

# Полисахариды

**Крахмал.  
Целлюлоза.**



# ПОЛИСАХАРИДЫ

---

Сложными углеводами (полисахаридами или полиозами) называют такие углеводы, которые способны гидролизоваться с образованием простых углеводов и у них число атомов углерода не равно числу атомов кислорода  $C_m H_{2n} O_n$ .

К полисахаридам относятся:

$(C_5 H_8 O_4)_n$  - пентозаны;

$(C_6 H_{10} O_5)_n$  - целлюлоза, крахмал, гликоген

---

*Полисахариды* состоят из моносахаридов. Большие размеры делают их молекулы практически нерастворимыми в воде; они не оказывают влияние на клетку и потому удобны в качестве запасных веществ. При необходимости они могут быть превращены обратно в сахара путём гидролиза.

Важнейшие из полисахаридов - это крахмал, гликоген (животный крахмал), целлюлоза (клетчатка).

# ВИДЫ ПОЛИСАХАРИДОВ

К полисахаридам относятся, в частности:

**декстрин** — полисахарид, продукт гидролиза крахмала;

**крахмал** — основной полисахарид, откладываемый как энергетический запас у растительных организмов;

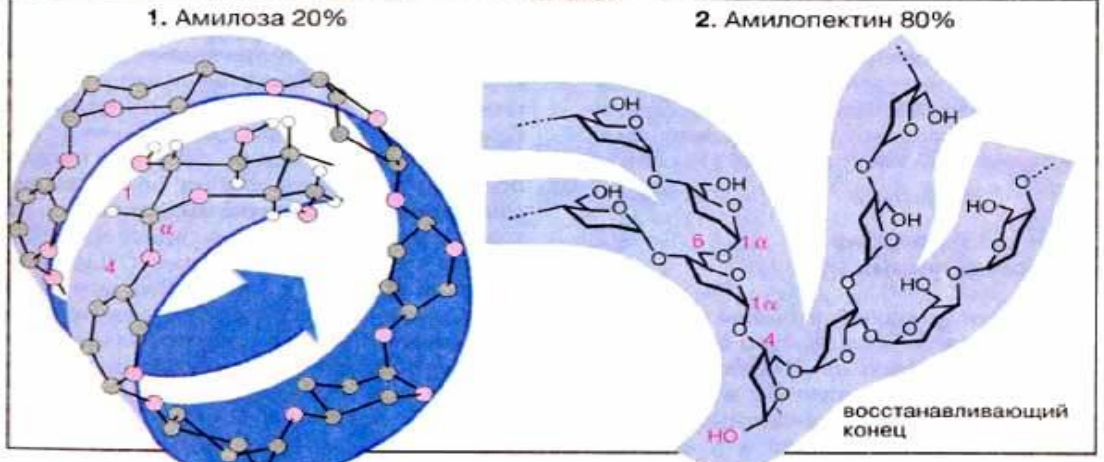
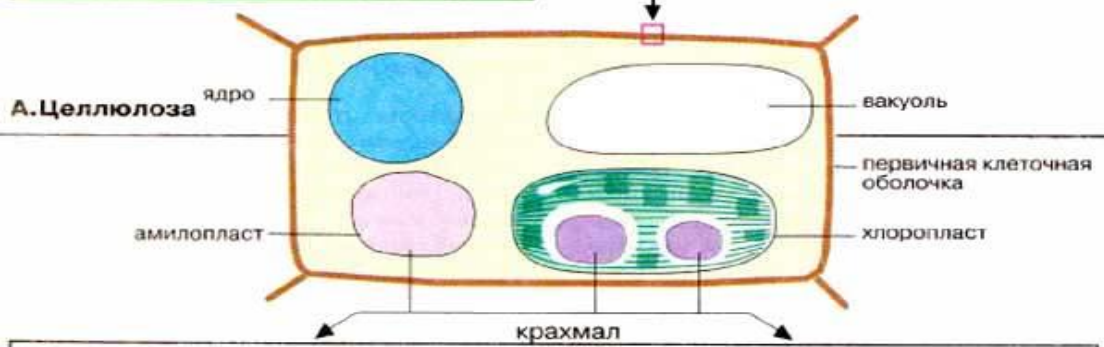
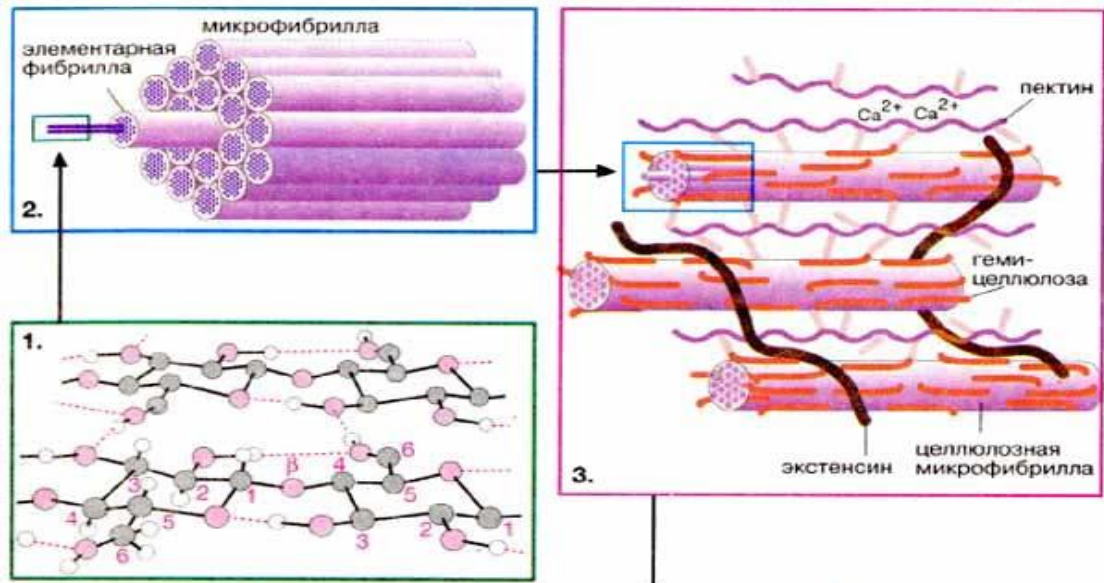
**гликоген** — полисахарид, откладываемый как энергетический запас в клетках животных организмов, но встречается в малых количествах и в тканях растений;

**целлюлоза** — основной структурный полисахарид клеточных стенок растений;

**галактоманнаны** — запасные полисахариды некоторых растений семейства бобовых, такие как гуар и камедь рожкового дерева;

**глюкоманнан** — полисахарид, получаемый из клубней конняку, состоит из чередующихся звеньев глюкозы и маннозы, растворимое пищевое волокно, уменьшающее аппетит;

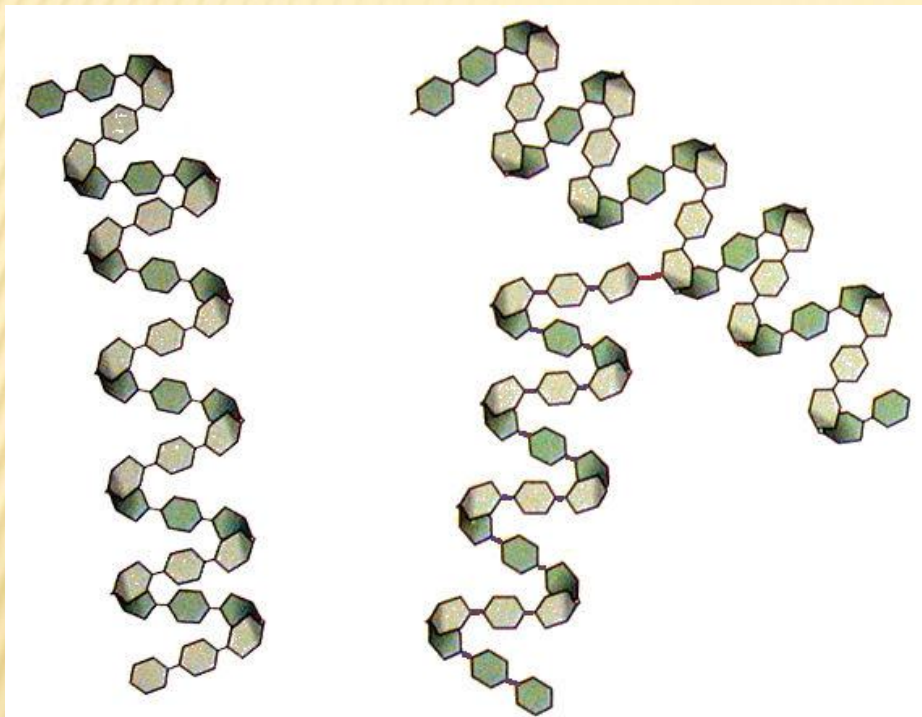
**амилоид** — применяется при производстве пергаментной бумаги.



**Б. Крахмал**

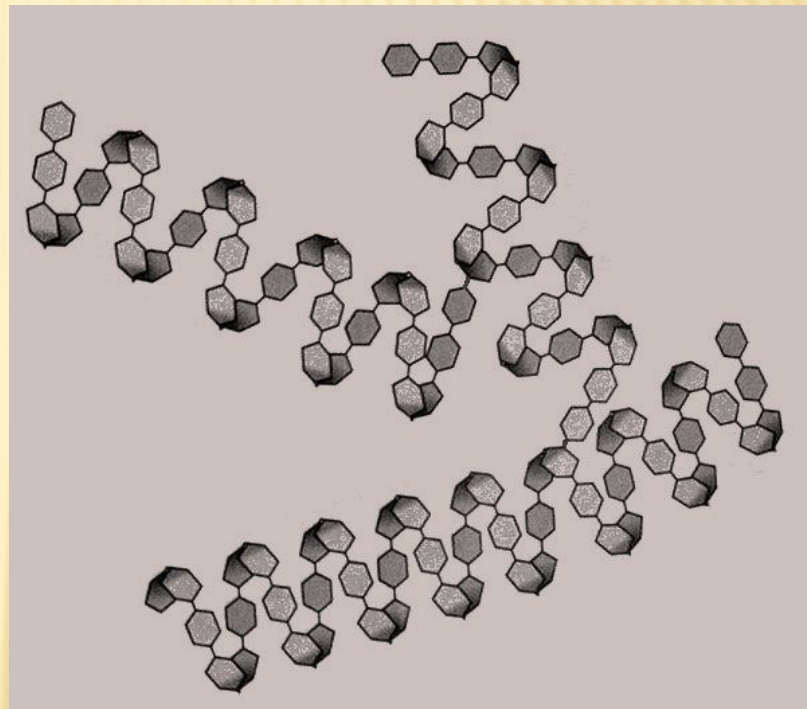
## Целлюлоза и Крахмал

# Полисахариды



Амилоза

Амилопектин



Крахмал

Гликоген

# СРАВНЕНИЕ КРАХМАЛА И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

	<b>Крахмал</b>	<b>Целлюлоза</b>
Состав		
Строение		
Физические свойства		
Химические свойства		
Нахождение в природе		
Биологическая роль		
Применение		

# ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

---

## **крахмала**

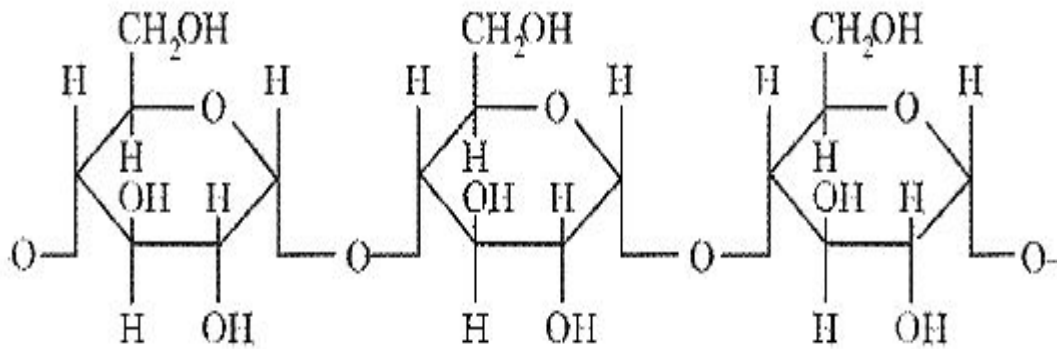
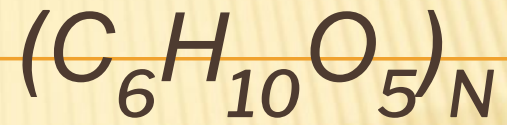
- белый аморфный порошок
- не растворяется в холодной воде
- в горячей воде разбухает
- не обладает сладким вкусом

## **целлюлозы**

- твердое волокнистое белое вещество
- не растворяется в воде
- не обладает сладким вкусом



# КРАХМАЛ



# КРАХМАЛ

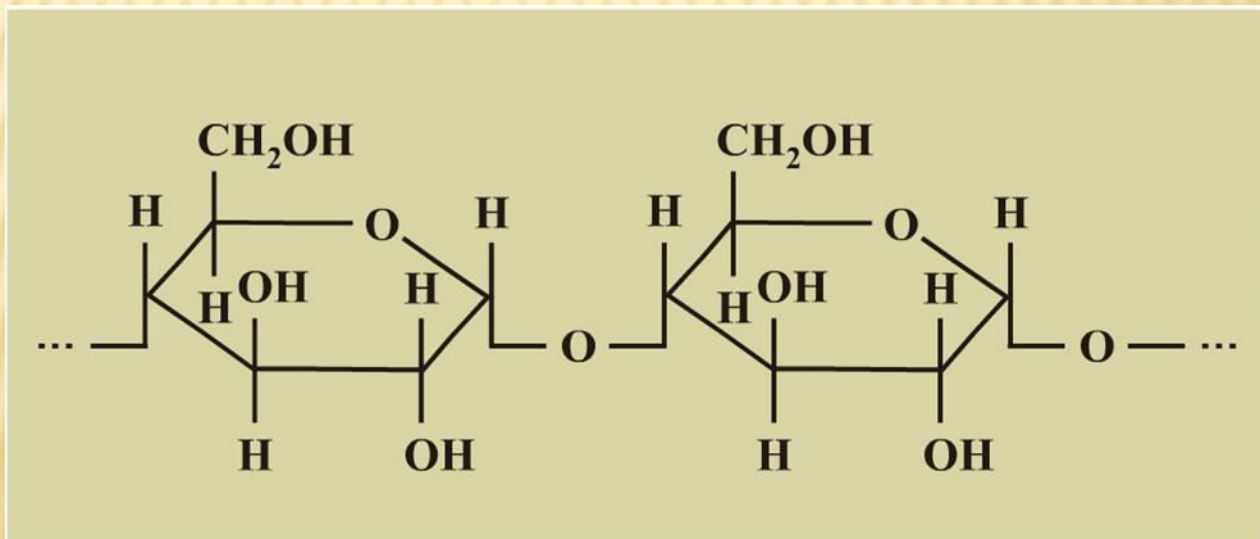
---

- Крахмал относится к полисахаридам. Молекулярная масса этого вещества точно не установлена, но известно, что очень велика (порядка 100000) и для разных образцов может быть различна. Поэтому формулу крахмала, как и других полисахаридов, изображают в виде  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Для каждого полисахарида  $n$  имеет различные значения.

# СТРУКТУРНАЯ ФОРМУЛА КРАХМАЛА



Остатки  $\alpha$  - глюкозы



# Физические Свойства



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

# КРАХМАЛ В ПРИРОДЕ

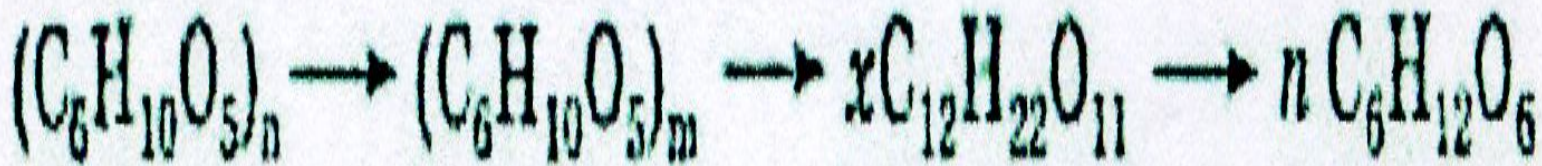
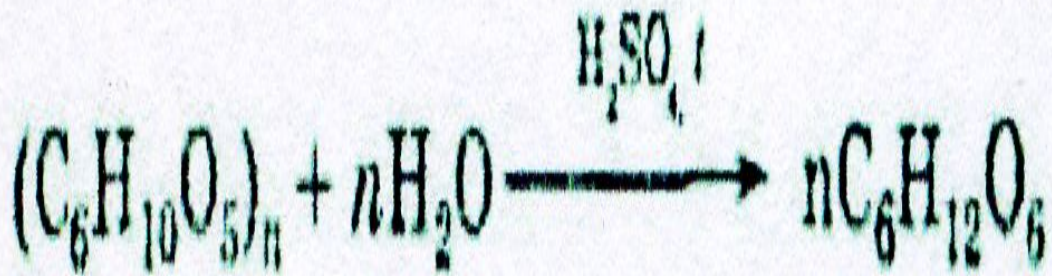
---





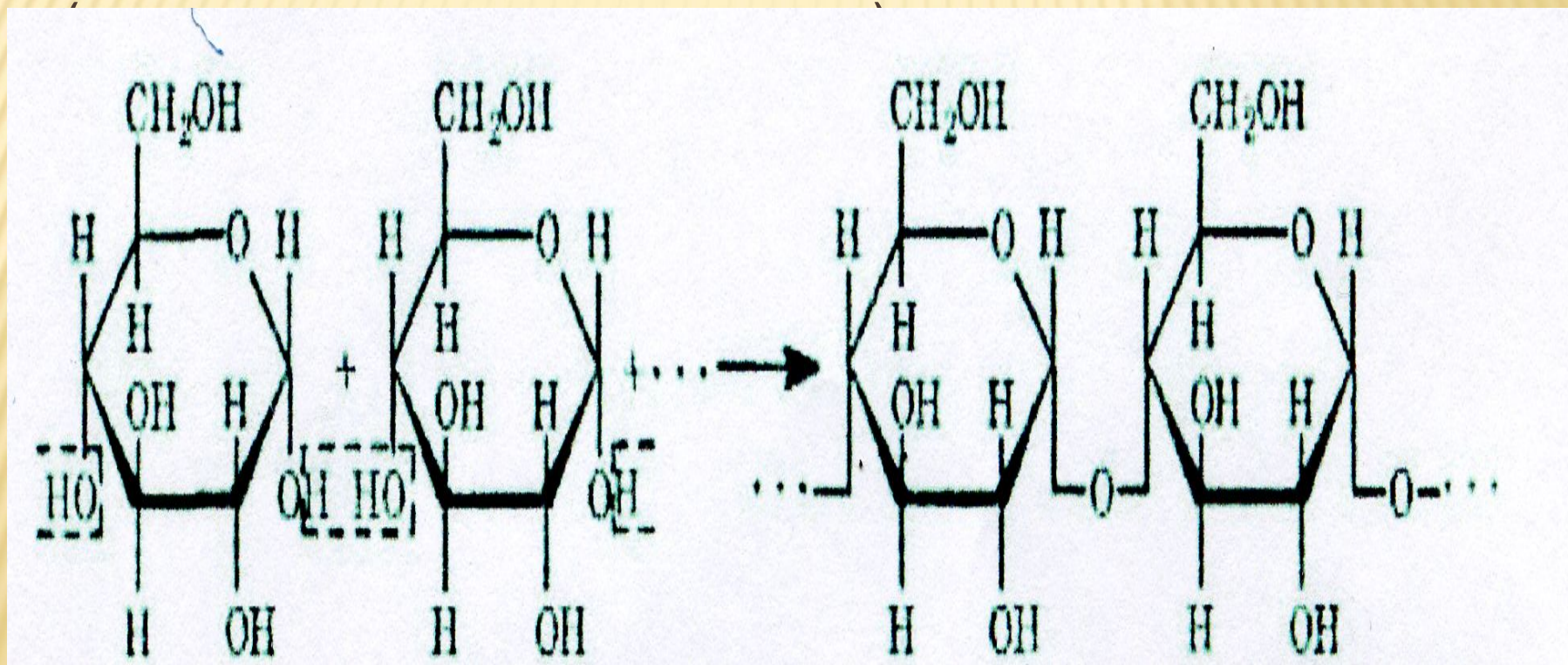
# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

- 1) При действии ферментов или при нагревании с кислотами (ионы водорода служат катализатором) крахмал, как и все сложные углеводы, подвергается гидролизу. При этом образуется растворимый крахмал, затем менее сложные вещества — декстрины. Конечным продуктом гидролиза является глюкоза. Можно выразить суммарное уравнение реакции следующим образом:



2) Крахмал не дает реакции «серебряного зеркала»,  
но ее дают продукты его гидролиза.

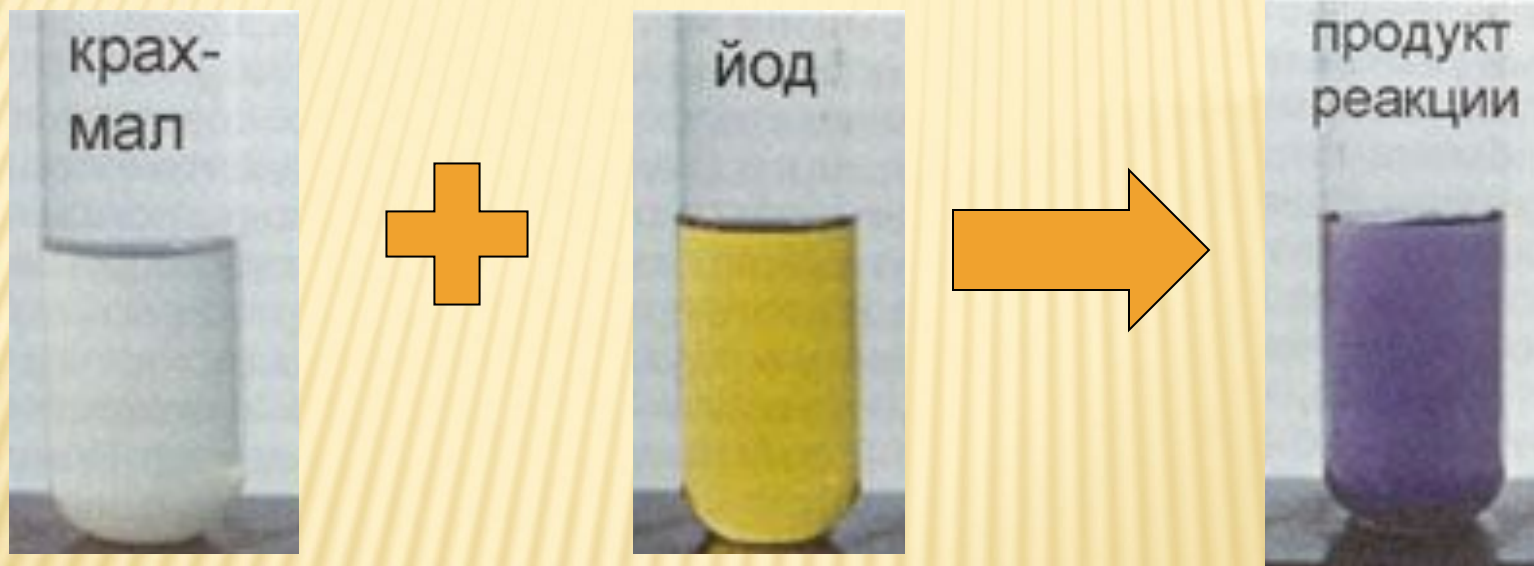
Макромолекулы крахмала состоят из многих молекул циклической  $\beta$ -глюкозы. Процесс образования крахмала можно выразить так





3) ХАРАКТЕРНОЙ РЕАКЦИЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРАХМАЛА С РАСТВОРАМИ ИОДА.  
ЕСЛИ К ОХЛАЖДЕННОМУ КРАХМАЛЬНОМУ  
КЛЕЙСТЕРУ ДОБАВИТЬ РАСТВОР ИОДА, ТО  
ПОЯВЛЯЕТСЯ СИНЕЕ ОКРАШИВАНИЕ. ПРИ  
НАГРЕВАНИИ КЛЕЙСТЕРА ОНО ИСЧЕЗАЕТ, А ПРИ  
ОХЛАЖДЕНИИ ПОЯВЛЯЕТСЯ ВНОВЬ. ЭТИМ  
СВОЙСТВОМ ПОЛЬЗУЮТСЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ  
КРАХМАЛА В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ. ТАК,  
НАПРИМЕР, ЕСЛИ КАПЛЮ ИОДА НАНЕСТИ НА СРЕЗ  
КАРТОФЕЛЯ ИЛИ ЛОМТИК БЕЛОГО ХЛЕБА, ТО  
ПОЯВЛЯЕТСЯ СИНЕЕ ОКРАШИВАНИЕ

## Окрашивание крахмала раствором йода



**Признак реакции – изменение цвета раствора с белого на сине - фиолетовый.**

# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРАХМАЛА

---

## 1. Качественная реакция



## 2. Гидролиз



Крахмал  $\rightarrow$  декстрины  $\rightarrow$  мальтоза  $\rightarrow$  глюкоза

# Пищевое значение

В желудочном тракте человека и животного крахмал поддается гидролизу и превращается в глюкозу, которая усваивается организмом.

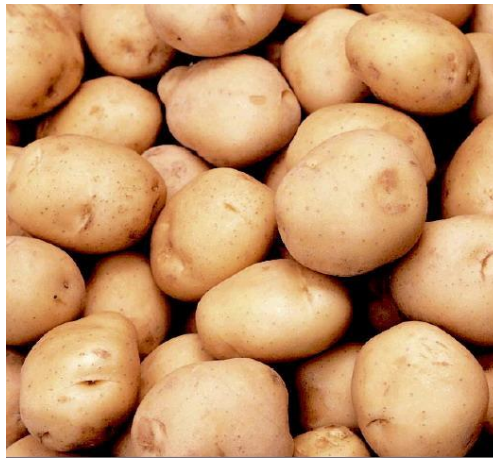
Крахмал, как пищевая добавка, используется для загущения многих пищевых продуктов, приготовления киселей, заправок и соусов.



# Биологические свойства

Крахмал, являясь одним из продуктов фотосинтеза, широко распространен в природе. Для растений он является запасом питательных веществ и содержится в основном в плодах, семенах и клубнях. Наиболее богато крахмалом зерно злаковых растений: риса (до 86 %), пшеницы (до 75 %), кукурузы (до 72 %), а также клубни картофеля (до 24 %).





Для организма человека крахмал наряду с сахарозой служит основным поставщиком углеводов — одного из важнейших компонентов пищи. Под действием ферментов крахмал гидролизуется до глюкозы, которая окисляется в клетках до углекислого газа и воды с выделением энергии, необходимой для функционирования живого организма.

# Модификация крахмала

В промышленности превращение крахмала в глюкозу (процесс осахаривания) происходит путём кипячения его на протяжении нескольких часов с разбавленной серной кислотой (каталитическое влияние серной кислоты на осахаривание крахмала было обнаружено в 1811 г. К. С. Кирхгофом). Чтобы из полученного раствора удалить серную кислоту в него добавляют мел, получая из серной кислоты нерастворимый сульфат кальция. Последний отфильтровывают, и вещество выпаривают. Получается густая сладкая масса — крахмальная патока, которая содержит кроме глюкозы значительное количество остальных продуктов гидролиза крахмала.

Патока используется для приготовления кондитерских изделий и для разнообразных технических целей.

Если нужно получить чистую глюкозу, то кипячение крахмала ведут дольше, чем достигается более полное превращение его в глюкозу. Полученный после нейтрализации и фильтрования раствор сгущают, пока из него не начнут выпадать кристаллы глюкозы. Также в настоящее время гидролиз крахмала производят ферментативно, с использованием альфа-амилазы для получения декстринов различной длины, и глюкоамилазы – для дальнейшего их гидролиза с получением глюкозы.

При нагревании сухого крахмала до 200—250°С происходит частичное его разложение и получается смесь менее сложных чем крахмал полисахаридов (декстрин и другие).

Физическое изменение позволяет получать крахмал с высокой способностью удерживать влагу, что в свою очередь придает конечному продукту желаемую консистенцию. Модифицированный крахмал не имеет никакого отношения к генномодифицированным организмам, так как не изменен на генном уровне.

Модифицированный  
крахмал





# ПРИМЕНЕНИЕ

---

Крахмал является основным углеводом пищи человека, он в больших количествах содержится в хлебе, крупах, картофеле, овощах. В значительных количествах крахмал перерабатывается на декстрины, патоку, глюкозу, которые используются в кондитерской промышленности. Крахмал используется как клеящее средство, применяется для отделки тканей, на крахмаливания белья. В медицине на основе крахмала готовят мази, присыпки и т.д.

# ПРИМЕНЕНИЕ КРАХМАЛА



Получение  
патоки



В пищевой  
промышленности



Получение  
этилового  
спирта



В текстильной

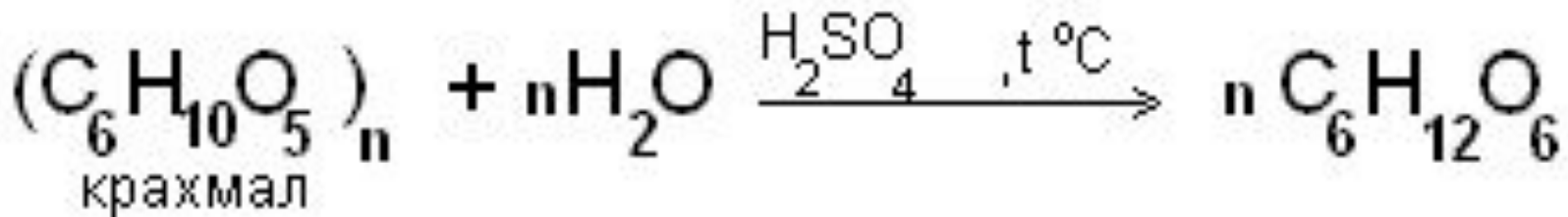
промышленности

# Применение крахмала.

Крахмал - основная часть важнейших продуктов питания: муки (75 - 80%), картофеля (25%), саго и др. Энергетическая ценность около 16,8 кДж/г.

Он является ценным питательным продуктом. Чтобы облегчить его усвоение, содержащие крахмал продукты подвергают действию высокой температуры, то есть картофель варят, хлеб пекут. В этих условиях происходит частичный гидролиз крахмала и образуются декстрины, растворимые в воде. Декстрины в пищеварительном тракте подвергаются дальнейшему гидролизу до глюкозы, которая усваивается организмом. Избыток глюкозы превращается в гликоген (животный крахмал). Состав гликогена такой же, как у крахмала, -  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , но его молекулы более разветвленные. Особенно много гликогена содержится в печени (до 10%). В организме гликоген является резервным веществом, которое превращается в глюкозу по мере ее расходования в клетках.

В промышленности крахмал путем гидролиза превращают в патоку и глюкозу. Для этого его нагревают с разбавленной серной кислотой, избыток которой затем нейтрализуют мелом.



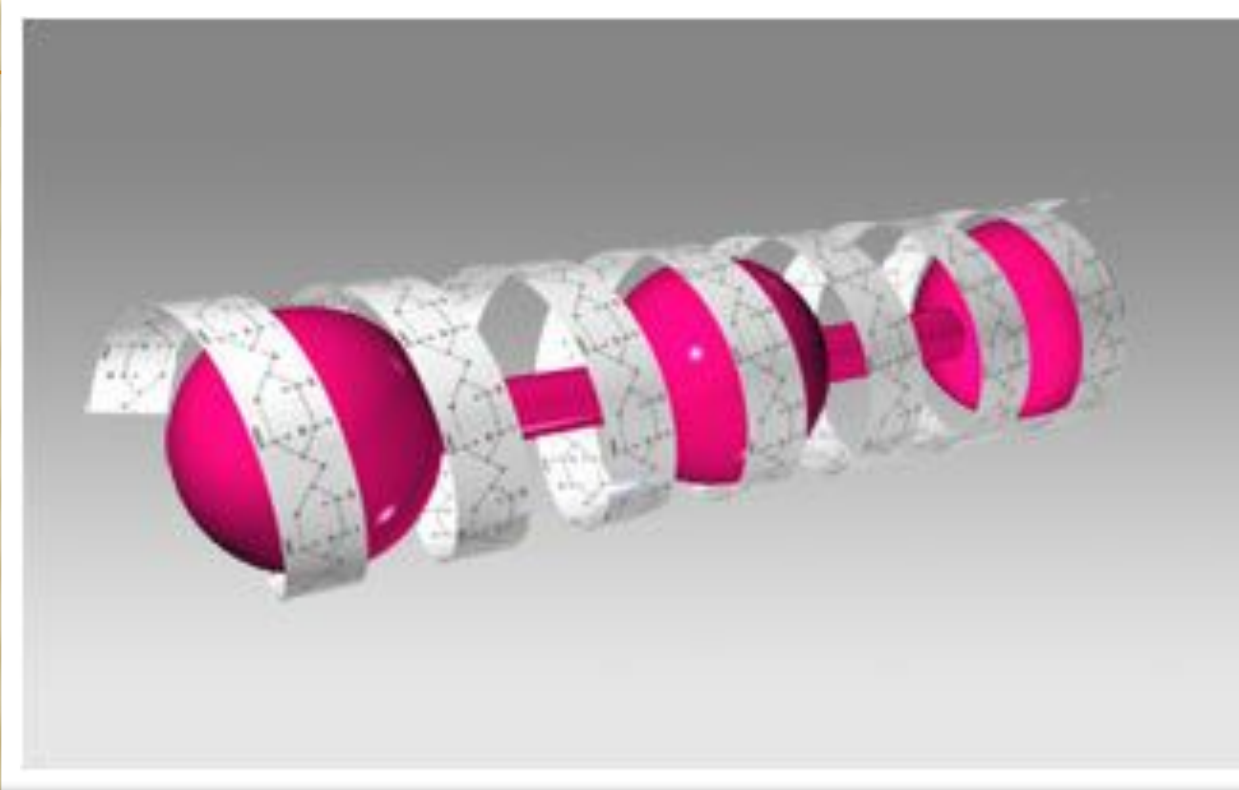
Образовавшийся осадок сульфата кальция отфильтровывают, раствор упаривают и выделяют глюкозу. Если гидролиз крахмала не доводить до конца, то образуется смесь декстринов с глюкозой - патока, которую применяют в кондитерской промышленности. Получаемые с помощью крахмала декстрины используются в качестве клея, для загустения красок при нанесении рисунков на ткань.

Крахмал применяют для накрахмаливания белья. Под горячим утюгом происходит частичный гидролиз крахмала и превращение его в декстрины. Последние образуют на ткани плотную пленку, которая придает блеск ткани и предохраняет ее от загрязнения.

Крахмал и его производные также применяются при производстве бумаги, текстильных изделий, в литейном и других производствах, а также в фармацевтической промышленности.



# Определение крахмала в пище



Простым способом определения содержания в пище крахмала является йодный тест.

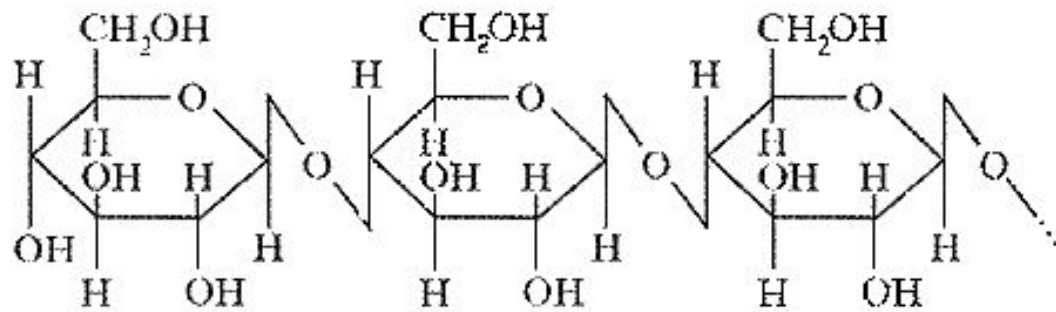
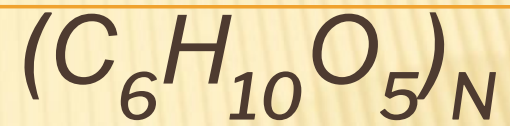
Молекулы крахмала имеют форму штопора. Когда молекула крахмала контактирует с раствором йода, ионы йода проникают внутрь и формируют крахмально-полиiodный комплекс. В результате процесса молекула крахмала окрашивается в голубой цвет.

# ВОДА + КРАХМАЛ + САБВУФЕР



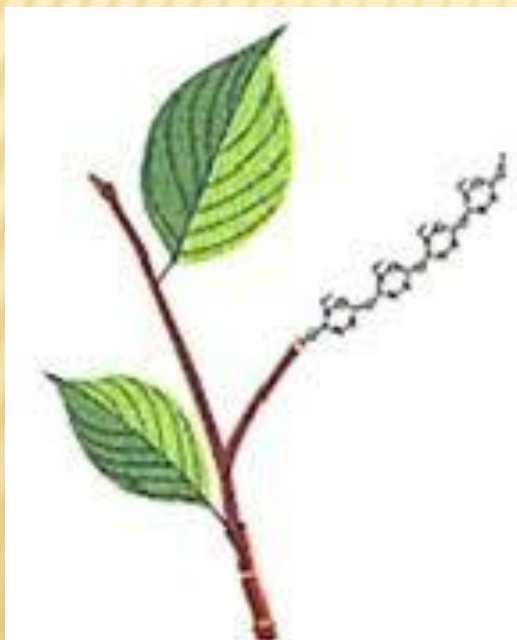
Сочетание "крахмал + вода" является так называемой «не-Ньютоновой жидкостью», т.е. жидкостью, на которую "не действуют" законы Ньютона. Свойство такой массы - тягучесть. она может вести себя и как жидкость и как порошок.

# ЦЕЛЛЮЛОЗА



# Общие сведения

*Целлюлоза* (от лат. *cellula* — клетка, то же самое, что клетчатка) — общая формула  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ , полисахарид; главная составная часть клеточных оболочек всех высших растений.







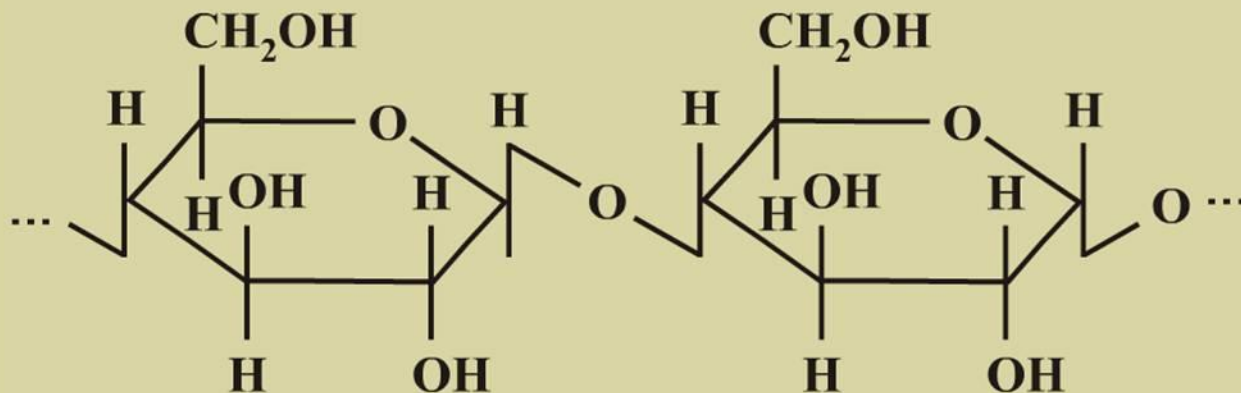
Целлюлоза также является полимером ГЛЮКОЗЫ.

В ней заключено около 50 % углерода, содержащегося в растениях. По общей массе на Земле целлюлоза занимает первое место среди органических соединений.

# СТРУКТУРНАЯ ФОРМУЛА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ



Остатки  $\beta$  - глюкозы



# ЦЕЛЛЮЛОЗА В ПРИРОДЕ

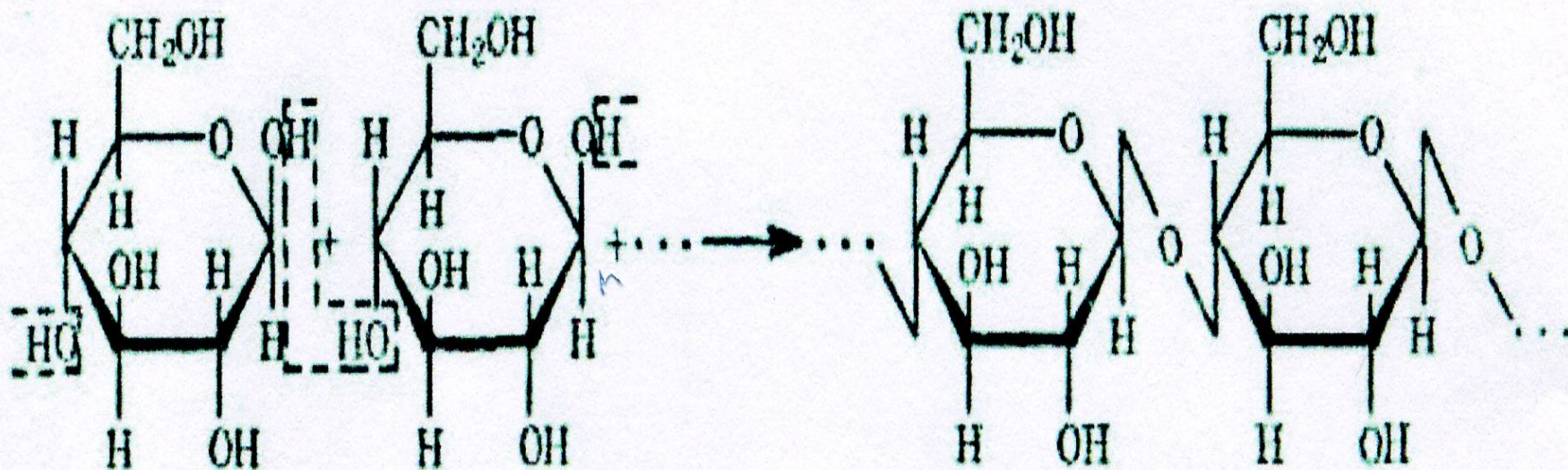


# ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Чистая целлюлоза — белое твердое вещество, нерастворимое в воде и в обычных органических растворителях, хорошо растворимо в концентрированном аммиачном растворе гидроксида меди (II) (реактив Швейцера). Из этого раствора кислоты осаждают целлюлозу в виде волокон (гидратцеллюлоза). Клетчатка обладает довольно большой механической прочностью.

Целлюлоза – это биополимер, состоящий из остатков глюкозы - ценный источник глюкозы, однако для её расщепления необходим фермент **целлюлаза**, сравнительно редко встречающийся в природе.

Целлюлоза состоит из остатков молекул глюкозы, которая и образуется при кислотном гидролизе целлюлозы:

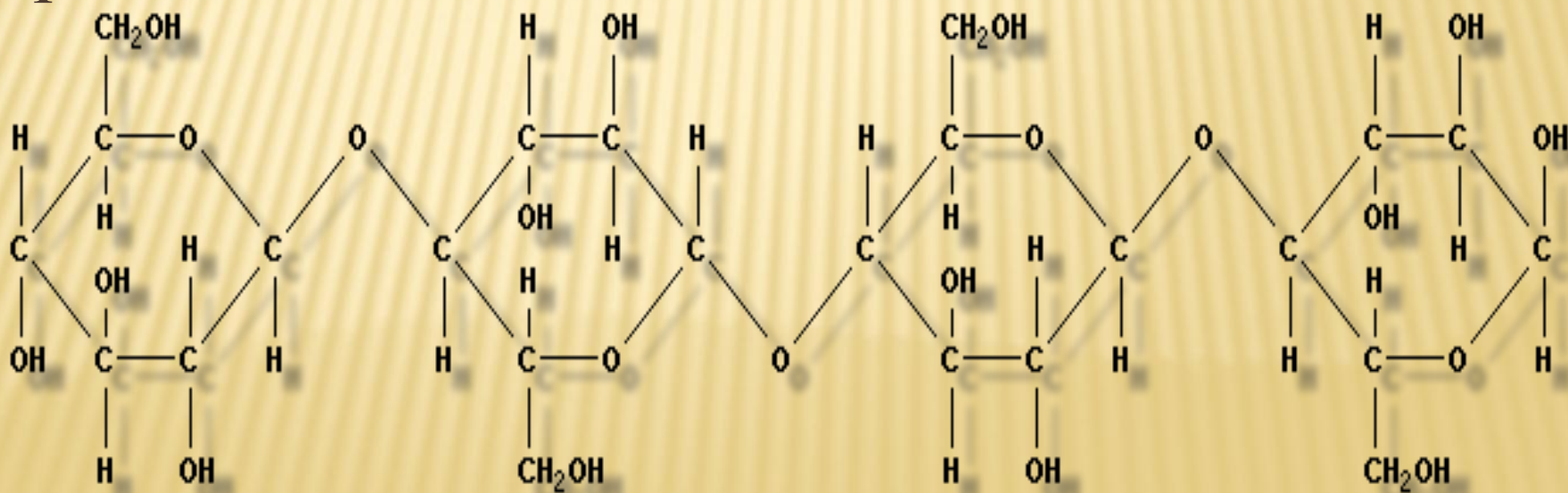


## Целлюлоза ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>

---

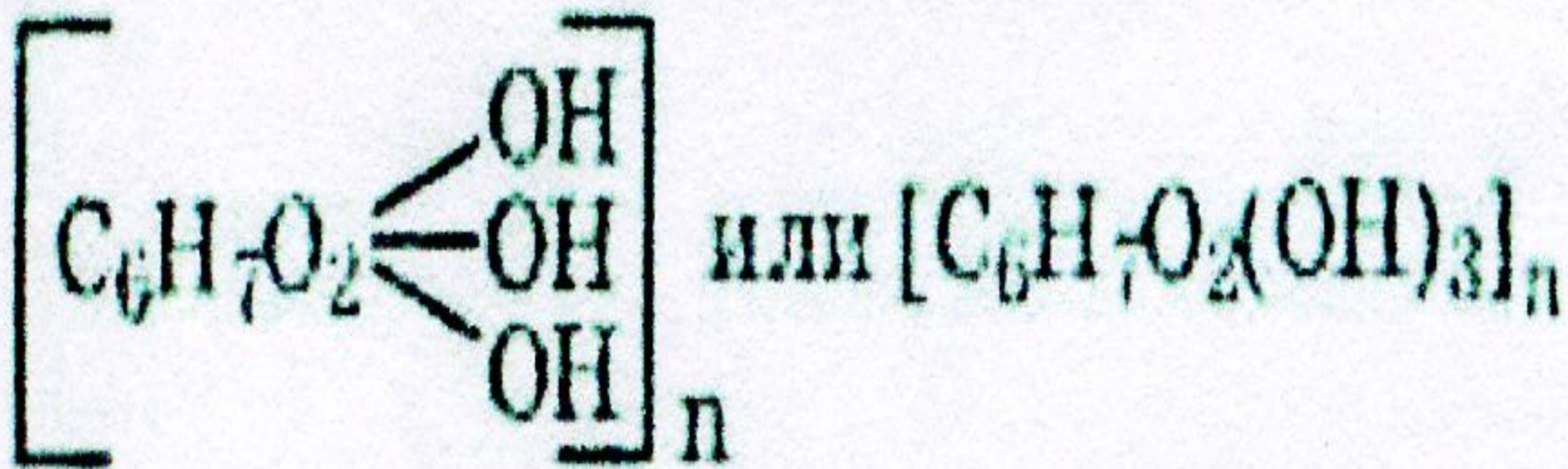
Целлюлоза – это биополимер, состоящий из остатков глюкозы - ценный источник глюкозы, однако для её расщепления необходим фермент целлюлаза, сравнительно редко встречающийся в природе. Поэтому в пищу целлюлозу употребляют только некоторые животные (например, жвачные). Велико и промышленное значение целлюлозы – из этого вещества изготавливают хлопчатобумажные ткани и бумагу.

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



# ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

- 1) Целлюлоза не дает реакции «серебряного зеркала» (нет альдегидной группы). Это позволяет рассматривать каждое звено  $C_6H_{10}O_5$  как остаток глюкозы, содержащий три гидроксильные группы. Последние в формуле целлюлозы часто выделяют:





ЗА СЧЕТ ГИДРОКСИЛЬНЫХ ГРУПП ЦЕЛЛЮЛОЗА  
МОЖЕТ ОБРАЗОВЫВАТЬ ПРОСТЫЕ И СЛОЖНЫЕ  
ЭФИРЫ.

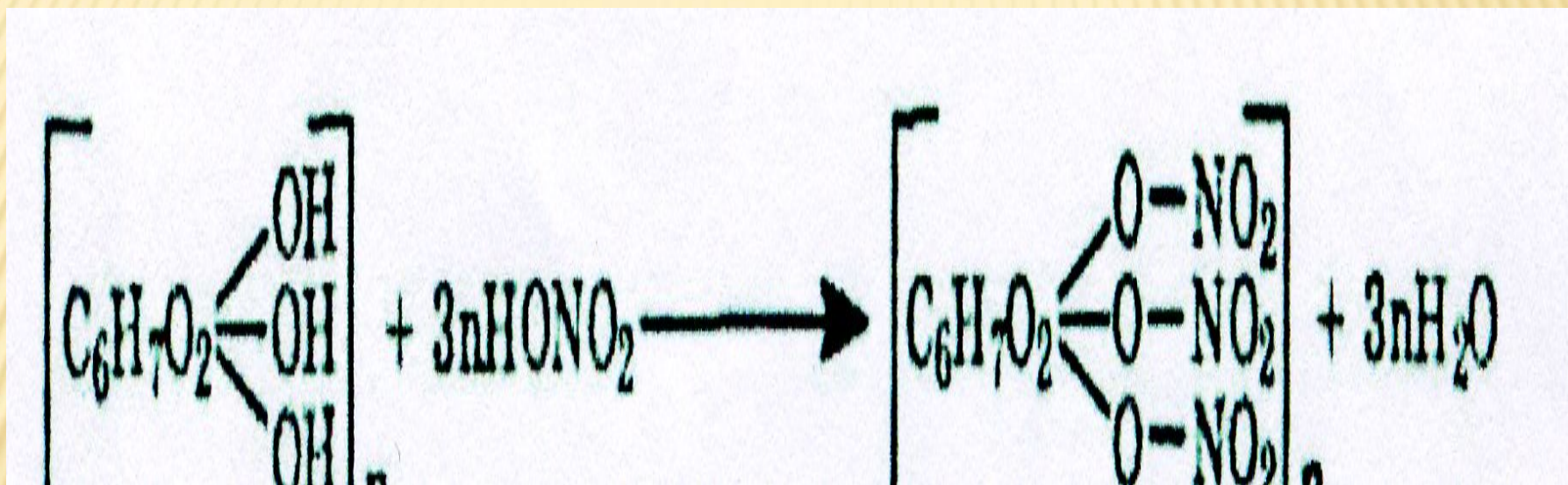
НАПРИМЕР, РЕАКЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СЛОЖНОГО  
ЭФИРА С УКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ ИМЕЕТ ВИД:



ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С  
КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ В  
ПРИСУТСТВИИ

КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ В  
КАЧЕСТВЕ ВОДООТНИМАЮЩЕГО СРЕДСТВА  
ОБРАЗУЕТСЯ СЛОЖНЫЙ ЭФИР — ТРИНИТРАТ

ЦЕЛЛЮЛОЗЫ:



ЭТО — ВЗРЫВЧАТОЕ ВЕЩЕСТВО, ПРИМЕНЯЕМОЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРОХОВ.

ТАКИМ ОБРАЗОМ, ПРИ ОБЫЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ЦЕЛЛЮЛОЗА ВЗАИМОДЕЙСТВУЕТ ЛИШЬ С КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ КИСЛОТАМИ.

2) ПОДОБНО КРАХМАЛУ, ПРИ НАГРЕВАНИИ С  
РАЗБАВЛЕННЫМИ КИСЛОТАМИ ЦЕЛЛЮЛОЗА

ПОДВЕРГАЕТСЯ

ГИДРОЛИЗУ С ОБРАЗОВАНИЕМ ГЛЮКОЗЫ:

$(C_6H_{10}O_6)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$

ГИДРОЛИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ИНАЧЕ НАЗЫВАЕМЫЙ  
ОСАХАРИВАНИЕМ, — ОЧЕНЬ ВАЖНОЕ СВОЙСТВО  
ЦЕЛЛЮЛОЗЫ,

ОН ПОЗВОЛЯЕТ ПОЛУЧИТЬ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК И  
СТРУЖЕК ЦЕЛЛЮЛОЗУ, А СБРАЖИВАНИЕМ  
ПОСЛЕДНЕЙ —

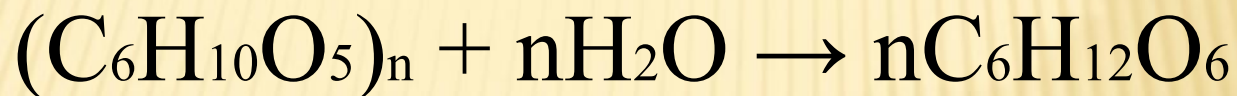
ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ. ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ, ПОЛУЧЕННЫЙ  
ИЗ ДРЕВЕСИНЫ, НАЗЫВАЕТСЯ ГИДРОЛИЗНЫМ.

НА ГИДРОЛИЗНЫХ ЗАВОДАХ ИЗ 1 Т ДРЕВЕСИНЫ  
ПОЛУЧАЮТ ДО 200 Л ЭТИЛОВОГО СПИРТА, ЧТО  
ПОЗВОЛЯЕТ

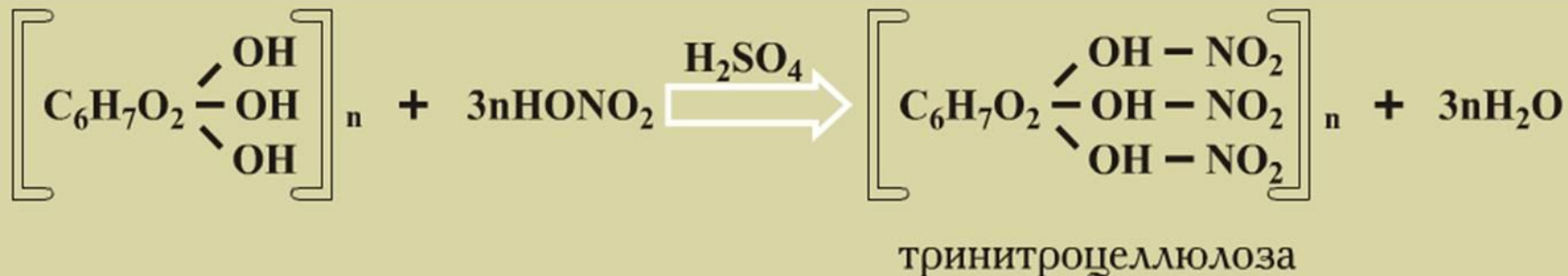
ЗАМЕНИТЬ 1,5 Т КАРТОФЕЛЯ ИЛИ 0,7 Т ЗЕРНА

# Химические свойства целлюлозы

## 1. Гидролиз



## 2. Образование сложных эфиров



# Биологическая роль

В организме **целлюлоза** служит главным образом строительным материалом, и в обмене веществ почти не участвует. **Целлюлоза** не расщепляется обычными ферментами желудочно-кишечного тракта млекопитающих (амилазой, мальтозой); при действии фермента целлюлазы, выделяемого микрофлорой кишечника травоядных животных



# Образование в природе

Почти чистой клетчаткой является хлопок, который идёт на изготовление ткани: в хлопковом волокне содержится до 99,5 % целлюлозы



Целлюлоза древесины 50 % даёт бумагу



# Применение

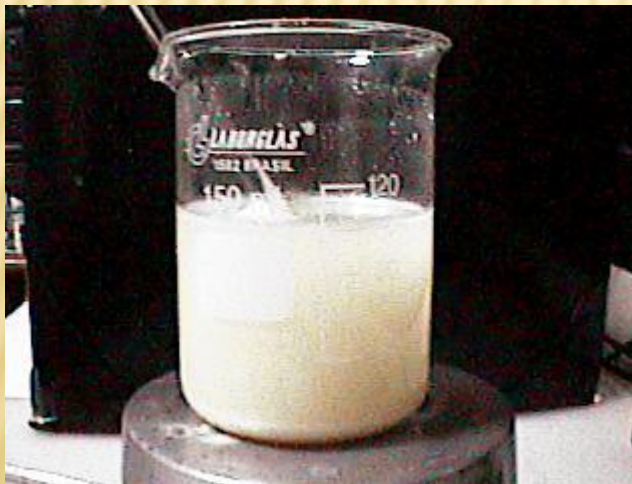
Из ацетилцеллюлозы получают ацетатный шёлк





Тринитроцеллюлоза (пироксилин) используется как взрывчатое вещество и для производства бездымного пороха.

Динитроцеллюлоза (коллоксилин) применяется для получения коллодия (для создания шрамов и рубцов)



# ПРИМЕНЕНИЕ КРАХМАЛА И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ



# ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ



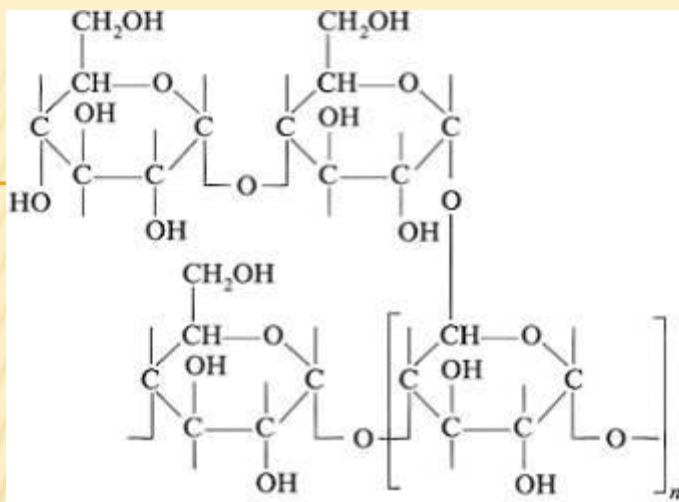
Текстильная  
промышленность



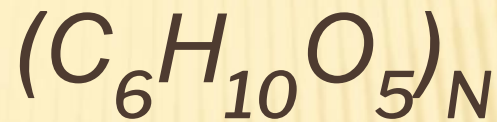
Органический  
синтез



Производство бумаги и



# ГЛИКОГЕН (ЖИВОТНЫЙ КРАХМАЛ)



# ПРОВЕРЬ СЕБЯ:

Название, формула	Где содержится	Свойства
<b>Крахмал</b> $(C_6H_{10}O_5)_n$	в клубнях, плодах и семенах растений	Белый, аморфный, скользкий на ощупь порошок, не растворяется в воде, лишь разбухает
<b>Гликоген</b> $(C_6H_{10}O_5)_n$	у млекопитающих накапливается в печени и скелетной мускулатуре. Встречается также у некоторых бактерий, дрожжей и грибов.	По строению аналогичный крахмалу, но его молекулы более разветвленные и имеют большую молекулярную массу
<b>Целлюлоза</b> $(C_6H_{10}O_5)_n$	практически во всех растениях	Обладает большой механической и химической прочностью, абсолютно не растворяется в воде.