

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 14.09.2022 15:33:02  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ  
проректор по учебной работе  
О.Г. Доктионова  
« 17 » 01 2022 г.



### УГЛЕВОДЫ

Методические указания к практической и самостоятельной работе  
по курсу «Биоорганическая химия» для студентов направления  
подготовки 04.03.01 «Химия»

УДК 621.383:681.7.013.6:681.586.5

Составитель: Л.М. Миронович, Н.В. Кувардин

Рецензент:

Кандидат химических наук С.Д. Пожидаева

Углеводы: методические указания к практической и самостоятельной работе по курсу «Биоорганическая химия» для студентов направления подготовки 04.03.01 «Химия»/ Юго-Зап. гос.ун-т; сост.:

Л.М. Миронович, Н.В. Кувардин. Курск, 2022, 30 с: Библиогр.: 4с.

Методические указания предназначены для углубленного изучения углеводов курса «Биоорганическая химия и основы биологии» для студентов очной формы обучения, а также для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и инженеров кафедры фундаментальной химии и химической технологии.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по курсу «Биоорганическая химия» для студентов специальности 04.03.01 «Химия»

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 12.04.2022. Формат 60x84 1/16  
Усл.печ. л. 1,7. Ул.-изд. л. 1,4. Тираж 50 экз. Заказ 444. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет,  
105040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## СОДЕРЖАНИЕ

	с
1 Введение .....	4
2 Краткие теоретические сведения .....	4
3 Примеры ответов на тестовые задания.....	8
4 Тестовые вопросы для контроля усвоения материала .....	9
5 Ответы на тестовые задания. ....	19
6 Литература.....	20

## ВВЕДЕНИЕ

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

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.

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.

## КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

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

Все изомеры делят на D– и L–стереохеометрические ряды (схема 1), принадлежность к которым определяется конфигурацией

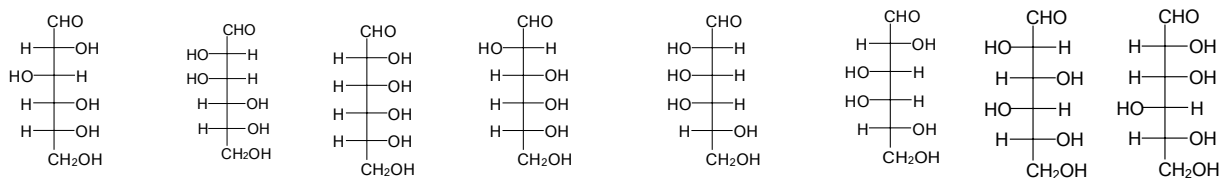
глицеринового альдегида, то есть по конфигурации хирального атома углерода, максимально отдаленного от карбонильной группы.

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.

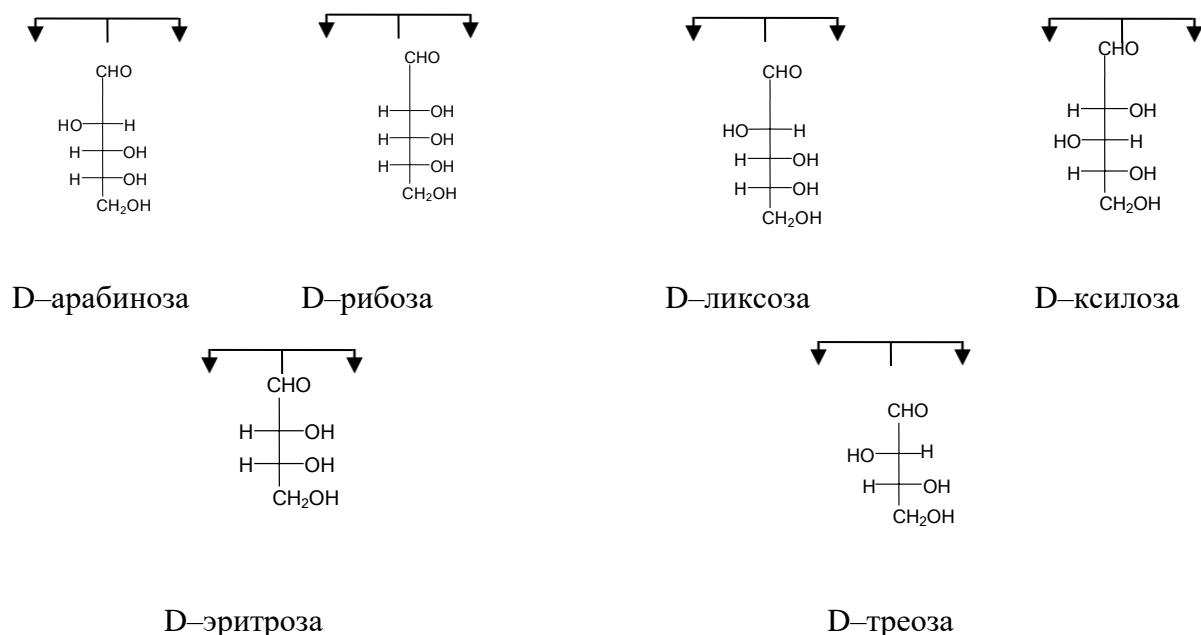
Если диастереомеры различаются конфигурацией лишь одного хирального атома углерода, то их называют *эпимерами*.

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



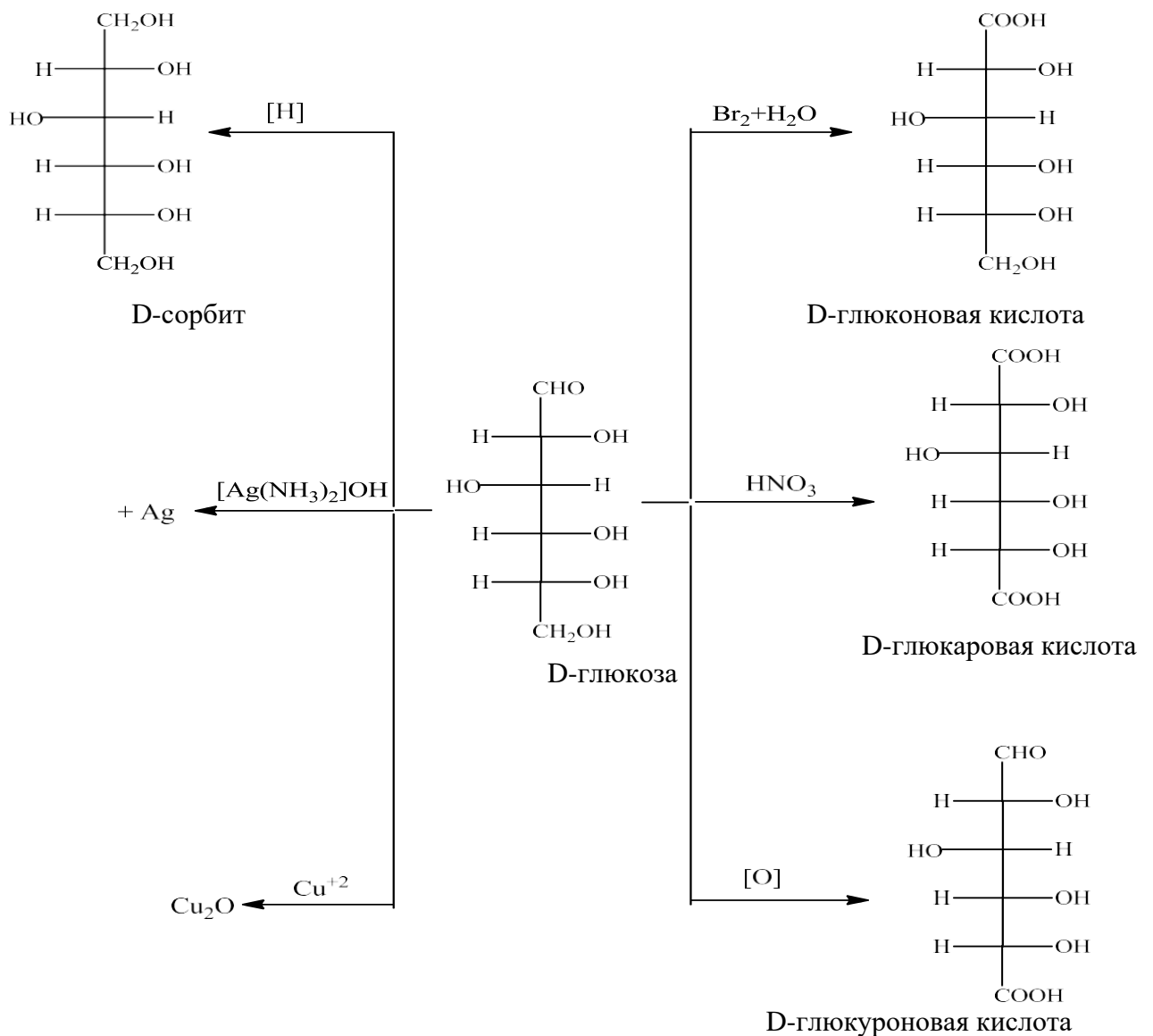
D-глюкоза D-манноза D-аллоза D-альтроза D-талоза D-галактоза D-идоза D-гулоза



**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 урановых кислот.



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

Действие галогеналканов, диметилсульфата  $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$  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 связью.

Наиболее распространенными в природе являются: сахароза (свекловичный или тростниковый сахар); мальтоза (солодовый сахар); лактоза (молочный сахар); целлобиоза (продукт гидролиза древесины) и имеют брутто-формулу  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .

*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.

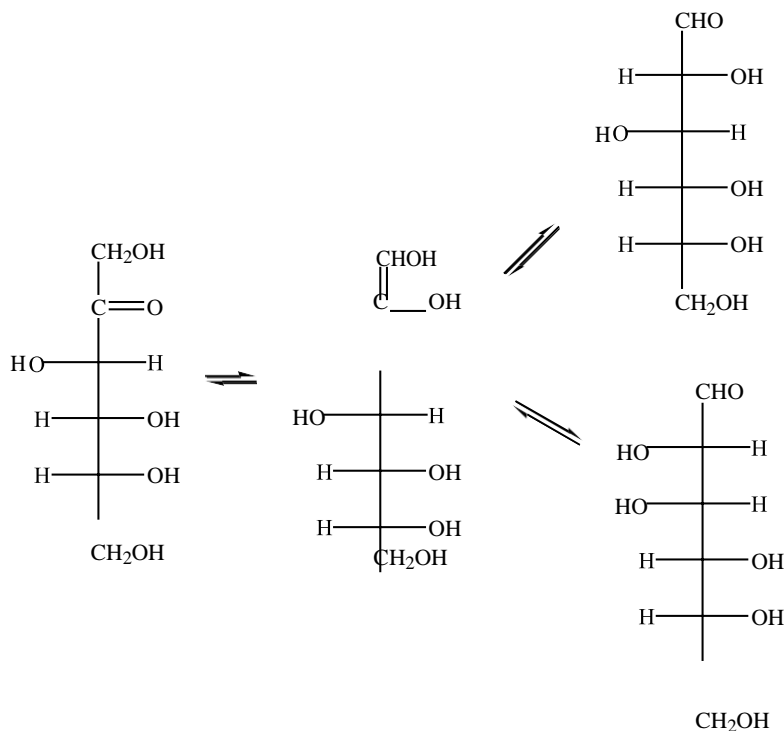
## Примеры ответов на тестовые задания

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.

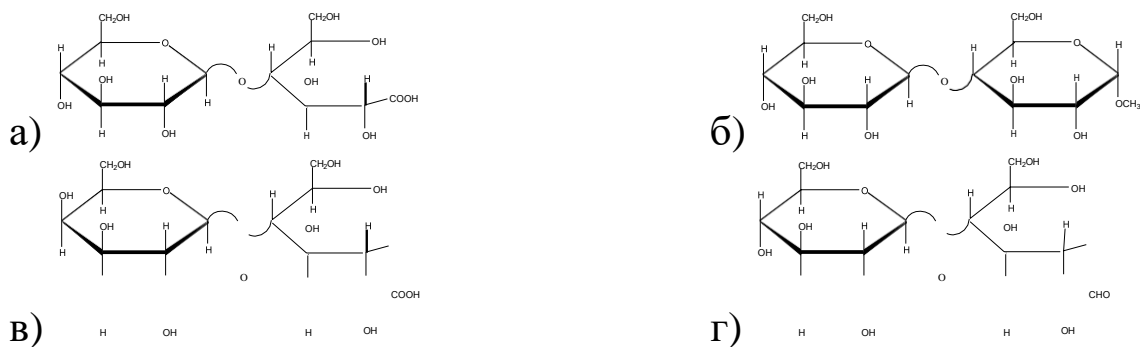


D-фруктоза      ендиольная форма      D-манноза и D-глюкоза

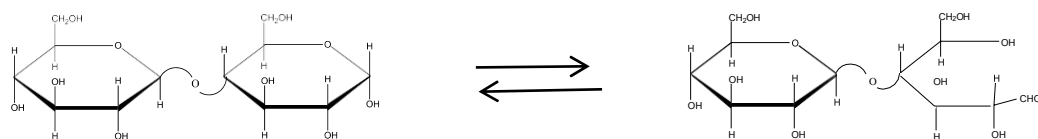
Ответ: Совместно с D-фруктозой в растворе находятся D-манноза и D-глюкоза (пункт г).



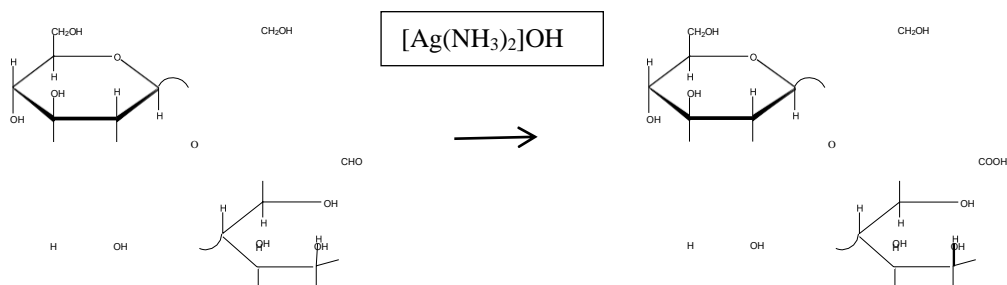
Пример 2. При окислении  $\alpha$ -целлобиозы реактивом Толленса образуется



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 вопросы для контроля усвоения материала

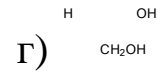
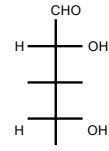
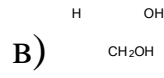
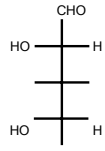
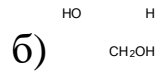
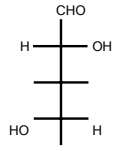
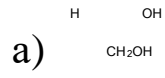
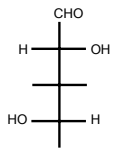
1 Полигидроксильные соединения, имеющие в своем составе

альдегидную или кетонную группу, называют

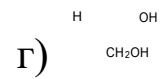
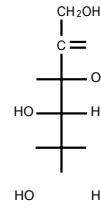
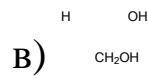
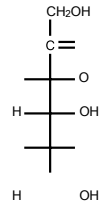
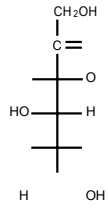
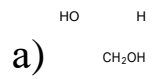
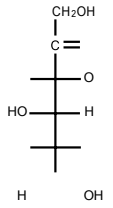
- а) олигосахаридами; б) моносахаридами; в) полисахаридами;
- г) нет правильного ответа

- 2 Относительная конфигурация моносахаридов (D-, L-) определяется по стандарту  
а) L-фруктозы; б) D-глицеринового альдегида; в) D-глюкозы;  
г) L-глюкозы
- 3 Изомеры моносахаридов, которые отличаются конфигурацией только одного ассиметрического атома углерода, называют  
а) эпимерами; б) энантиомерами; в) диастереомерами;  
г) аномерами
- 4 Зеркальные изомеры углеводов являются  
а) эпимерами; б) энантиомерами; в) диастереомерами;  
г) аномерами
- 5 Изомерные превращения моносахаридов под действием щелочей называют  
а) мутаротацией; б) эпимеризацией;  
в) кето-енольной таутомерией; г) цикло-оксо-таутомерией
- 6 Изменение в процессе гидролиза сахарозы знака удельного вращения называют  
а) эпимеризацией; б) инверсией; в) мутаротацией;  
г) цикло-оксо-таутомерией
- 7 D-глюкоза и L-глюкоза являются  
а) эпимерами; б) аномерами; в) диастереомерами; г) энантиомерами
- 8 D-манноза и D-глюкоза являются  
а) эпимерами; б) оптически антиподами; в) энантиомерами;  
г) аномерами
- 9 В водном растворе моносахариды существуют в виде  
а) 4 таутомерных форм; б) 2 таутомерных форм;  
в) 3 таутомерных форм; г) 5 таутомерных форм
- 10 В растворах переход одной формы в другую происходит  
а) дискретно; б) непрерывно; в) не происходит; г) постепенно
- 11 Изобразить полуацетальные формы в виде пиранозного и фуранозного циклов предложил  
а) Колли; б) Толленс; в) Фишер; г) Хеуорс
12. Из приведенных формул выберите формулу D-глюкозы

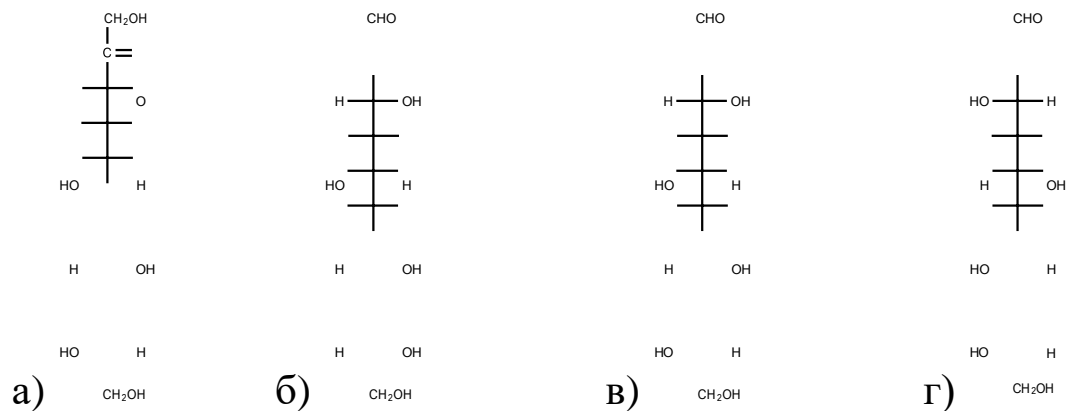




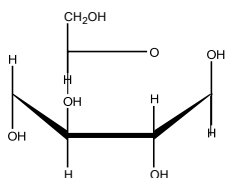
17 Из приведенных формул выберите формулу D-фруктозы



18 Из приведенных формул выберите формулу L-глюкозы

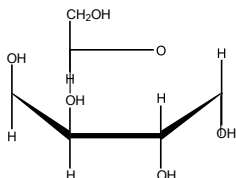


19 Приведенная формула является



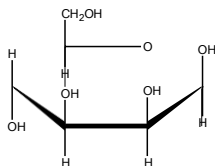
- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| а) $\alpha$ -D-глюкопиранозой; | б) $\alpha$ -D-галактопиранозой; |
| в) $\beta$ -D-глюкопиранозой;  | г) $\beta$ -D-маннопиранозой     |

20 Приведенная формула является



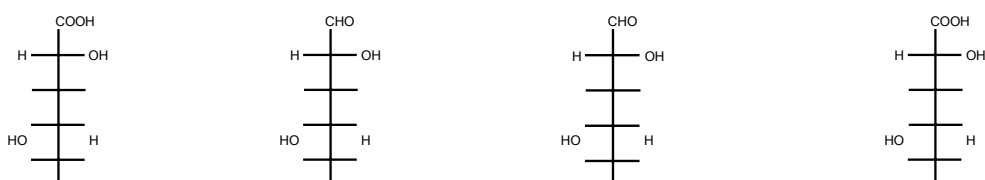
- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| а) $\alpha$ -D-глюкопиранозой;  | б) $\alpha$ -D-маннопиранозой;  |
| в) $\beta$ -D-галактопиранозой; | г) $\alpha$ -D-галактопиранозой |

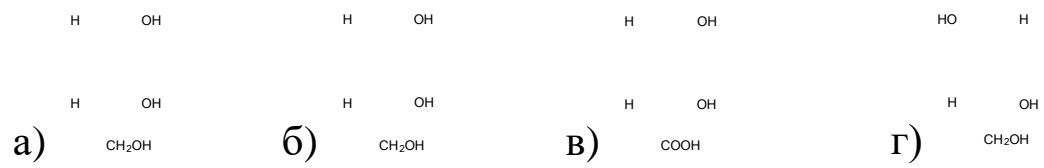
21 Приведенная формула является



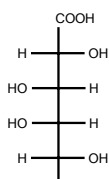
- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| а) $\alpha$ -D-галактопиранозой; | б) $\alpha$ -D-маннопиранозой; |
| в) $\alpha$ -D-фруктофуранозой;  | г) $\beta$ -D-маннопиранозой   |

22 Окисление D-глюкозы в мягких условиях ( $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) приводит к образованию

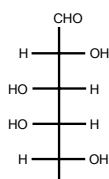




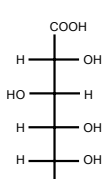
23 Действие сильных окислителей на D-талозу приводит к образованию



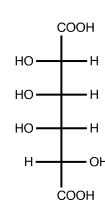
а)  $\text{CH}_2\text{OH}$



б)  $\text{COOH}$

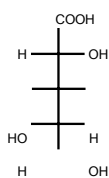


в)  $\text{COOH}$

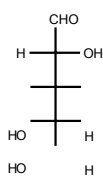


г)

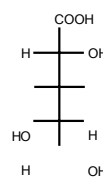
24 Действие сильных окислителей на D-галактозу приводит к образованию



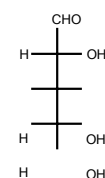
а)  $\text{COOH}$



б)  $\text{CH}_2\text{OH}$

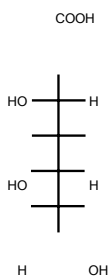


в)  $\text{CH}_2\text{OH}$

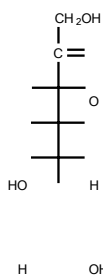


г)  $\text{COOH}$

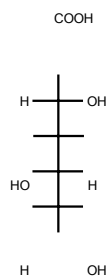
25 Действие сильных окислителей на D-глюкозу приводит к образованию



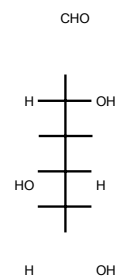
а)  $\text{COOH}$



б)  $\text{CH}_2\text{OH}$

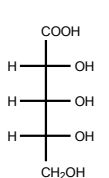


в)  $\text{COOH}$

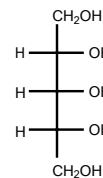


г)  $\text{COOH}$

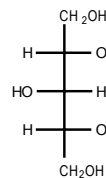
26 Восстановление водородом в присутствии никелевого катализатора D-рибозы приводит к образованию



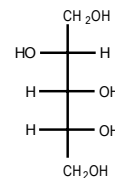
а)



б)



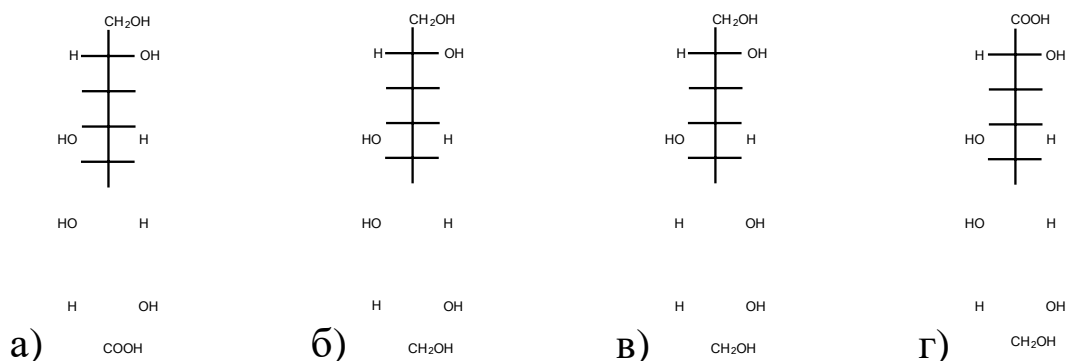
в)



г)



27 Восстановление водородом в присутствии никелевого катализатора D-галактозы приводит к образованию



28 Слабые окислители приводит к окислению моносахаридов с образованием

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

29 При действии реактива Толленса на альдозы образуется

- а) осадок серебра;                      б) синее окрашивание;  
 в) красное окрашивание;              г) черное окрашивание

30 При действии реактива Толленса на раствор  $\alpha$ -метил-D-глюкопиранозиды образуется

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

31 При действии реактива Толленса на D-фруктозу образуется

- а) красный осадок;                      б) черный осадок;  
 в) осадок серебра;                      г) желтый осадок

32 При окислении D-галактозы реактивом Феллинга образуются

- а)  $\text{Cu}_2\text{O}$  + продукты окисления; б)  $\text{Ag}$  + продукты окисления;  
 в)  $\text{CuO}$  + продукты окисления; г)  $\text{Ag}_2\text{O}$  + продукты окисления

33 Из приведенных формул выберите реактив 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)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{OH}$

34 В процессе выведения токсических веществ из организма принимают участие

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

35 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

36 В щелочной среде наряду с D-глюкозой в растворе имеются

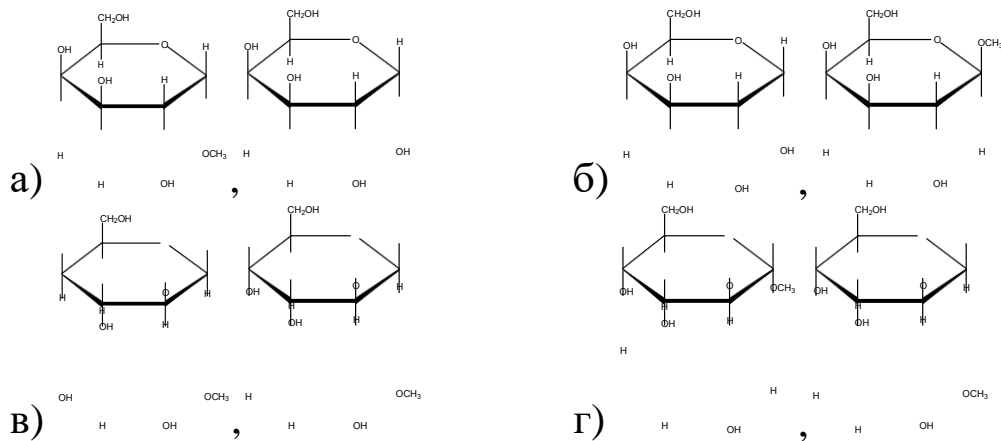
- а) D-галактоза, D-фруктоза;              б) D-галактоза, D-манноза;  
 в) D-рибоза, D-глюкоза;                  г) D-манноза, D-фруктоза

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

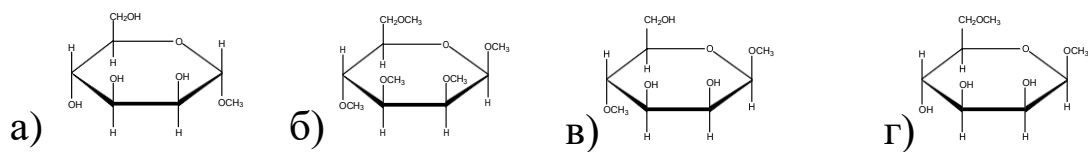
а) D-галактоза, D-глюкоза; б) D-галактоза, D-рибоза;

в) D-фруктоза, D-глюкоза; г) D-манноза, D-глюкоза

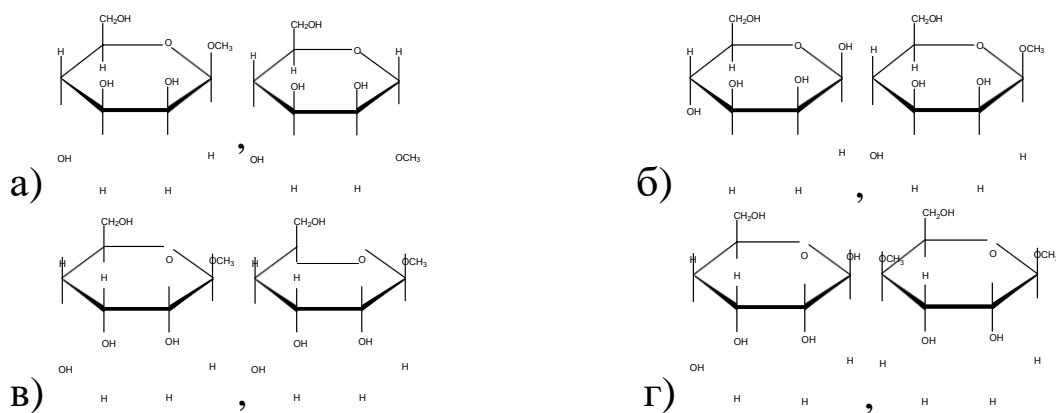
38 При действии спирта (метанола) в присутствии хлористого водорода (газ) на  $\alpha$ -D-галактопиранозу образуются



39 При действии йодметана в избытке на  $\beta$ -D-маннопиранозу образуется

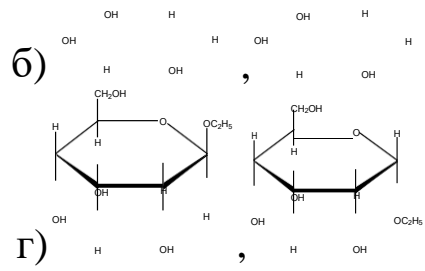
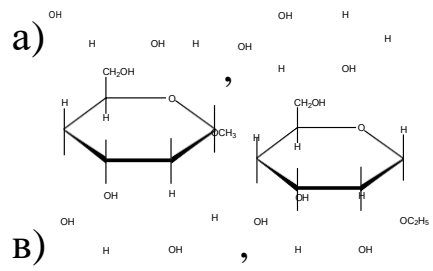


40 При действии спирта (метанола) в присутствии хлористого водорода (газ) на  $\alpha$ -D-маннопиранозу образуются

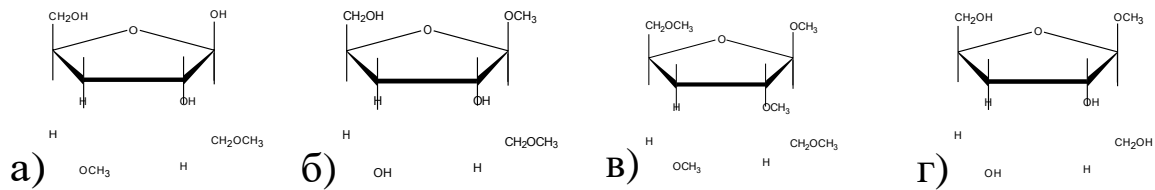


41 При действии спирта (этанола) в присутствии хлористого водорода (газ) на  $\alpha$ -D-глюкопиранозу образуются

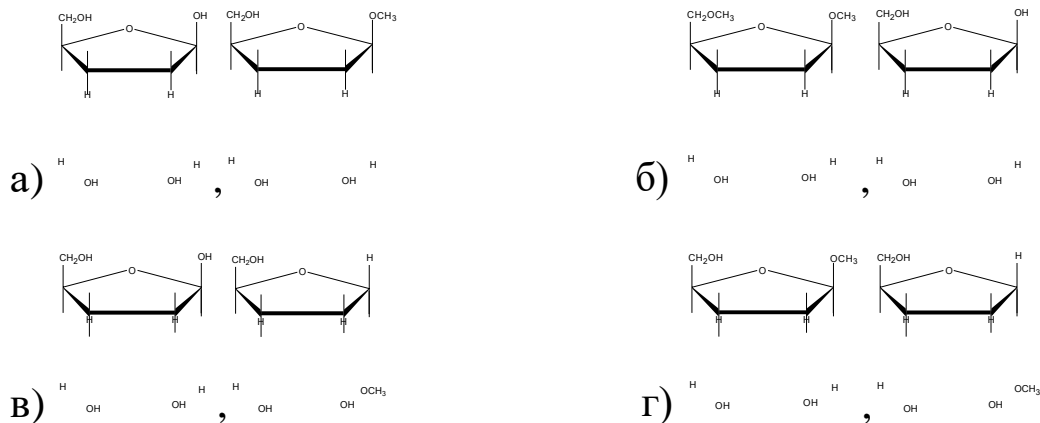




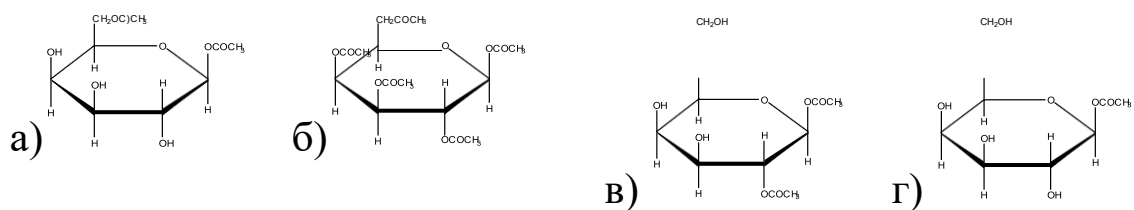
42 При действии избытка йодметана на  $\beta$ -D-фруктофуранозу образуется



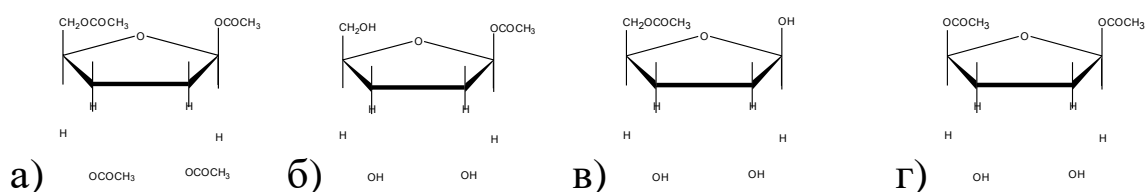
43 При действии спирта (метанола) в присутствии хлористого водорода (газ) на  $\beta$ -D-рибофуранозу образуется



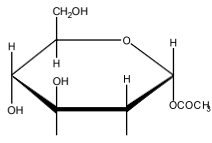
44 Ацилирование избытком уксусного ангидрида  $\beta$ -D-галактопиранозы приводит к образованию



45 Ацилирование избытком уксусного ангидрида  $\beta$ -D-рибофуранозы приводит к образованию



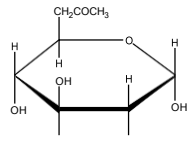
46 Ацилирование в эквимольном соотношении уксусным ангидридом  $\alpha$ -D-глюкозамина приводит к образованию



a)

H

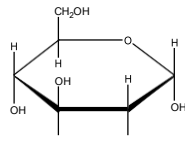
NH<sub>2</sub>



б)

H

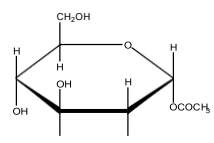
NHCOCH<sub>3</sub>



в)

H

NHCOCH<sub>3</sub>

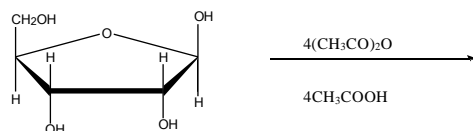


г)

H

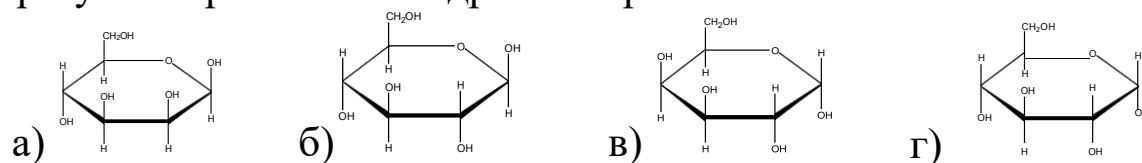
NHCOCH<sub>3</sub>

47 По приведенной схеме образуется

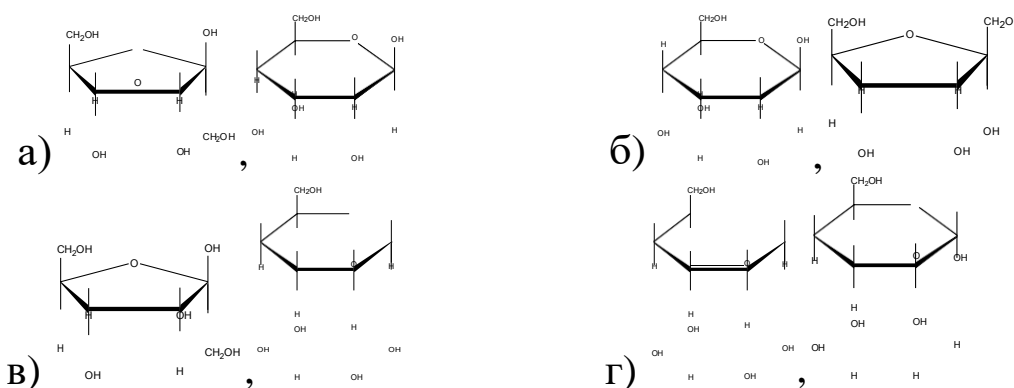


- а) β-ацетил-D-рибофураноза;
- б) α-ацетил-D-рибофураноза;
- в) 1,2,3,5-тетраацетил-β-D-рибофураноза;
- г) 1,2,3,5-тетраацетил-α-D-рибофураноза

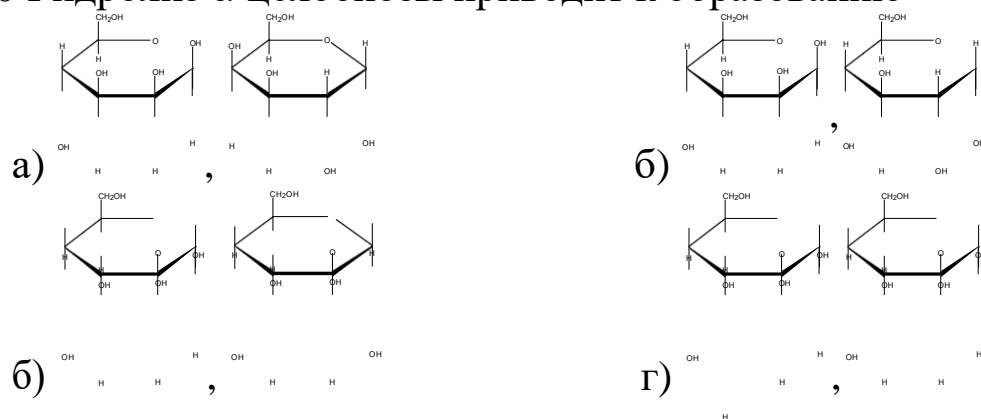
48 Из приведенных формул выберите углеводород, который образуется при полном гидролизе крахмала



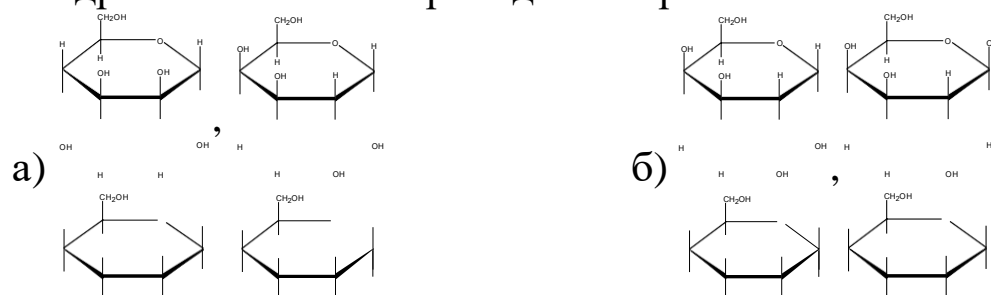
49 В результате гидролиза сахарозы образуются



50 Гидролиз α-целлобиозы приводит к образованию

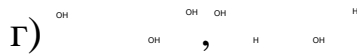
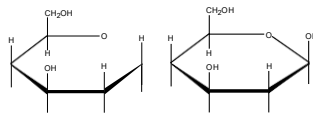
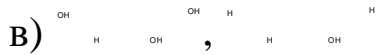
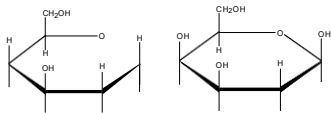


51 Гидролиз α-лактозы приводит к образованию

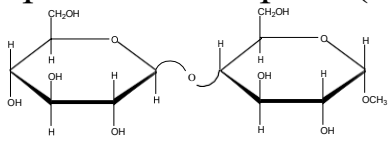




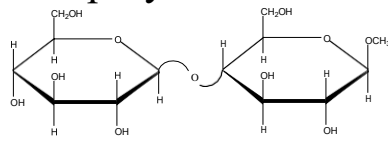




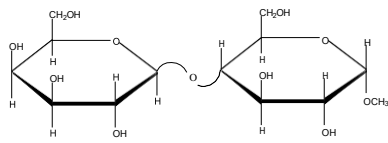
53 При метилировании метиловым спиртом в присутствии хлористого водорода (газ)  $\alpha$ -целлобиозы образуется



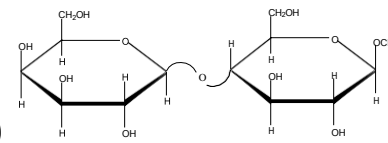
а)



б)

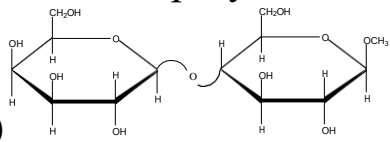


в)

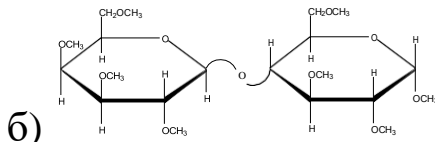


г)

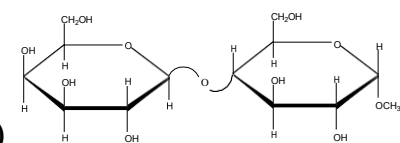
54 При метилировании избытком хлорметана в щелочной среде  $\alpha$ -лактозы образуется



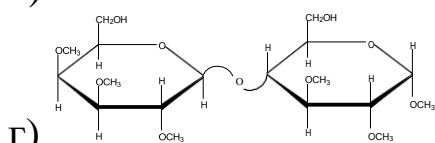
а)



б)

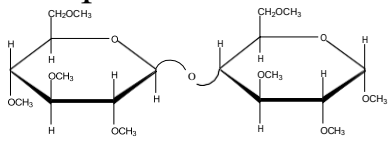


в)

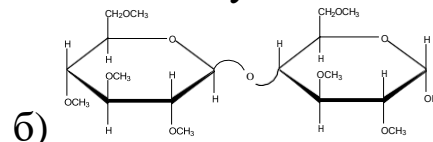


г)

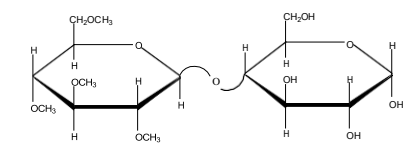
55 Гидролиз метил- $\alpha$ -целлобиозида приводит к получению



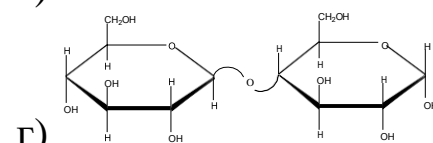
а)



б)

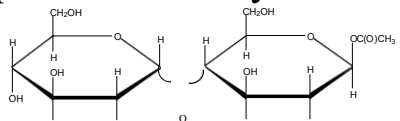


в)

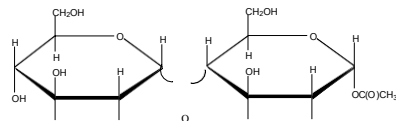


г)

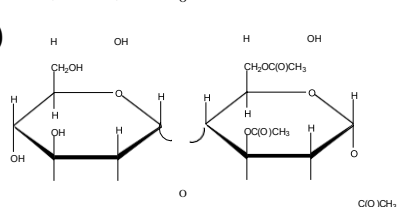
56 Ацетилирование  $\alpha$ -мальтозы избытком уксусного ангидрида приводит к получению



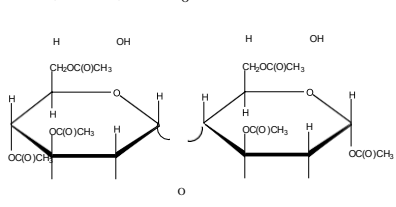
а)



б)

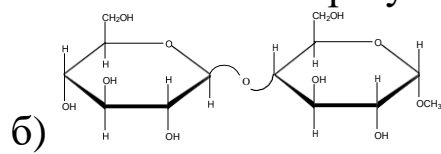
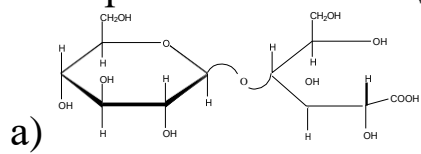


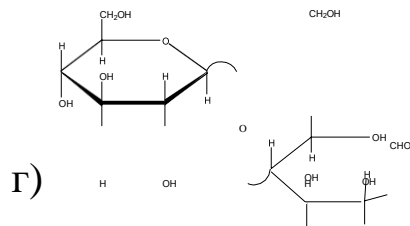
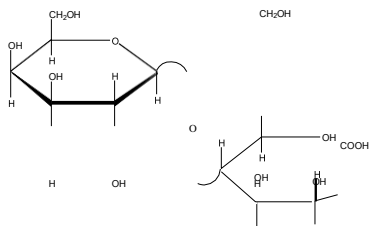
в)



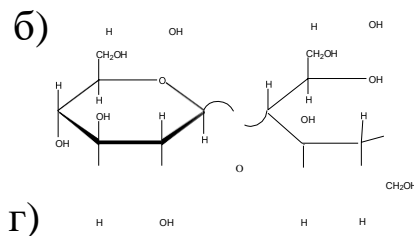
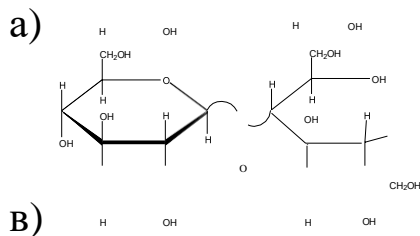
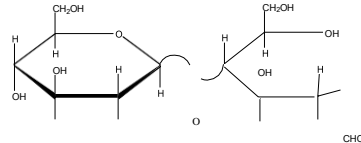
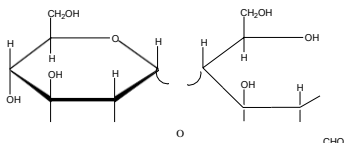
г)

57 При окислении  $\alpha$ -целлобиозы реактивом Толленса образуется

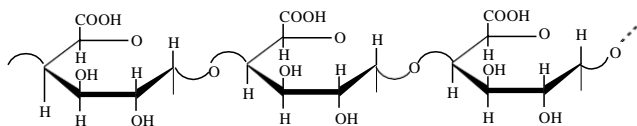




58 Из приведенных формул выберите формулу, которая отвечает открытой форме  $\alpha$ -целлобиозы



59 Приведенная формула является

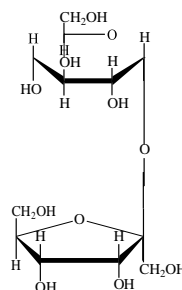
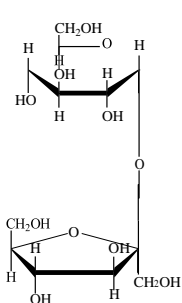
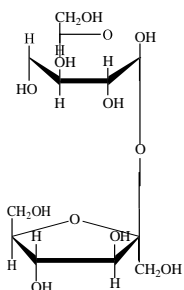


а) крахмалом;

б) пектиновой кислотой;

в) фрагментом гиалуроновой кислоты; г) целлюлозой

60 Из приведенных формул выберите формулу сахарозы



а)

б)

в)

### Ответы на тестовые задания

1б; 2б; 3а; 4б; 5б; 6б; 7в; 8а; 9г; 10б; 11г; 12г; 13б; 14б; 15в; 16а;

17б; 18г; 19в; 20г; 21г; 22а; 23г; 24а; 25в; 26б; 27б; 28в; 29а; 30в;  
31в; 32а; 33б; 34а; 35г; 36г; 37в; 38г; 39б; 40а; 41г; 42в; 43г; 44б;  
45а; 46в; 47в; 48г; 49в; 50г; 51в; 52г; 53а; 54б; 55г; 56г; 57а; 58б;  
59б; 60б.

## 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. / Виталий Георгиевич 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.