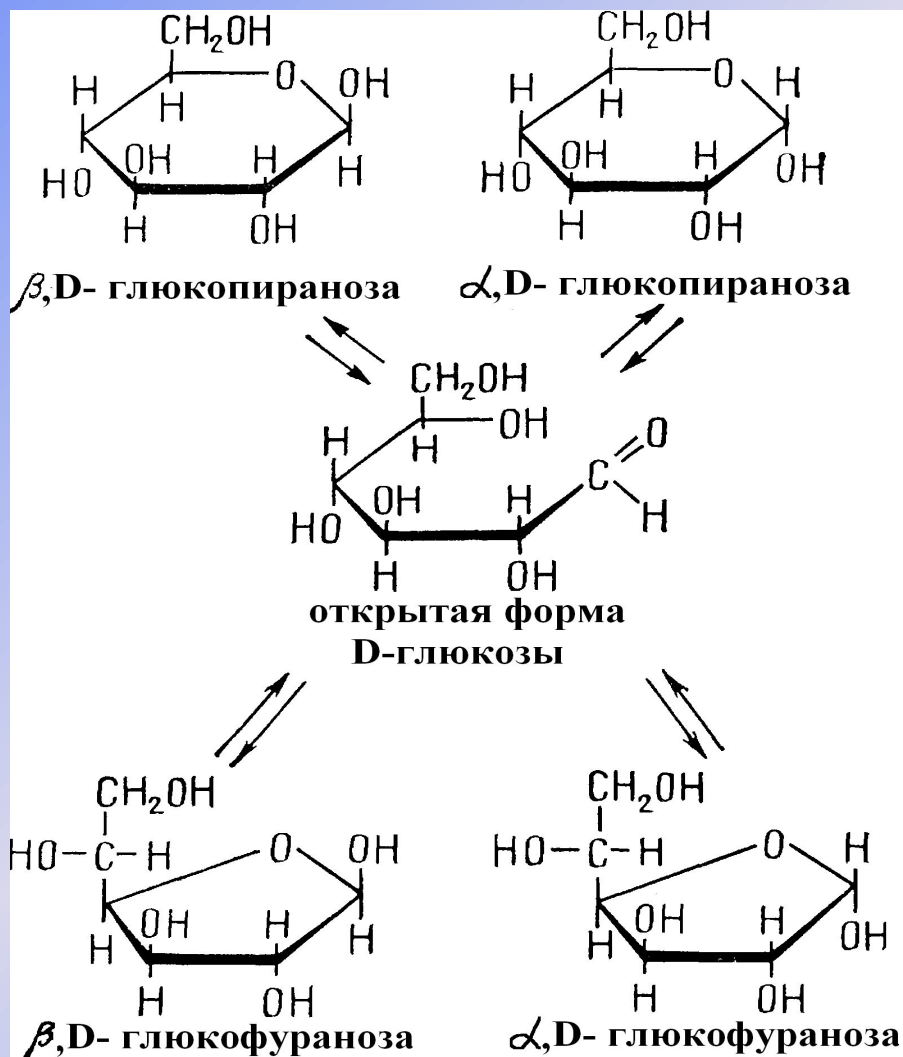
Б. Толленс 1883 г.

У. Хеуорс в 1925-1930 гг.

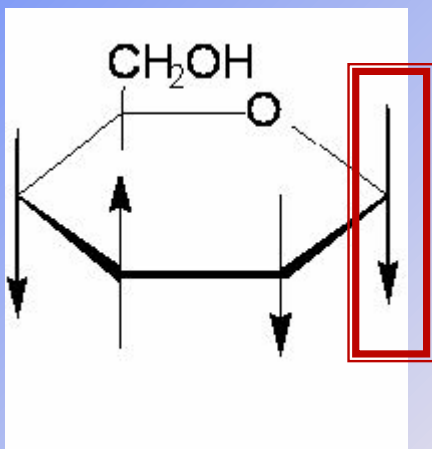
У. Хеуорс предложил называть моносахариды с пятичленным циклом фуранозами, а с шестичленным – пиранозами.



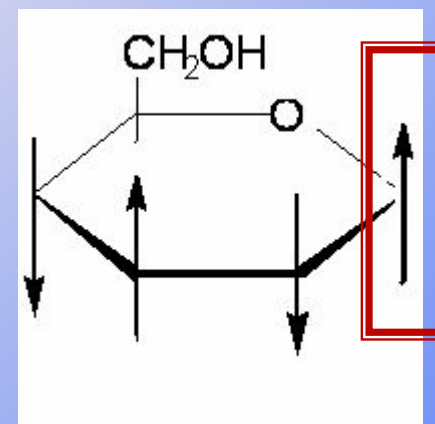
# Таутомерные превращения моносахаридов



# АНОМЕРИЯ



$\alpha$ -D-глюкопираноза

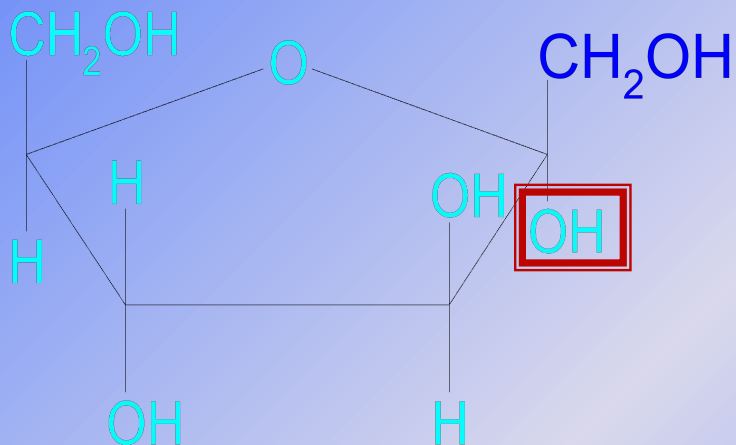


$\beta$ -D-глюкопираноза

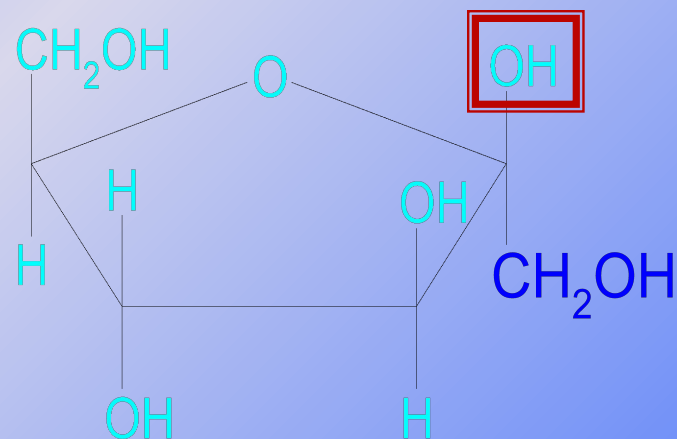




# АНОМЕРИЯ



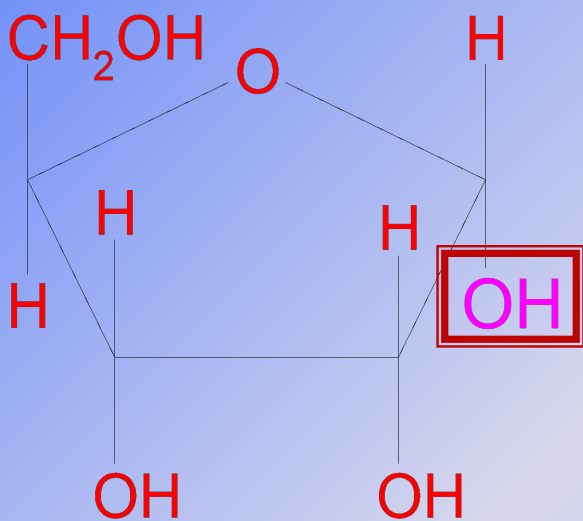
$\alpha$ -D-фруктофураноза



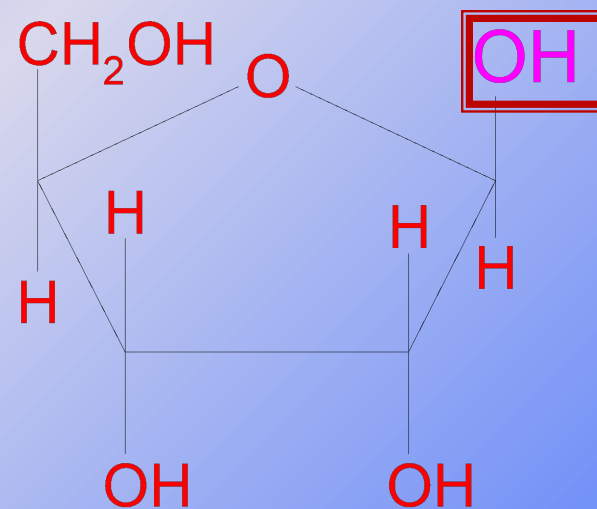
$\beta$ -D-фруктофураноза



# АНОМЕРИЯ



$\alpha$ -D-рибофураноза



$\beta$ -D-рибофураноза



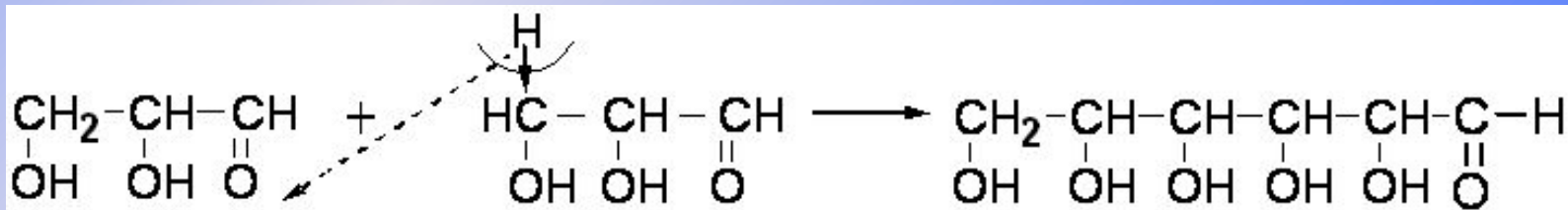
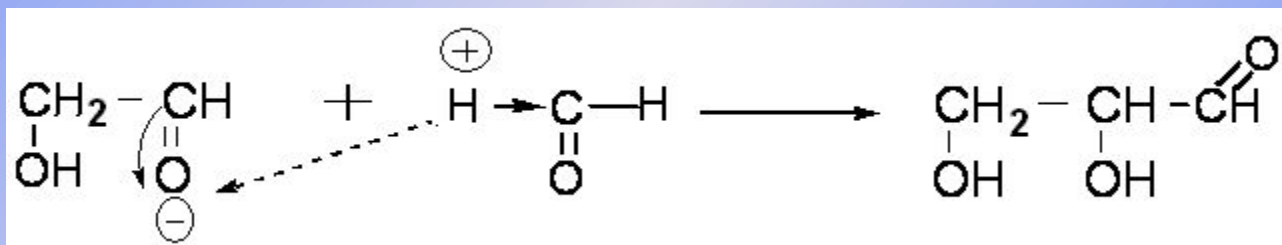
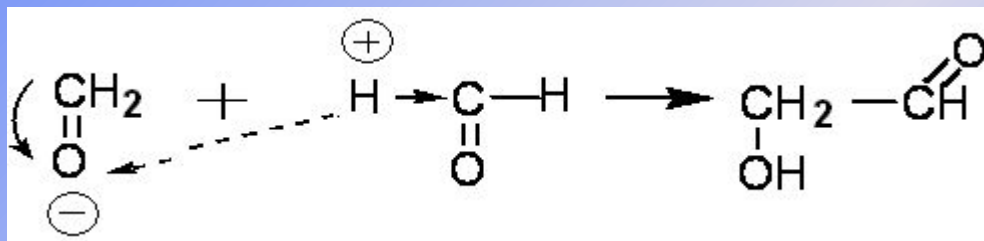
Five decorative circles are arranged in a horizontal row at the top of the slide. The first, third, and fifth circles are solid white, while the second, fourth, and sixth circles are white with a thin white outline.

Получение

МОНОСАХАРИДОВ



# Синтез Бутлерова



# Синтез Килиани-Фишера

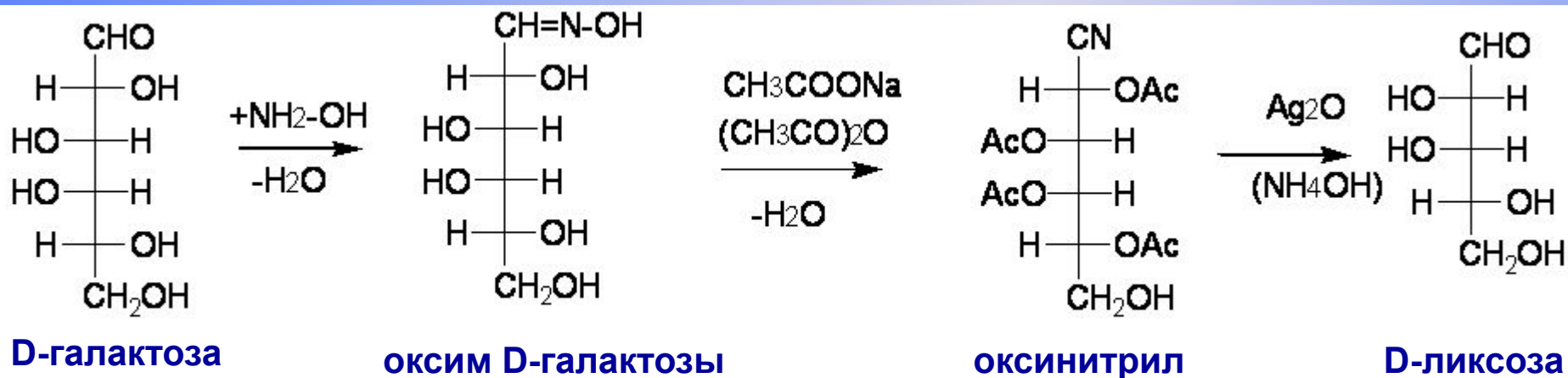


**Д/з:** Приведите 2 примера синтеза Килиани-Фишера. Это может быть синтез двух тетроз из триозы, двух пентоз из тетрозой или как на слайде двух гексоз из пентозы. Назовите исходную альдозу и продукты





# СИНТЕЗ ВОЛЯ



D-ликсозу с помощью синтеза Воля можно получить не только из D-галактозы, но и из D-талозы.

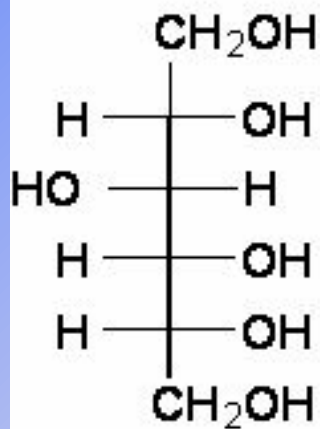


**Д/з:** Приведите 2 примера синтеза Воля. Это может быть синтез триозы из двух тетроз, тетрозы из двух пентоз или как на слайде пентозы из двух гексоз. Назовите исходную альдозу и продукты

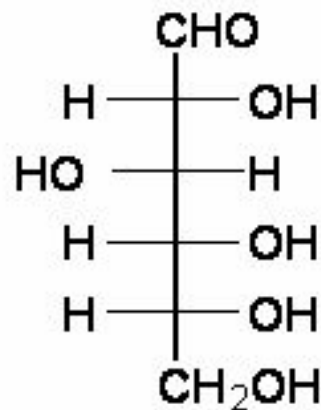
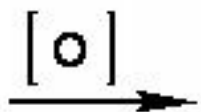


# ОКИСЛЕНИЕ МНОГОАТОМНЫХ СПИРТОВ

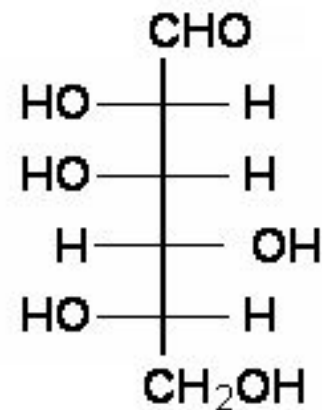
## Мягкими окислителями



**D-сорбит**



**D-глюкоза**

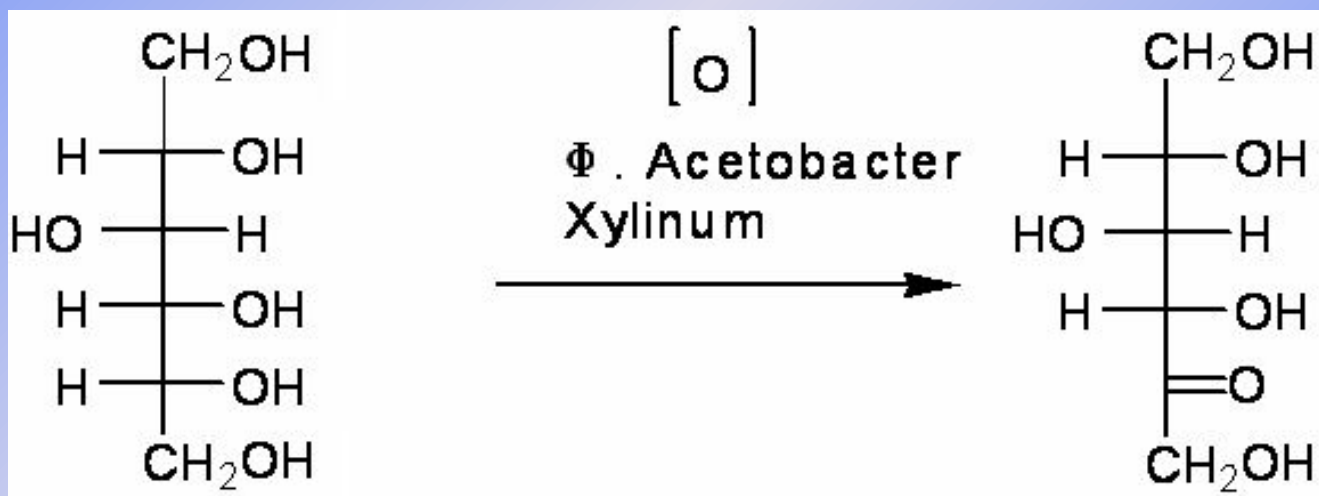


**L-гулоза**



# ОКИСЛЕНИЕ МНОГОАТОМНЫХ СПИРТОВ

При ферментативном окислении



D-сорбит

L-сорбоза



# Физические свойства моносахаридов

- Бесцветные кристаллические вещества.
- Хорошо растворимы в воде, плохо растворимы в спирте, не растворимы в эфире.
- Большинство моносахаридов имеют сладкий вкус. Сладость их весьма различна.
- Растворы моносахаридов обладают оптической активностью.



# Химические свойства МОНОСАХАРИДОВ

**Реакции, идущие по гидроксильным группам**

**Реакции, идущие по альдегидной группе**

**Окислительно-восстановительные реакции**



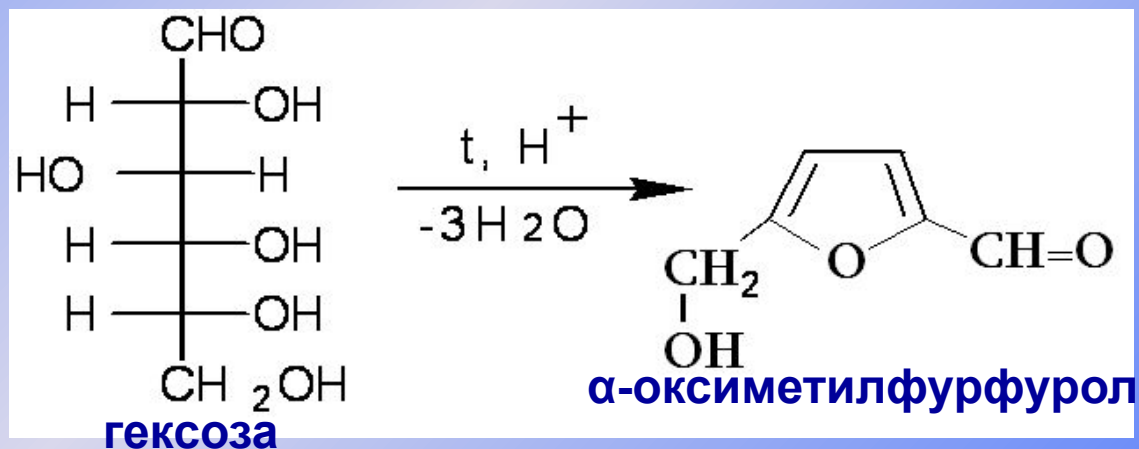
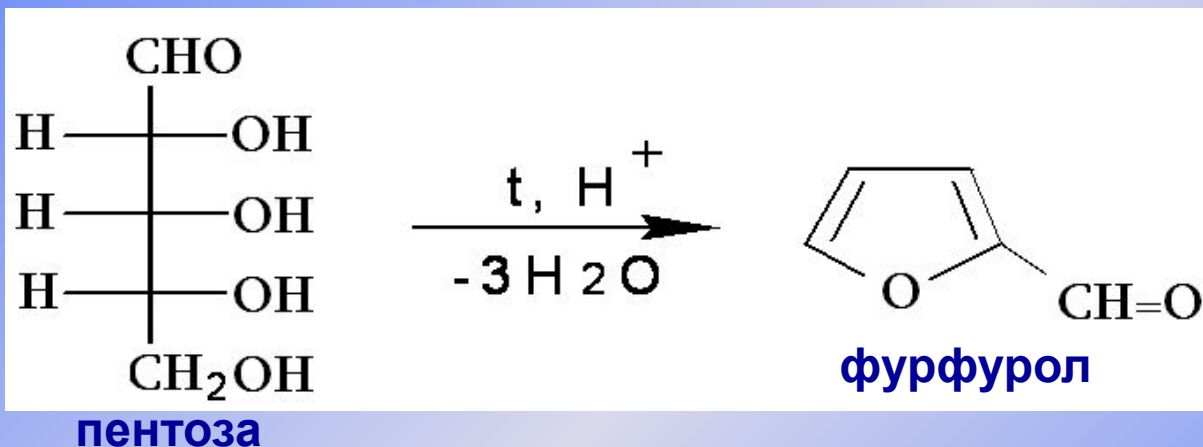




# Реакции, идущие по гидроксильным группам



# Дегидратация пентоз и гексоз



Реакция протекает при нагревании в кислой среде. В присутствии α-нафтола образуются окрашенные продукты (реакция Молиша) (л/р).



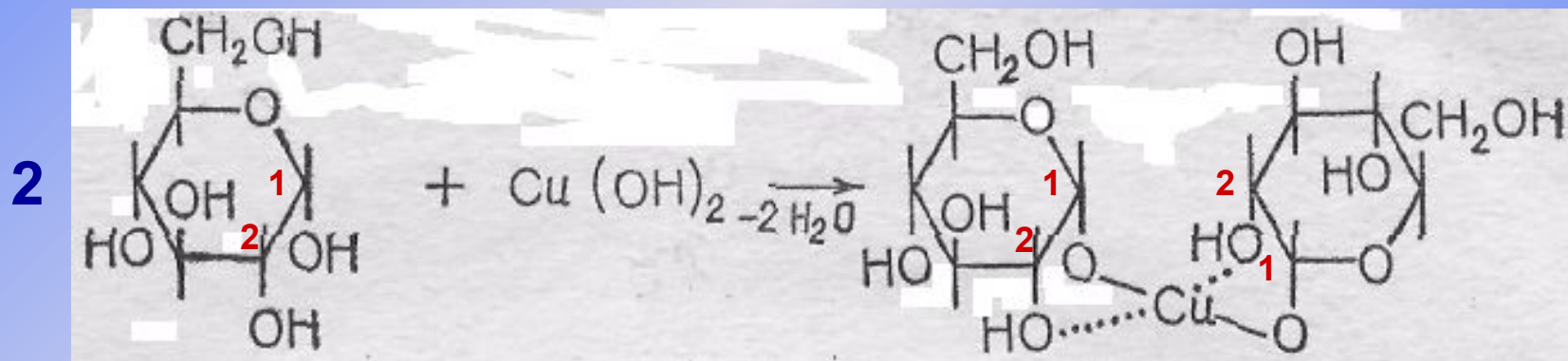
# Дегидратация пентоз и гексоз

## Домашнее задание

Напишите два уравнения реакции дегидратации пентоз и два - гексоз. Назовите исходные вещества и продукты.

# Реакция с гидроксидом меди (II) при нормальных условиях

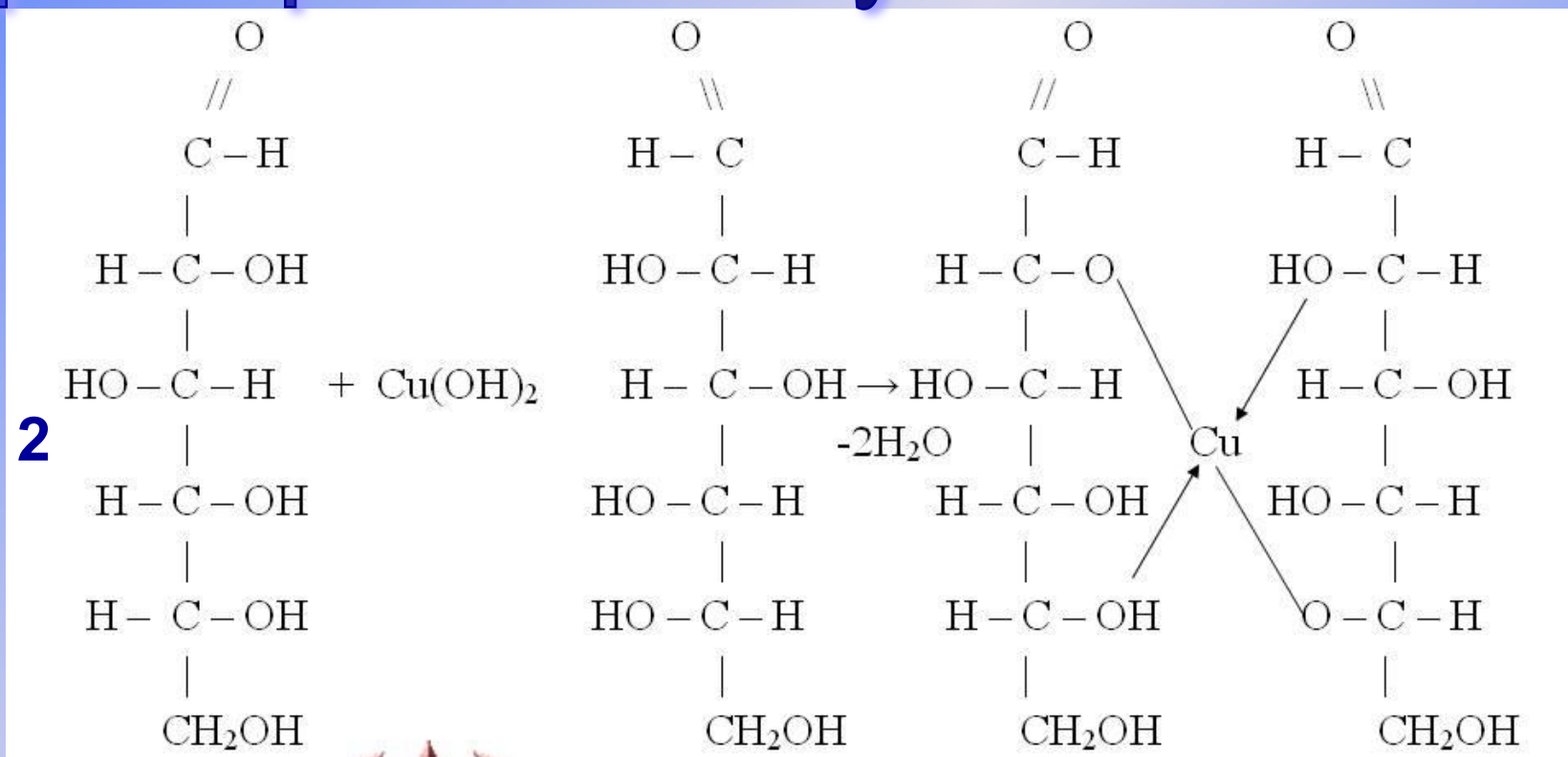
Схему реакции можно показать так, как сделано на этом слайде, а можно так, как это показано на следующем



Замещение водорода на атом меди можно протекать в любых OH-группах, но обычно показывают на примере 1 и 2-го атомов

# Реакция с гидроксидом меди (II)

## при нормальных условиях



D-глюкоза

комплексный D-глюкозат меди (II)



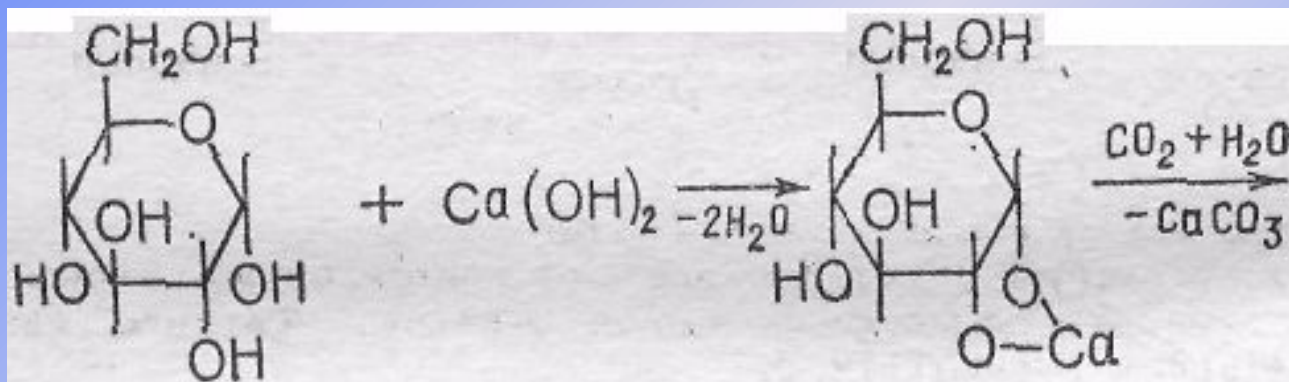




## Домашнее задание

**Напишите 2 уравнения реакции взаимодействия моносахаридов с гидроксидом меди (II) при нормальных условиях. Назовите исходные вещества и продукты.**

# Реакция с гидроксидом кальция



α-D-глюкопираноза

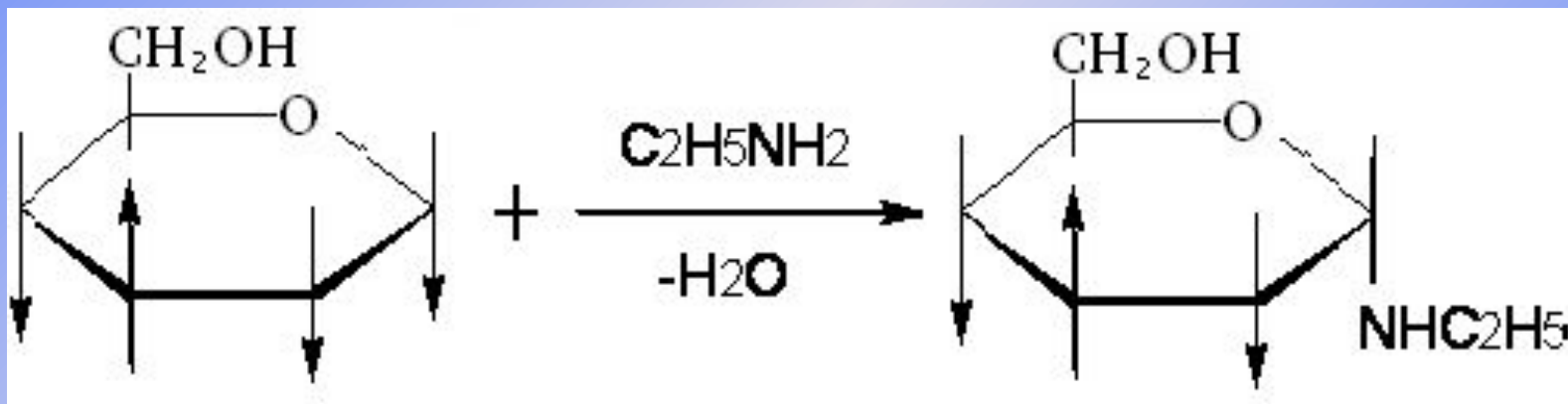
α-D-глюкопиранозат  
кальция

D-глюкоза

**Д/з:** Приведите 1 пример взаимодействия моносахарида в циклической форме с гидроксидом кальция. Назовите исходную альдозу и продукт реакции.



# Аминирование



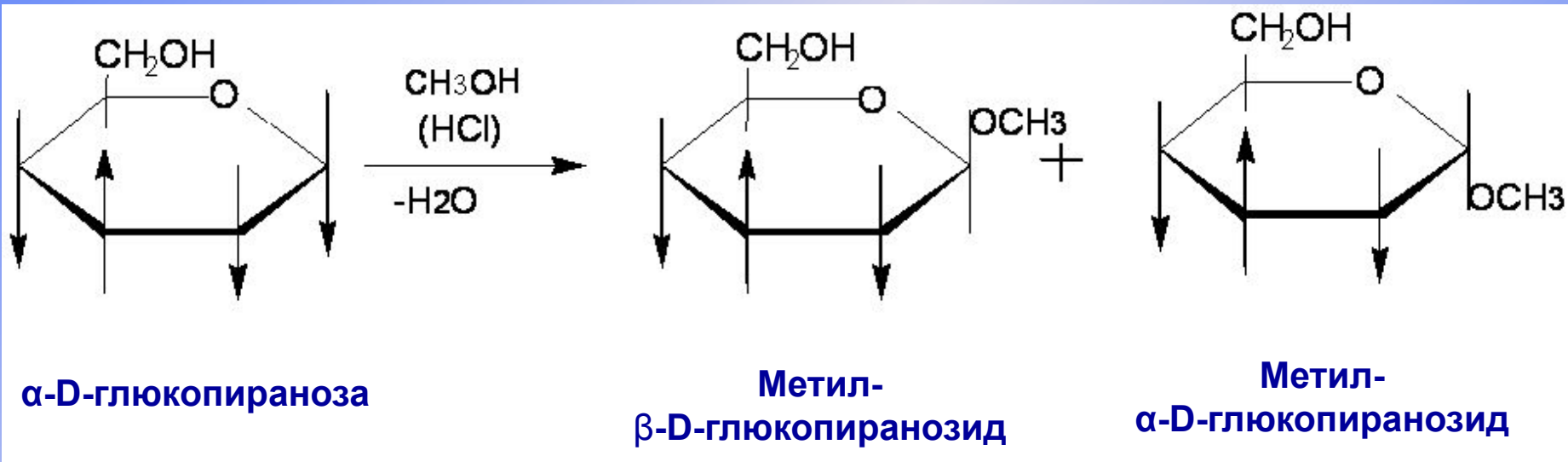
$\alpha$ -D-глюкопираноза

N-этил- $\alpha$ -D-глюкопиранозиламин

**Д/з:** Приведите 2 примера реакции аминирования моносахарида в циклической форме. Назовите исходное вещество и продукт реакции.



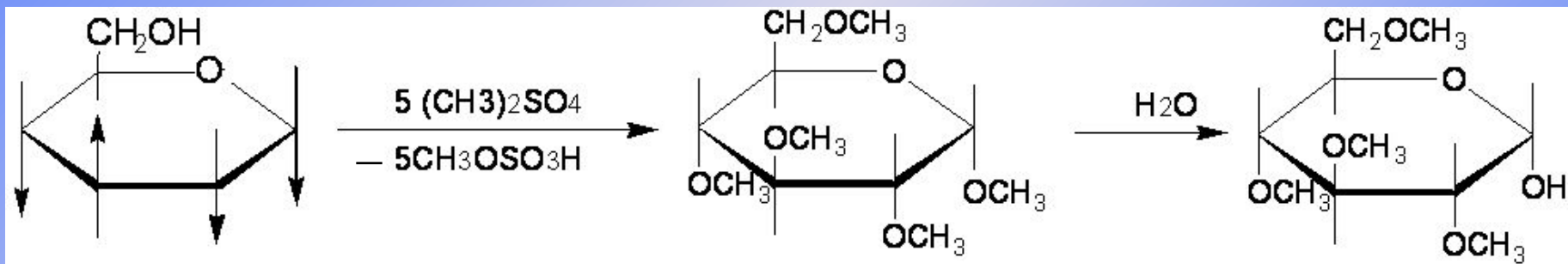
# Алкилирование спиртами



**Д/з:** Приведите 2 примера реакции алкилирования метиловым спиртом моносахарида в циклической форме. Назовите исходное вещество и продукт реакции.



# Алкилирование солями



$\alpha$ -D-глюкопираноза

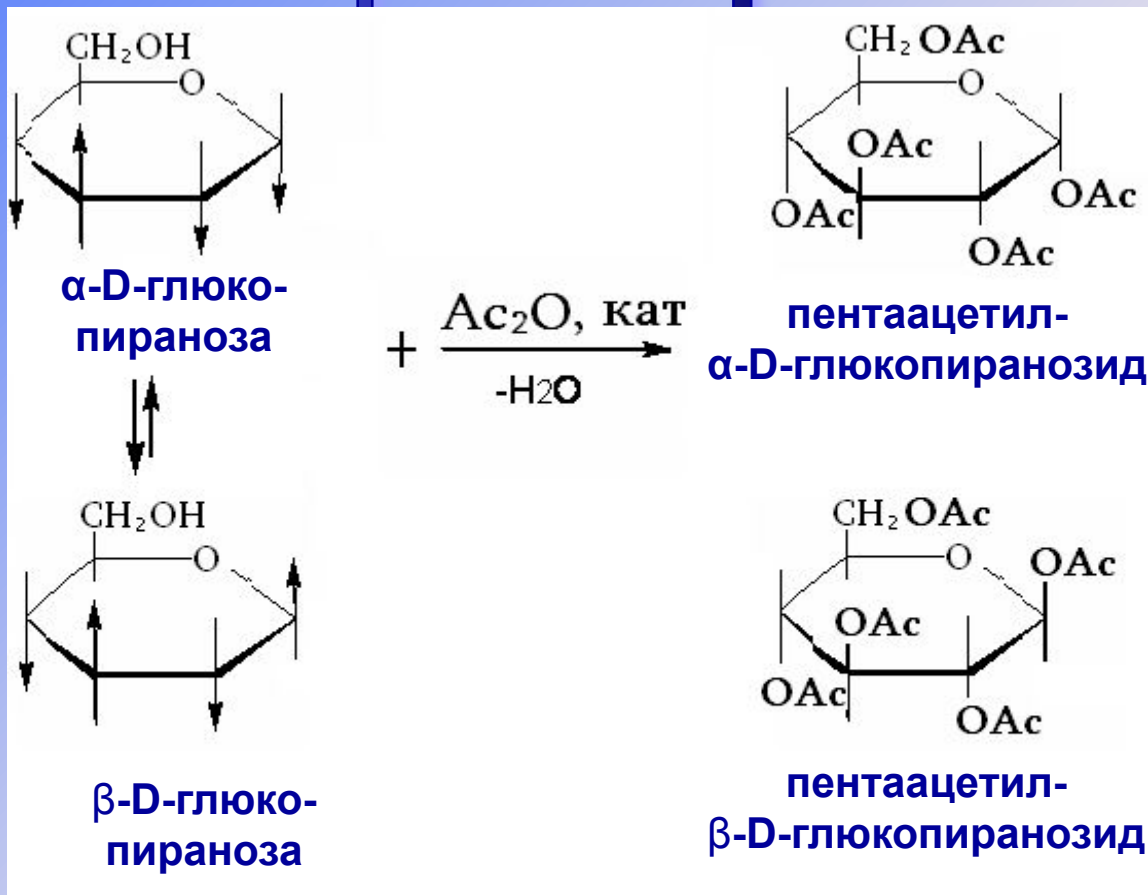
Метил-2,3,4,6-  
тетраметил-  $\alpha$ -D-  
глюкопиранозид

2,3,4,6-  
тетраметил- $\alpha$ -D-  
глюкопираноза

**Д/з:** Приведите 2 примера реакции алкилирования моносахарида в циклической форме диметилсульфатом. Назовите исходное вещество и продукт реакции.



# Ацилирование

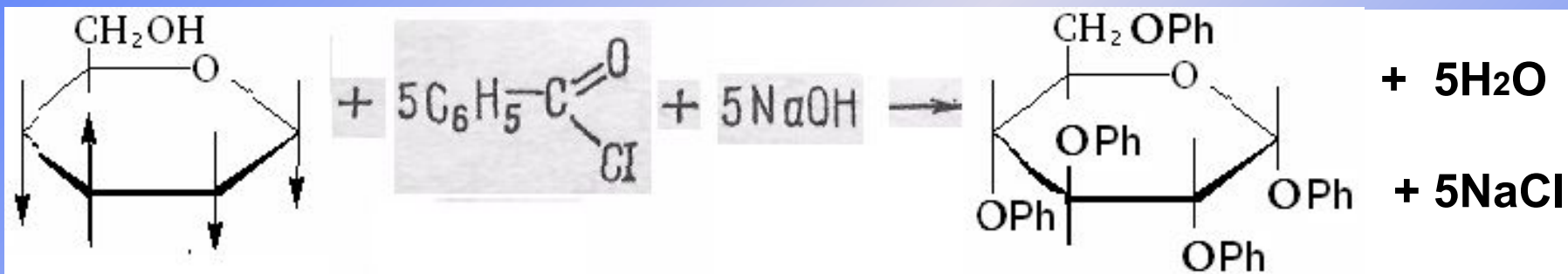


**Д/з:** Приведите 1 пример реакции ацилирования уксусным ангидридом ( $\text{Ac}_2\text{O}$ ) моносахарида в циклической форме. Назовите исходное вещество и продукт реакции.





# Бензоилирование



$\alpha$ -D-глюкопираноза

пентабензоил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид



**Д/з:** Приведите 1 пример реакции бензоилирования бензоилхлоридом ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCl}$ ) моносахарида в циклической форме. Назовите исходное вещество и продукт реакции.

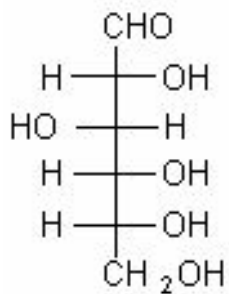




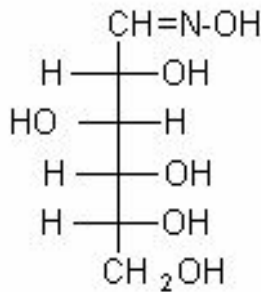
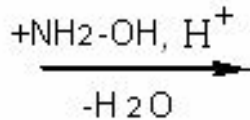
# Реакции, идущие по альдегидной группе



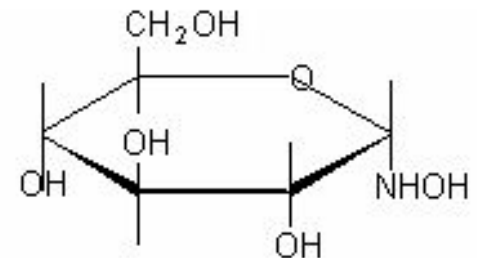
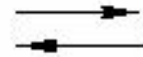
# Реакция с гидроксилламином



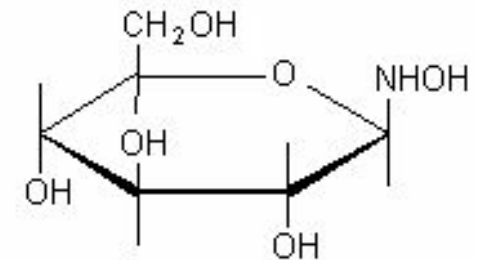
**D-глюкоза**



**оксим  
D-глюкозы**



**гидроксиламино-  
N-α,D-глюкопиранозид**

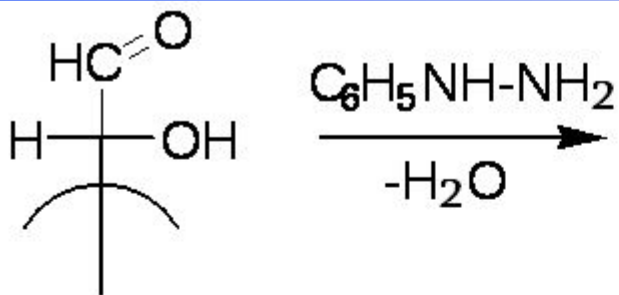


**гидроксиламино-  
N-β,D-глюкопиранозид**

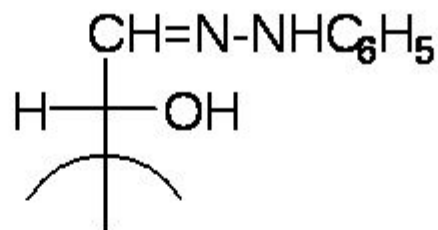
**Д/з: Приведите 2 примера взаимодействия линейной формы моносахарида с гидроксилламином с образованием оксима, а затем гидроксилламинопиранозид. Назовите исходную альдозу и продукты реакции.**



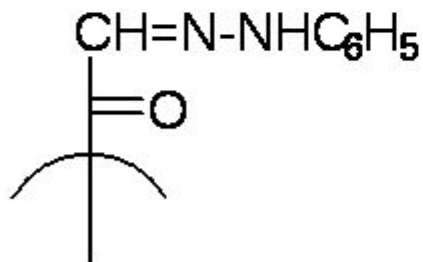
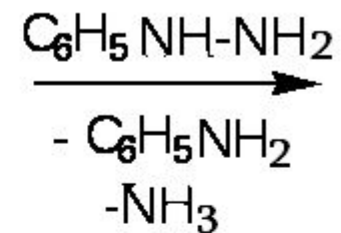
# Реакция с фенилгидразином



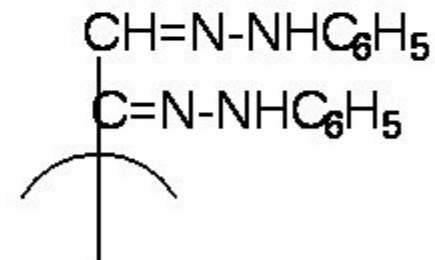
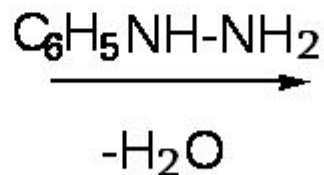
моноза



фенилгидразон



фенилгидразон



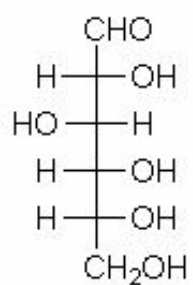
озазон



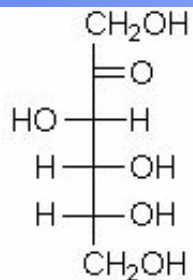


## Домашнее задание

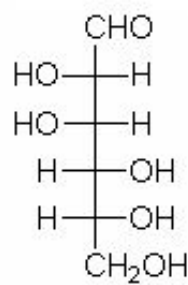
**На примере двух любых альдоз покажите схему взаимодействия с 2-мя молекулами фенилгидрозина с образованием на первой стадии фенилгидразона, а на второй оазона. Назовите исходное вещество и продукты.**



**D-глюкоза**

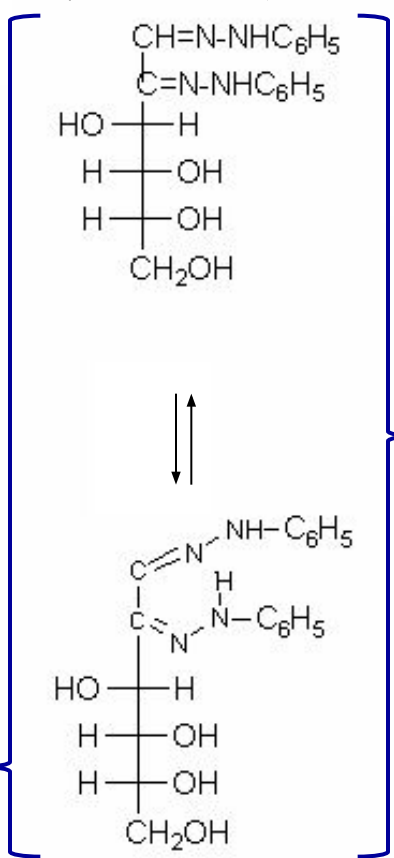


**D-фруктоза**



**D-манноза**

**о  
з  
а  
з  
о  
н**



**Общий озазон  
D-фруктозы,  
D-глюкозы и  
D-маннозы**







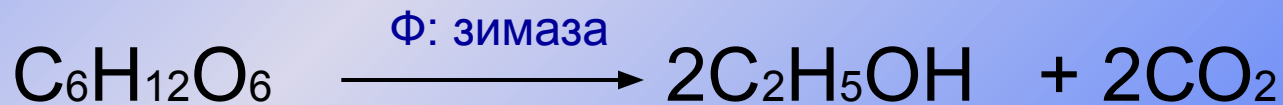
# Реакции брожения



# Брожение глюкозы

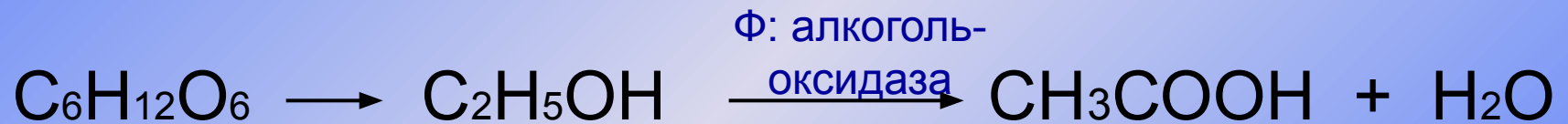
- отличительное свойство моносахаридов, характеризующиеся способностью вступать в анаэробное расщепление под влиянием микроорганизмов или выделенных из них ферментов

## Спиртовое брожение



# Брожение гексоз

## Уксуснокислое брожение



«ВИННЫЙ  
УКСУС»



# Брожение гексоз

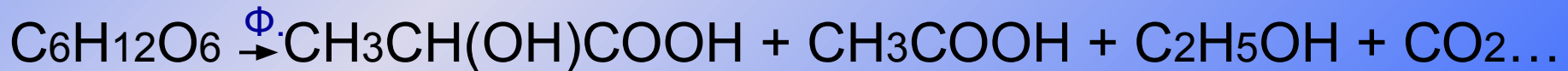
## Молочнокислое брожение



### 1. Ферментативное брожение (*Lactobacillus clebruckii*)

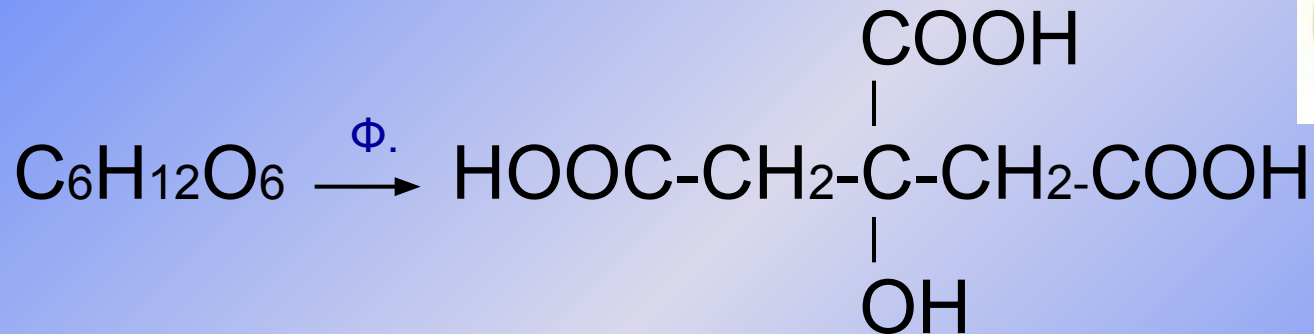


### 2. Ферментативное брожение (*Bacterium lactis aerogenes*)



# Брожение гексоз

## Лимоннокислое брожение



## Маслянокислое брожение





# **ОКИСЛИТЕЛЬНО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ**





# Домашнее задание

**Напишите по 2 примера следующих окислительно-восстановительных реакций:**

- Окисление мягкими окислителями (одно уравнение реакции окисления реактивом Толленса и одно – реактивом Троммера);
- Окисление  $\text{HNO}_3$  до а) сахарной кислоты и б) до урсоновой кислоты;
- Восстановление моносахарида до многоатомного спирта.

**Назовите исходные вещества и продукты.**

# Окислители моносахаридов

## Мягкие окислители

## Сильные окислители

$\text{Br}_2/\text{H}_2\text{O}$

Реактив  
Толленса  
 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$

Реактив  
Троммера  
 $\text{Cu}(\text{OH})_2, \text{t}$

Реактив  
Фелинга

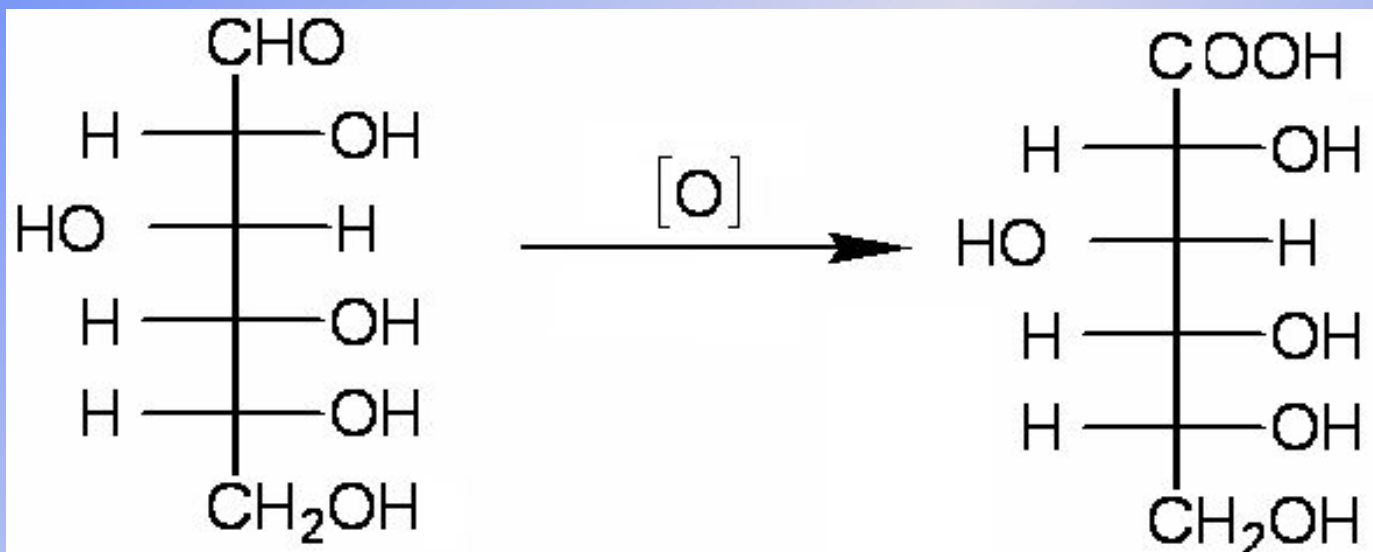
$\text{HNO}_3$

$(\text{CH}_3\text{COO})_4\text{Pb}$

$\text{IO}_4^-$



# Окисление моноз мягкими окислителями



D-глюкоза

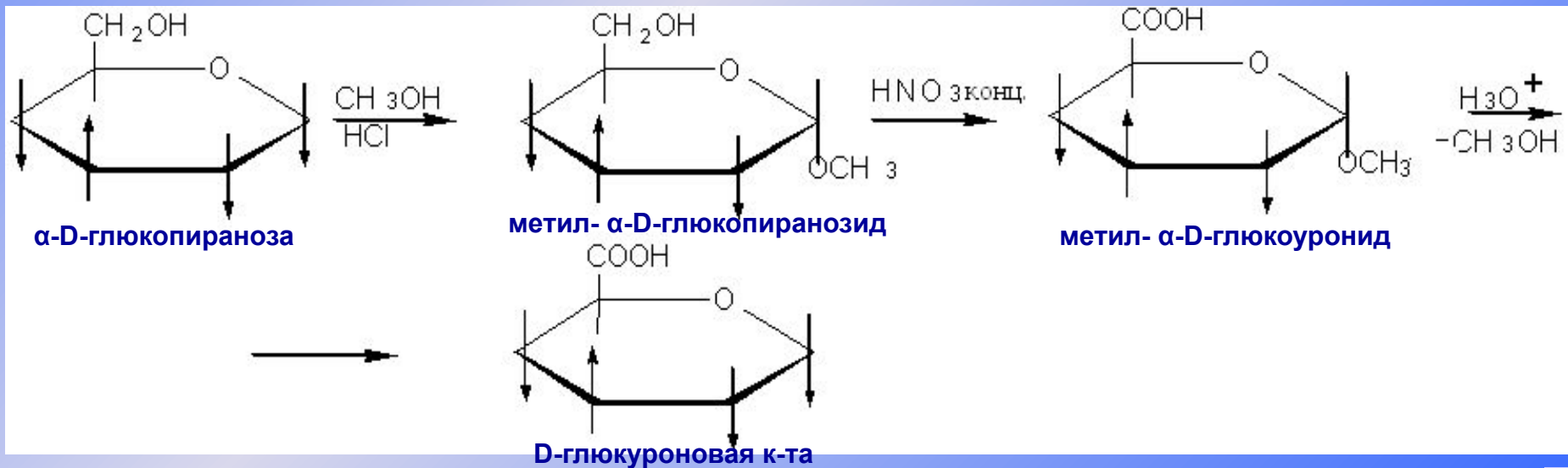
D-глюконовая  
кислота



# Окисление моноз сильными окислителями

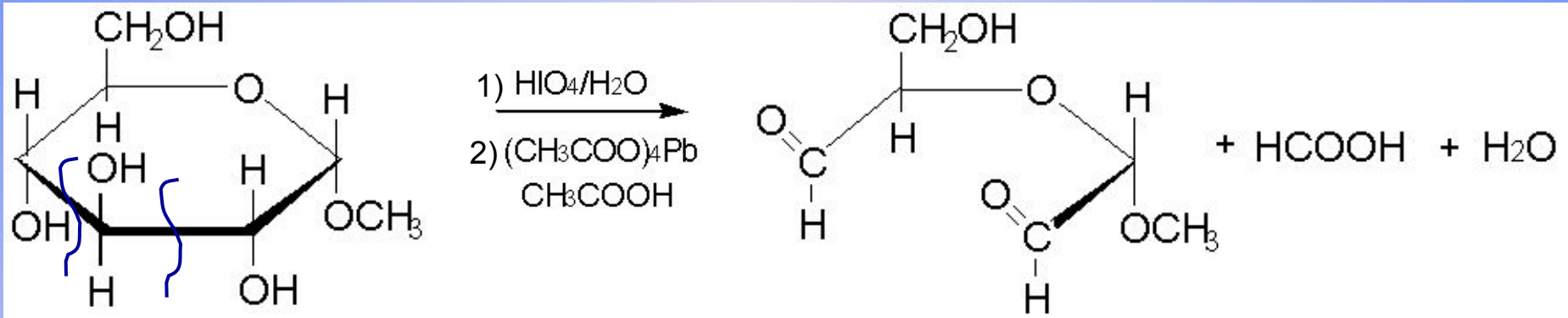


Можно осуществлять окисление моносахаридов с сохранением альдегидной группы до уроновых кислот

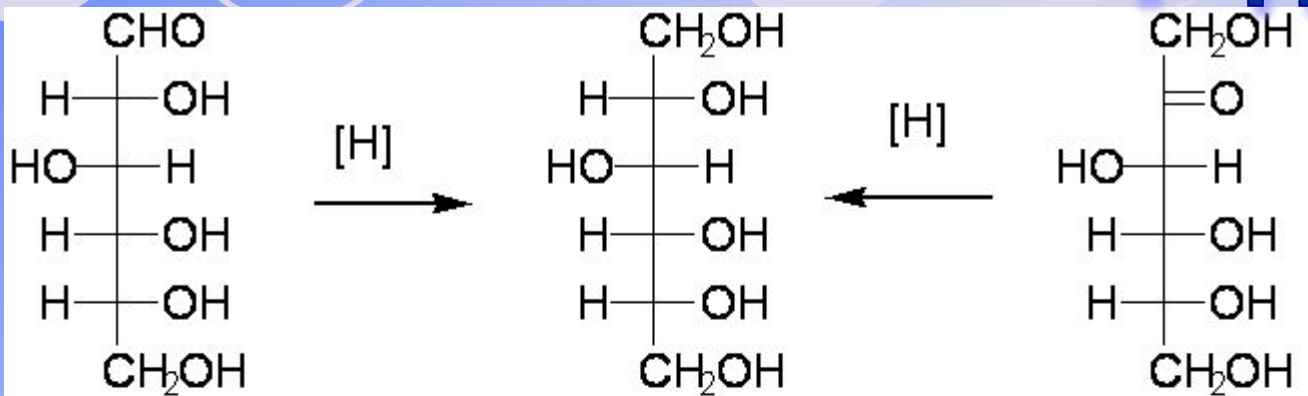


# Окисление моноз сильными окислителями

Расщепление углеводов осуществляется при действии периодат иона или тетраацетата свинца



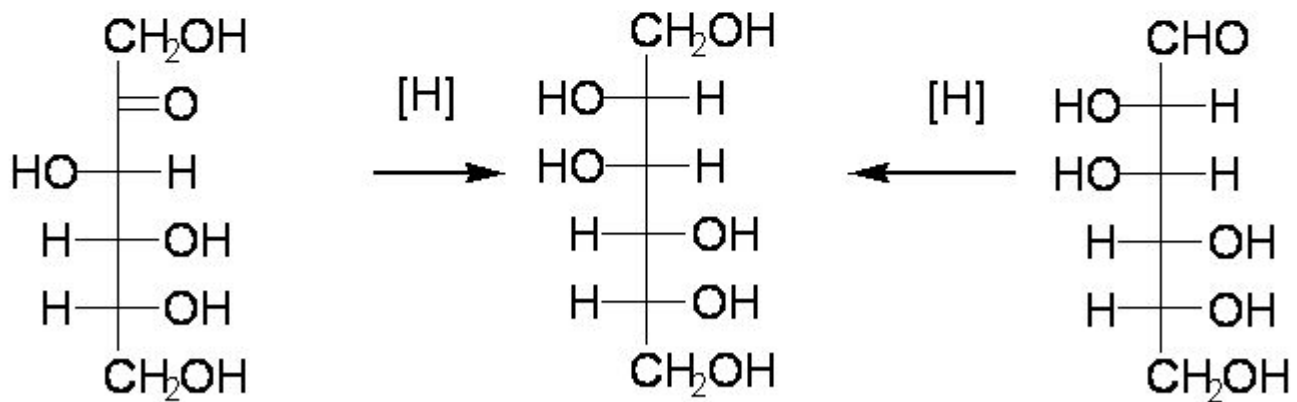
# Восстановление моносахаридов



D-глюкоза

D-сорбит

D-фруктоза



D-фруктоза

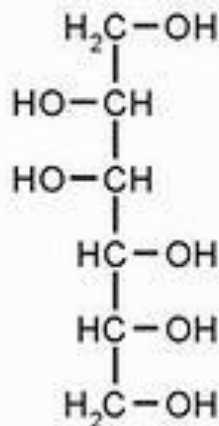
D-маннит

D-манноза



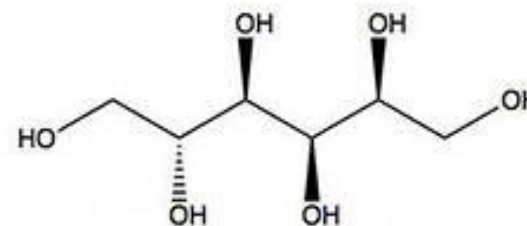


# Восстановление моносахаридов



D-маннит

Маннит и его производные применяют для получения поверхностно-активных веществ, олиф, смол, лаков, взрывчатых веществ, в парфюмерии, а также в пищевой промышленности, как подсластитель и пищевая добавка E421, препятствующая образованию комков в молочных и других продуктах.



D-сорбит

Сорбит часто применяется как заменитель сахара в диетических продуктах. В естественном виде встречается в косточковых плодах, водорослях, высших растениях.



# Восстановители моносахаридов

1.  $\text{Na/Hg}$  в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  разб.
2.  $\text{NaBH}_4$  в  $\text{H}_2\text{O}$
3.  $\text{H}_2/\text{Ni}$ ,  $\text{Pt}$ ,  $\text{Pd}$



# Литература

1. Ким А.М. Органическая химия. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. – 842 с.
2. Органическая химия / Под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 2003. – 560 с.
3. Перекалин В.В. и др. Органическая химия. – М.: Просвещение, – М., 1982. – 560 с.
4. Степаненко Б.Н. Курс органической химии. В 2-х т. – М.: Высшая школа, 1981.
5. Травень В.Ф. Органическая химия. В 2-х т. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.
6. Шабаров Ю.С. Органическая химия. В 2-х т. – М.: Химия, 1996.

