

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 14.09.2022 16:36:53  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d4260b9e3f1c1eabb75e943d744b51fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии



## УГЛЕВОДЫ

Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по курсу «Органическая химия» для студентов направления подготовки 04.03.01 Химия

Курс 2020

УДК 547.114

Составители Л.М.Миронович

Рецензент:

Кандидат химических наук, доцент *С.Д.Пождаева*

**Углеводы:** методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по курсу «Органическая химия» для студентов направления подготовки 04.03.01 Химия / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Л. М. Миронович. Курск, 2020, 17 с: Библиогр.: 17 с.

Методические указания предназначены для углубленного изучения углеводов курса «Органическая химия» для студентов очной формы обучения, а также для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и инженеров кафедры органической и аналитической химии.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по курсу «Органическая химия» для студентов направления подготовки 04.03.01 «Химия».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 21.02.20. Формат 60x84 1/16  
Усл.печ.л. 1,14 Уч.-изд.л. 0,89 Тираж 50 экз. Заказ 101 Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## СОДЕРЖАНИЕ

	с
1 Краткие теоретические сведения. . . . .	3
2 Вопросы для самоподготовки. . . . .	9
3 Примеры ответов на тестовые задания. . . . .	10
4 Тестовые задания. . . . .	12
5 Литература. . . . .	17

## КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Термин “углеводороды” предложен в 1844 г. российским химиком К.Г.Шмидтом  $[C_x(H_2O)_y]$ . К углеводородам относят многочисленную группу природных и синтетических веществ, которые являются полигидроксильными соединениями, которые имеют в своем составе альдегидную либо кетонную группы, или образуют их при гидролизе.

Углеводы (сахара) широко распространены в природе. Они составляют до 80% массы сухого остатка растений и приблизительно 2% сухого остатка млекопитающих.

Целлюлоза является опорным материалом клеток растений. Биополимеры на основе углеводов обеспечивают нас одеждой (хлопок, лен, вискоза); строительным материалом и топливом (древесина); пищей с высокой энергетической ценностью (крахмал, сахароза).

Млекопитающие организмы не способны к синтезу углеводов и получают их с пищей растительного происхождения. В растениях углеводороды образуются с оксида углерода (IV) и воды в процессе сложной реакции фотосинтеза, которая проходит за счет солнечной энергии с участием зеленого пигмента растений – хлорофилла.

Изучение данной темы является базовой в органической химии, вследствие большого биологического значения и применения в хозяйстве. Данная методическая разработка, предназначена для углубленного изучения темы, укрепления навыков по химическим свойствам углеводов, написанию структурных формул различных классов углеводов и их применения.

Углеводы (сахара) делят на моносахариды (альдозы, кетозы) и полисахариды (олигосахариды, в том числе дисахариды (сахароза, лактоза, целлобиоза) и полисахариды (крахмал, целлюлоза).

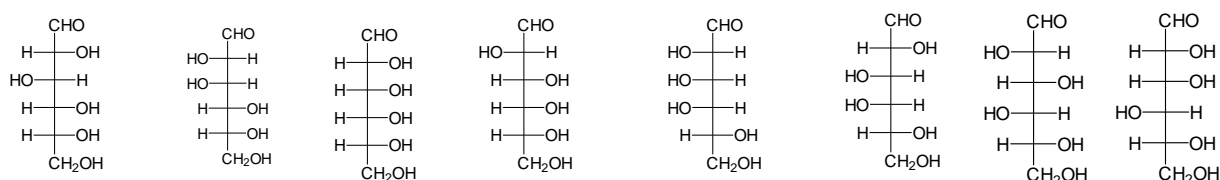
Все изомеры делят на D– и L–стереохеометрические ряды (схема 1), принадлежность к которым определяется конфигурацией глицеринового альдегида, то есть по конфигурации хирального атома углерода, максимально отдаленного от карбонильной группы.

Половина стереоизомеров относится к D-ряду, а другая половина к L-ряду, и они являются оптическими антидотами (D-глюкоза, L-глюкоза), то есть *энантиомерами*. Альдогексозы существуют в виде 8 пар энантиомеров. *Диастереомеры* – это пространственные изомеры моносахаридов, которые отличаются конфигурацией одного или нескольких атомов углерода и не отличаются от энантиомеров.

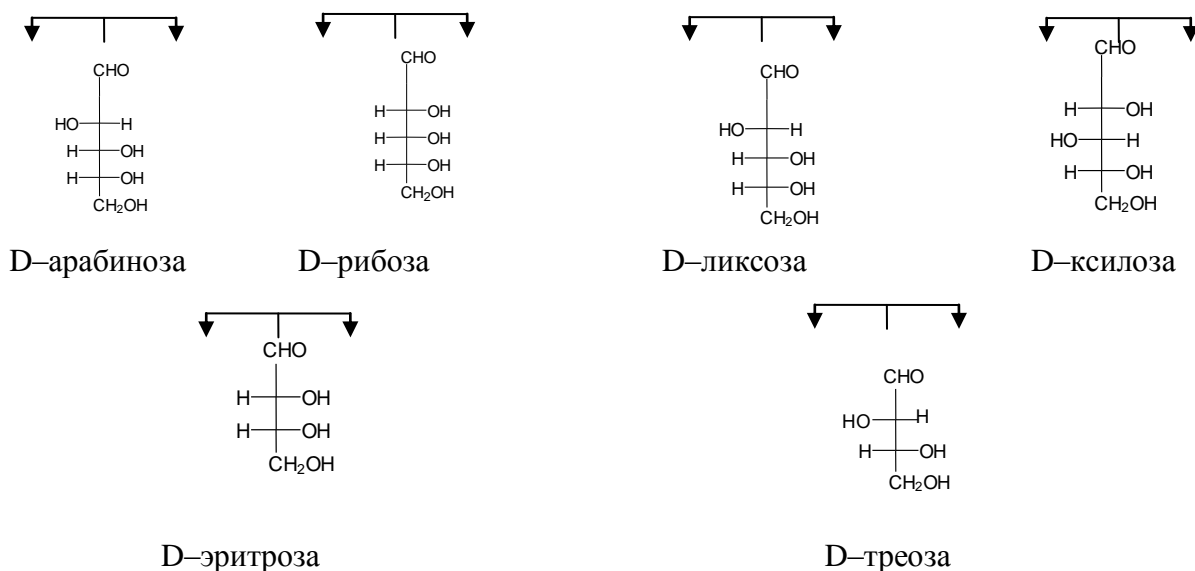
Если диастереомеры различаются конфигурацией лишь одного хирального атома углерода, то их называют *эпимерами*.

Оптическая активность – это способность веществ вращать плоскость поляризованного луча света. Вращение плоскости света в правую сторону обозначают знаком (+), а в левую сторону – знаком (-).

### Схема 1 – Генетический ряд D-глицеринового альдегида



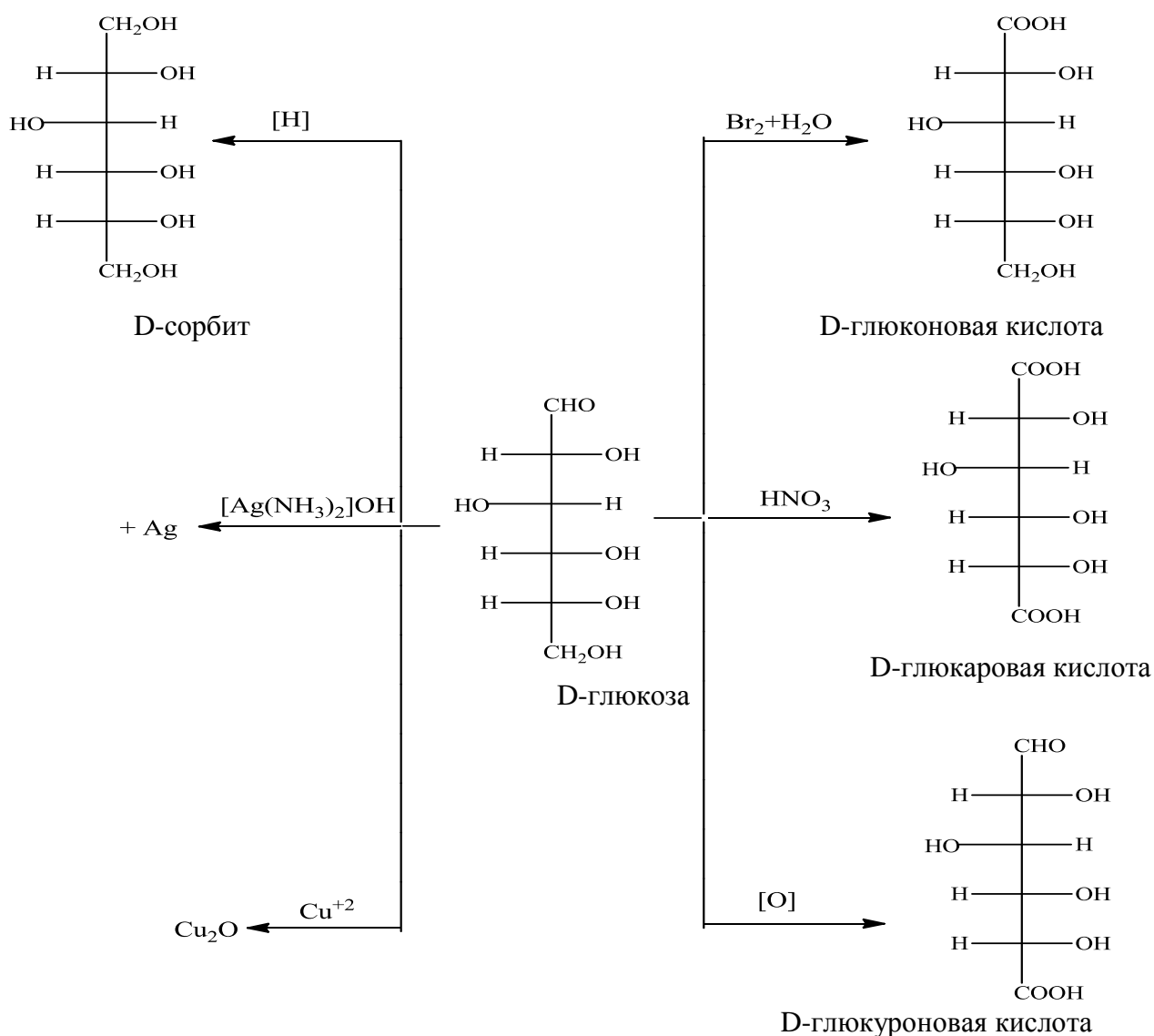
D-глюкоза D-манноза D-аллоза D-альтроза D-талоза D-галактоза D-идоза D-гулоза



**Химические свойства.** Восстановление проводят водородом в присутствии катализатора (никель, палладий), при этом образуются многоатомные спирты. D-Ксилит (из D-ксилозы) и D-сорбит (из D-глюкозы) применяют как заменители сахара.

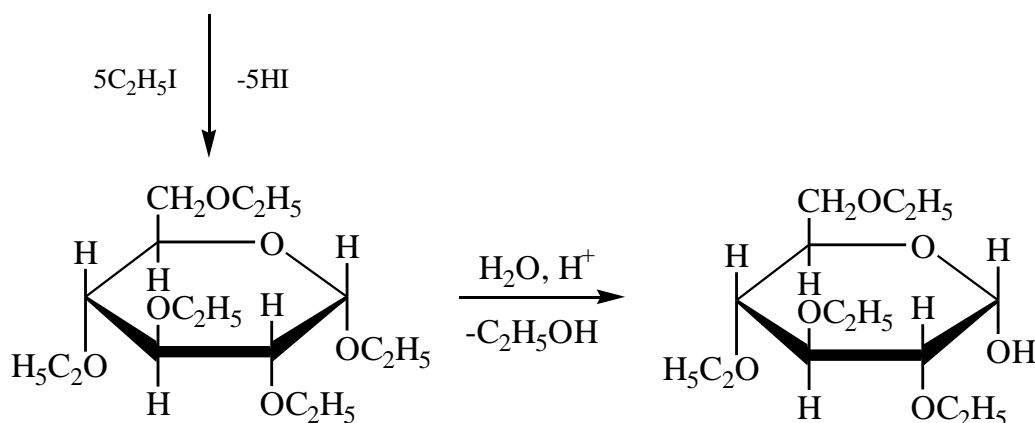
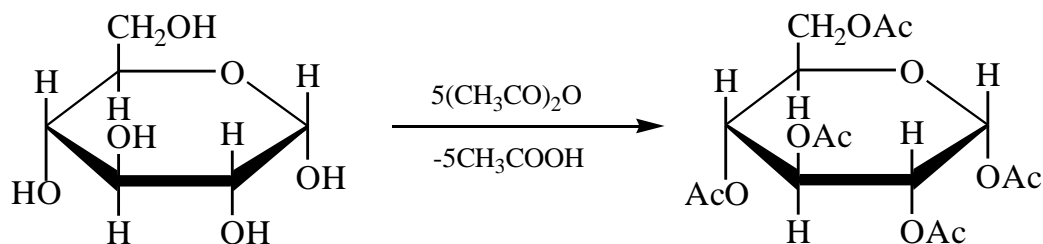
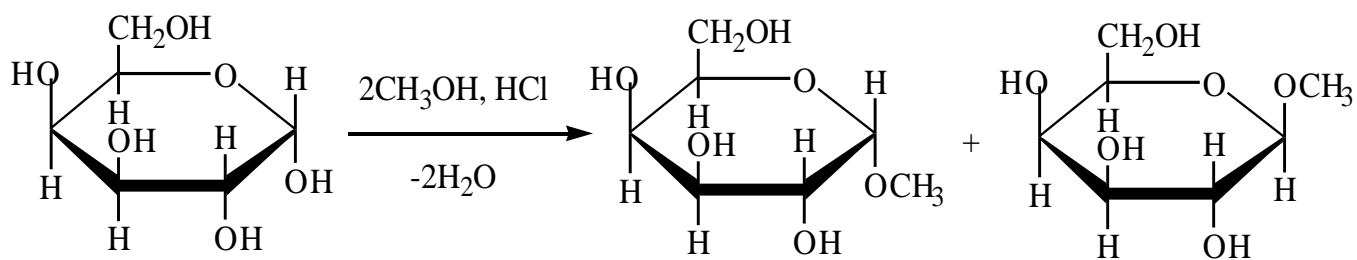
Слабые окислители приводят к окислению альдегидной группы с образованием альдоновых кислот. Сильные окислители приводят к окислению альдегидной и первичной спиртовой группы с образованием альдаровых кислот.

Селективное окисление первичной спиртовой группы приводит к образованию уроновых кислот.



Изомерные превращения моносахаридов под действием щелочей называют *эпимеризацией*. Эпимеризация происходит через эндиольную форму и образуется смесь трех моносахаридов.

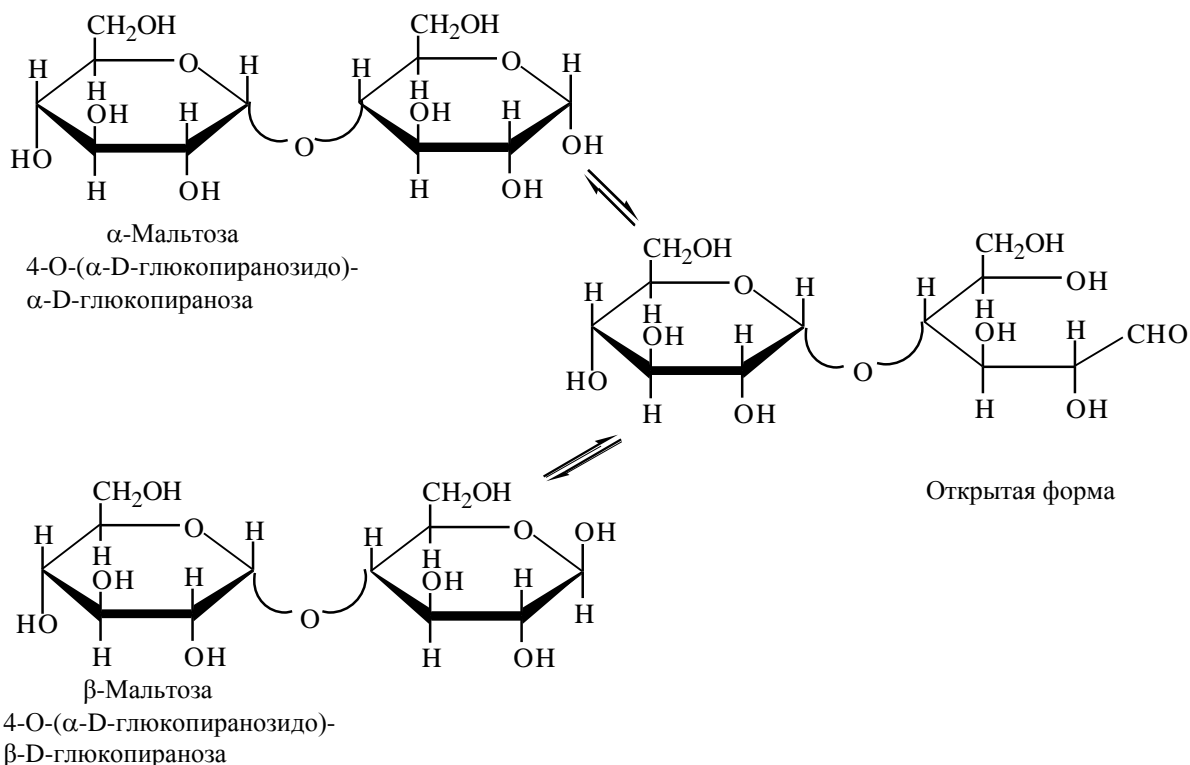
Действие галогеналканов, диметилсульфата  $(CH_3)_2SO_4$  на моносахариды приводит к гликозидам, алкилированным по всем гидроксильным группам. Гидролизу подвергается только гликозидная связь.



*Дисахаридами* называют углеводы, молекулы которых состоят из двух остатков моносахаридов одинакового или различного строения, соединенных между собой гликозидной связи.

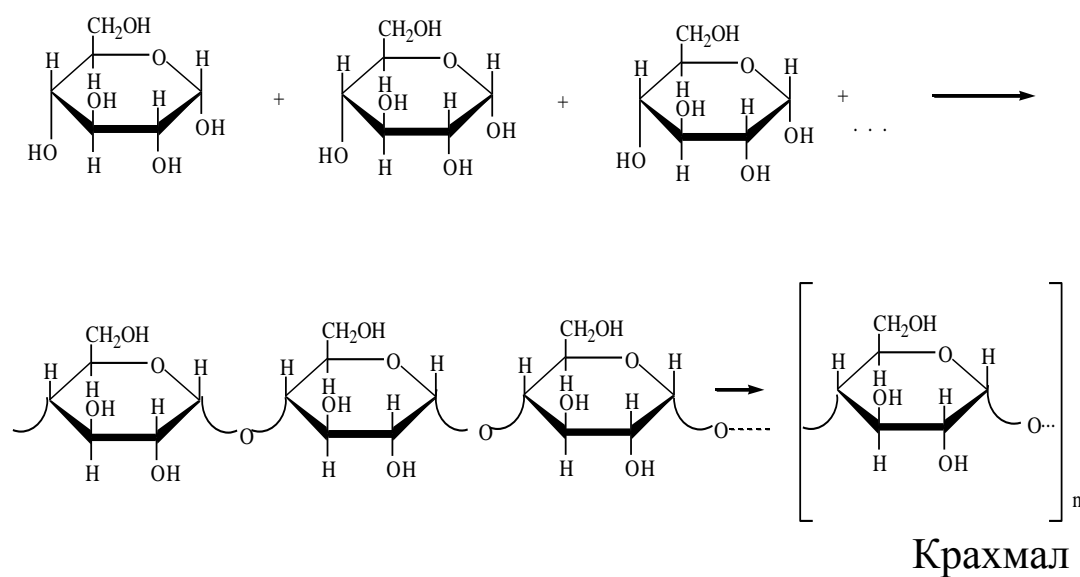
Наиболее распространенными в природе являются: сахароза (свекловичный или тростниковый сахар); мальтоза (солодовый сахар); лактоза (молочный сахар); целлобиоза (продукт гидролиза древесины) и имеют брутто-формулу  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

*Восстанавливающие дисахариды* - это дисахариды образованные из остатков двух моносахаридов, соединенных между собой глюкозид-гликозидной связью за счет полуацетальной гидроксильной группы одного моносахарида и спиртовой гидроксильной группы другого моносахарида. К ним относят: мальтозу, лактозу, целлобиозу.



*Невосстанавливающие дисахариды* – это дисахариды, гликозидная связь в которых образована за счет полуацетальных гидроксильных групп двух молекул. Существуют в растворах только в циклической форме, не проявляют восстановительных свойств, не подвергаются мутаротации.

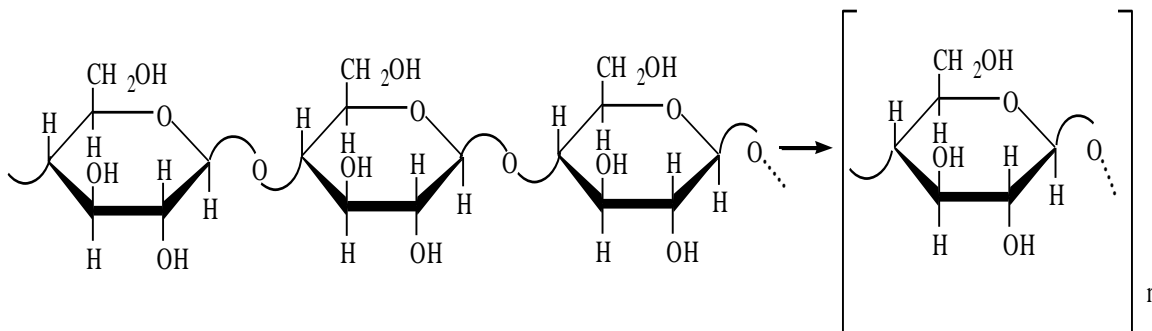
*Полисахариды* – это соединения, молекулы которых имеют более десяти моносахаридных звеньев, соединенных O-гликозидной связью.





Крахмал является источником резервной энергии в растениях (картофель, семечки, корни). Крахмал содержит от 15 до 25% растворимой в воде амилозы и 75–78% нерастворимого в воде амилопектина.

Полисахарид – *целлюлоза*, является составной частью оболочек растительных клеток. В состав древесины входит от 50 до 70% целлюлозы (50% - хвойные породы), а в состав хлопка – приблизительно 90–98% целлюлозы.



### Вопросы для самоподготовки

- 1 Дайте определение углеводам.
- 2 Классификация моносахаридов, имеющих 6 атомов углерода в основной цепи.
- 3 Почему атомы углерода являются хиральными центрами. Поясните на примере L-галактозы.
- 4 Объясните явление мутаротации на примере D-глюкозы.
- 5 Что понимают под эпимеризацией моносахаридов? Покажите на примере.
- 6 Напишите формулы Фишера, Хеурса, Толленса для D-фруктозы.
- 7 Дайте понятие о полуацетальных формах моносахаридов.
- 8 Напишите аномеры D-маннозы.
- 9 Сколько хиральных центров содержит D-галактоза и D-рибоза?
- 10 Напишите превращения, характеризующие изомеризацию D-глюкозы в щелочной среде.
- 11 Дайте понятие гликозидам.

- 12 Напишите реакцию взаимодействия D-галактозы с фенилгидразином. Где находит применение данная реакция?
- 13 Напишите реакции окисления D-галактозы под действием различных окислителей.
- 14 Какой продукт может быть получен по схеме синтеза Килиани-Фишера из D-треозы?
- 15 Напишите структурную формулу сахарозы и ее гидролиз в кислой среде.
- 16 Напишите структурную формулу целлобиозы и ее гидролиз в кислой среде.
- 17 Напишите реакцию полного алкилирования лактозы.
- 18 Дайте характеристику восстанавливающим сахарам.
19. Напишите общую формулу крахмала и приведите полный гидролиз его под действием ферментов.
- 20 Напишите общую формулу целлюлозы. Где находит применение целлюлоза в различных отраслях промышленности?

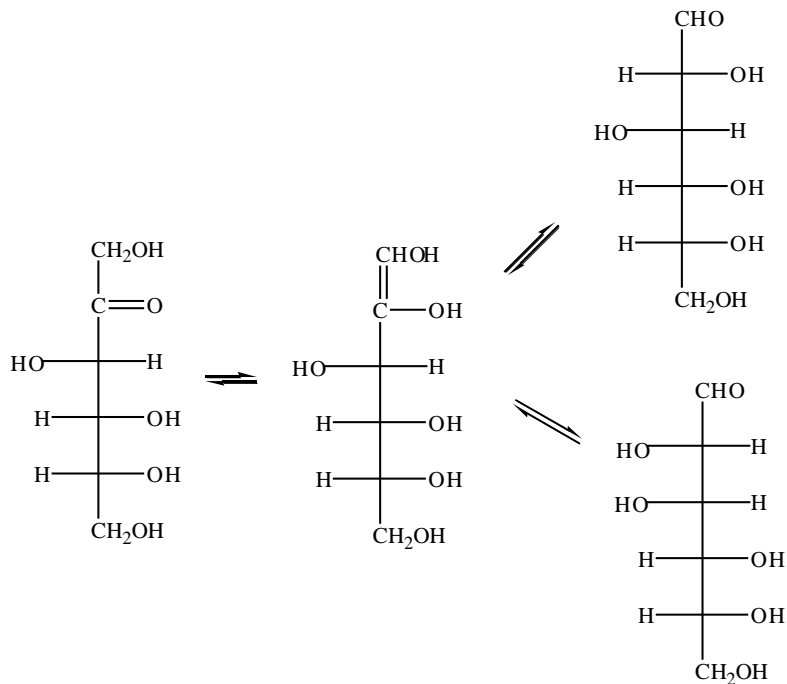
### Примеры ответов на тестовые задания

Пример 1. В щелочной среде наряду с D-фруктозой в растворе имеются

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| а) D-галактоза, D-глюкоза; | б) D-галактоза, D-манноза; |
| в) D-рибоза, D-глюкоза;    | г) D-манноза, D-глюкоза    |

Ответ: Под действием разбавленных щелочей (или органических оснований) при нагревании эпимерные альдозы переходят друг в друга и соответствующие кетозы. Аналогично кетозы переходят в эпимерные альдозы.

Эпимеризация объясняется енолизацией кетозы (ендиольной формы) под действием щелочи. Далее ендиольная форма может самопроизвольно стабилизироваться с образованием двух эпимерных углеводов (D-манноза, D-глюкоза). Превращение происходит самопроизвольно и поэтому в растворе существует три углевода. Напишем превращения D-фруктозы в щелочной среде.



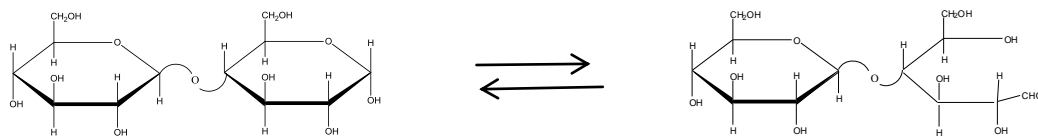
D-фруктоза    ендиольная форма    D-манноза и D-глюкоза

Ответ: Совместно с D-фруктозой в растворе находятся D-манноза и D-глюкоза (пункт г).

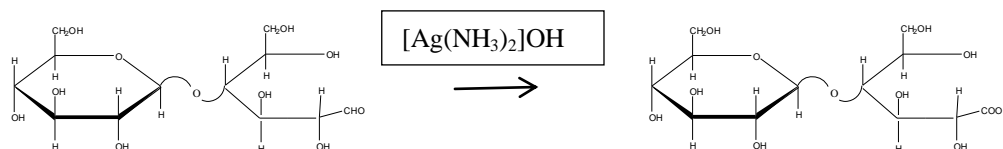
Пример 2. При окислении α-целлобиозы реактивом Толленса образуется



Ответ: Все углеводы в растворах существуют в открытой и полуацетальной формах за счет кето-енольной таутомерии, что можно представить следующей схемой



В полуацетальной форме  $\alpha$ -целлобиоза не вступает в реакцию с реактивом Толленса, а в открытой форме, имеющей альдегидную группу происходит ее окисление до карбоксильной группы по уравнению



В ответе имеются две формулы, имеющие карбоксильные группы в открытой форме, но формула в подпункте в) не является целлобиозой. Выбираем ответ а).

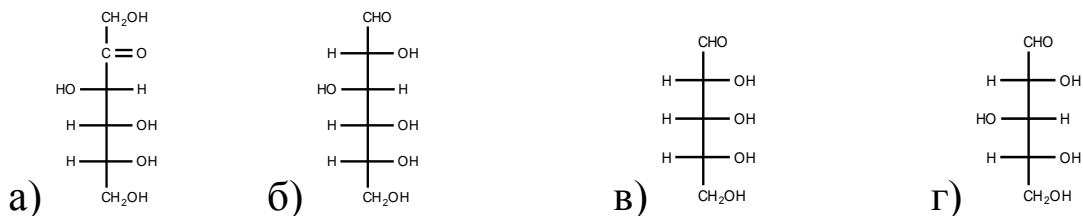
Ответ: а)

### Тестовые задания

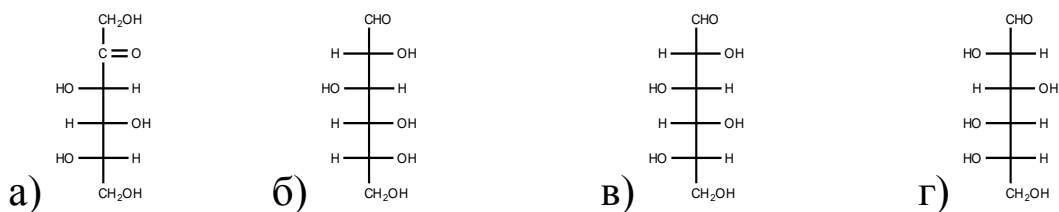
- 1 Относительная конфигурация моносахаридов (D-, L-) определяется по стандарту.....
- 2 Зеркальные изомеры углеводов являются
  - а) эпимерами; б) энантиомерами; в) диастереомерами;
  - г) аномерами.
- 3 Изомерные превращения моносахаридов под действием щелочей называют.....
- 4 D-глюкоза и L-глюкоза являются
  - а) эпимерами; б) аномерами; в) диастереомерами; г) энантиомерами
- 5 В водном растворе моносахариды существуют в виде
  - а) 4 таутомерных форм; б) 2 таутомерных форм;
  - в) 3 таутомерных форм; г) 5 таутомерных форм.
- 6 В растворах переход одной формы в другую происходит
  - а) дискретно; б) непрерывно; в) не происходит; г) постепенно.
- 7 Изобразить полуацетальные формы в виде пиранозного и фуранозного циклов предложил
  - а) Колли; б) Толленс; в) Фишер; г) Хеуорс.
- 8 Выберите соответствие приведенных формул формуле D-галактозы



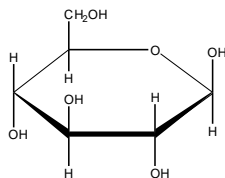
9 Из приведенных формул выберите формулу D-рибозы



10 Выберите соответствие приведенных формул формуле L-ГЛЮКОЗЫ

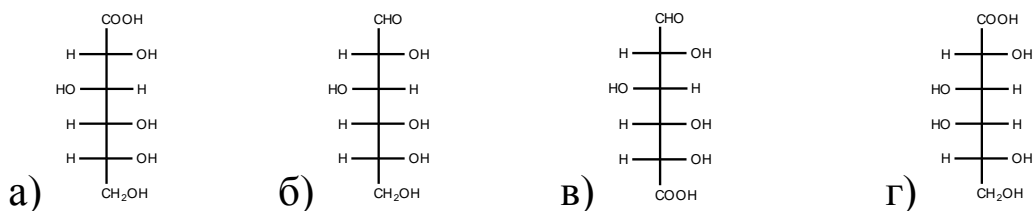


11 Приведенная формула является

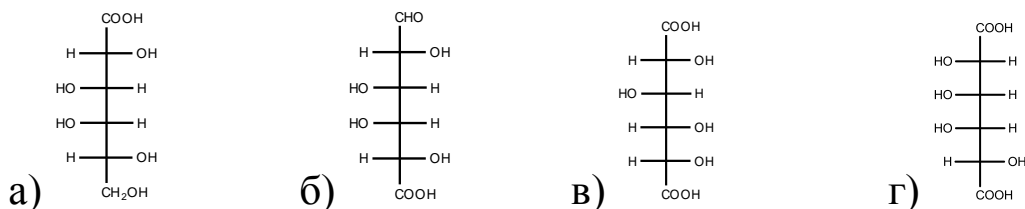


- а) α-D-глюкопиранозой;      б) α-D-галактопиранозой;  
 в) β-D-глюкопиранозой;      г) β-D-маннопиранозой

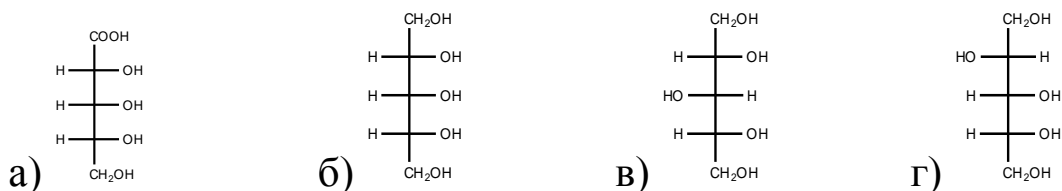
12 Окисление D-глюкозы в мягких условиях (.....) приводит к образованию



13 Действие сильных окислителей (.....) на D-талозу приводит к образованию



14 Восстановление водородом в присутствии никелевого катализатора D-рибозы приводит к образованию



15 Слабые окислители приводят к окислению моносахаридов с образованием

- а) уоновых кислот;                      б) альдаровых кислот;  
 в) альдоновых кислот;                г) многоатомных спиртов

16 При действии реактива Толленса (.....) на альдозы образуется .....

17 При действии реактива Толленса на раствор α-метил-D-глюкопиранозиды образуется

- а) осадок красного цвета;                      б) осадок серебра;  
 в) появление осадка не наблюдается;    г) осадок черного цвета.

18 Выберите соответствие приведенных формул формуле, которая является реактивом Толленса

- а)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ;                      б)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ;  
 в)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_4]\text{OH}$ ;                      г)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{OH}$

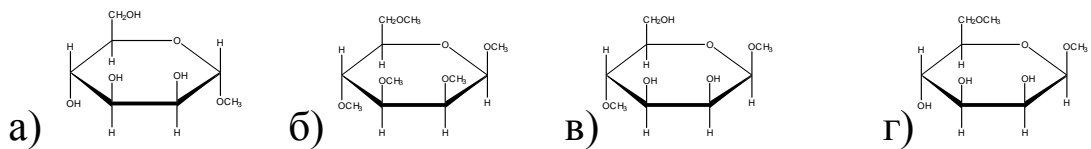
19 В процессе выведения токсических веществ из организма принимают участие

- а) уоновые кислоты;                      б) альдаровые кислоты;  
 в) альдоновые кислоты;                г) моносахариды

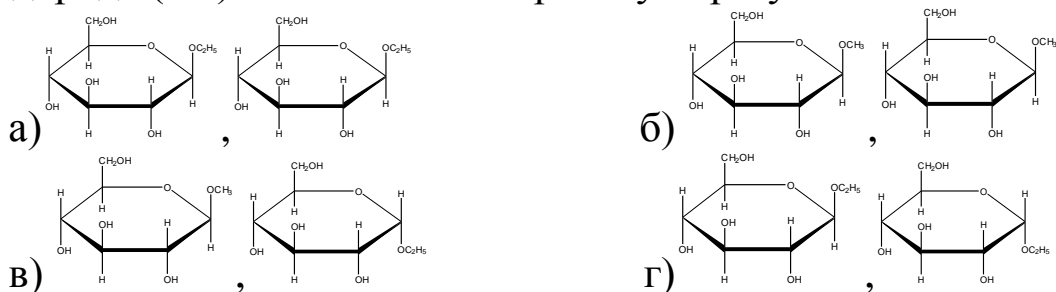
20 В щелочной среде наряду с D-маннозой в растворе имеются

- а) D-галактоза, D-глюкоза;                б) D-галактоза, D-рибоза;  
 в) D-фруктоза, D-глюкоза;                г) D-манноза, D-глюкоза.

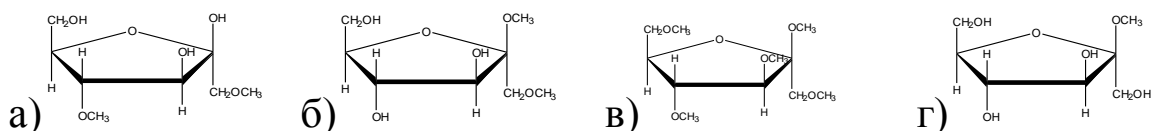
21 При действии йодметана в избытке на β-D-маннопиранозу образуется



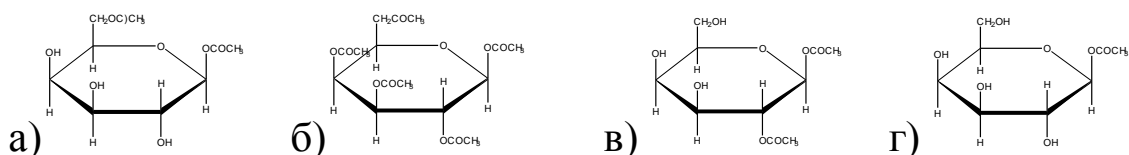
22 При действии спирта (этанола) в присутствии хлористого водорода (газ) на  $\alpha$ -D-глюкопиранозу образуются



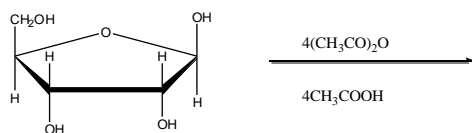
23 Выберите соответствие утверждения из предложенных структурных формул, что при действии избытка йодметана на  $\beta$ -D-фруктофуранозу образуется



24 Ацилирование избытком уксусного ангидрида  $\beta$ -D-галактопиранозы приводит к образованию

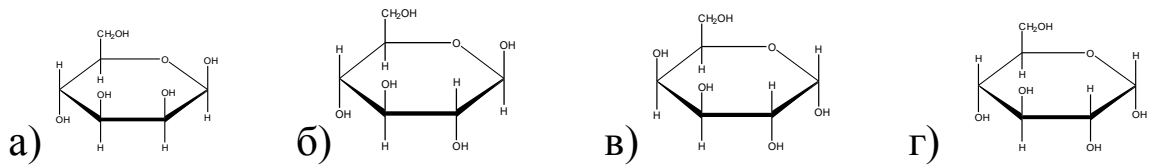


25 По приведенной схеме образуется

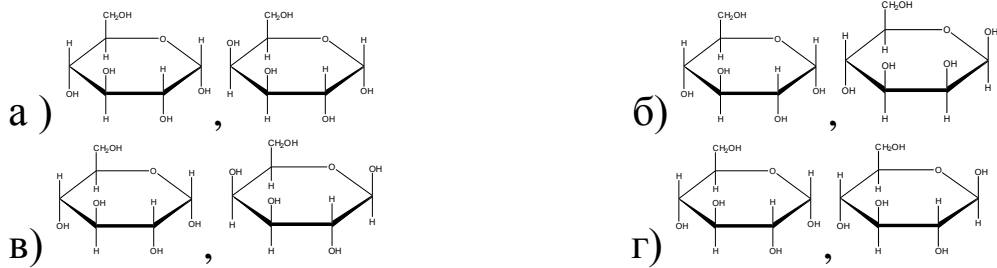


- а)  $\beta$ -ацетил-D-рибофураноза; б)  $\alpha$ -ацетил-D-рибофураноза;  
в) 1,2,3,5-тетраацетил- $\beta$ -D-рибофураноза;  
г) 1,2,3,5-тетраацетил- $\alpha$ -D-рибофураноза.

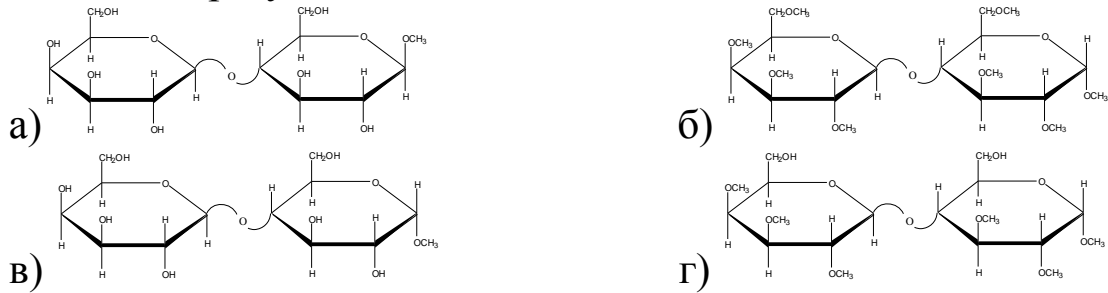
26 Из приведенных формул выберите углевод, который образуется при полном гидролизе крахмала



27 Выберите соответствие приведенным ответам утверждение того, что гидролиз  $\beta$ -мальтозы приводит к образованию



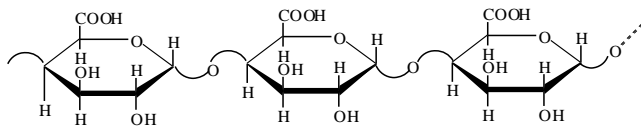
28 При метилировании избытком хлорметана в щелочной среде  $\alpha$ -лактозы образуется



29 Из приведенных формул выберите формулу, которая отвечает открытой форме  $\alpha$ -целлобиозы



30 Приведенная формула является.....





## Литература

1. Реутов О. А. Органическая химия [Текст]: в 4 ч.: учебник для студентов вузов. Ч. 1 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 567 с.

2. Березин Б. Д. Курс современной органической химии: Учебное пособие / Б. Д. Березин, Д. Б. Березин. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2003. – 768 с.

3. Иванов В. Г. Органическая химия: Учеб. пособие для студ. вуз. / В. Г. Иванов; В. А. Горленко, О. Н. Гева. – М.: Мастерство, 2003. – 620 с.

4. Физико-химические свойства органических соединений [Текст]: справочник / под общ. ред. А. М. Богомольного. – М.: Химия: Колос, 2008. – 543 с.

5. Травень В. Ф. Органическая химия в 3 ч.: учебное пособие для вузов. Ч.3 / В. Ф. Травень. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 388 с.

6. Миронович Л. М. Биоорганическая химия. Базовый курс [Текст]: учебное пособие / Л. М. Миронович, С. М. Иванов – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т., 2019. – 191 с.

7. Сулейманова Н. А. Органическая химия [Электронный ресурс]: избранные темы курса, лабораторные работы и задания для самостоятельной подготовки и освоению курса / Н. А. Сулейманова. – Екатеринбург, 2017. – Режим доступа: <http://elar.uspu.ru/handle/uspu/6416>