

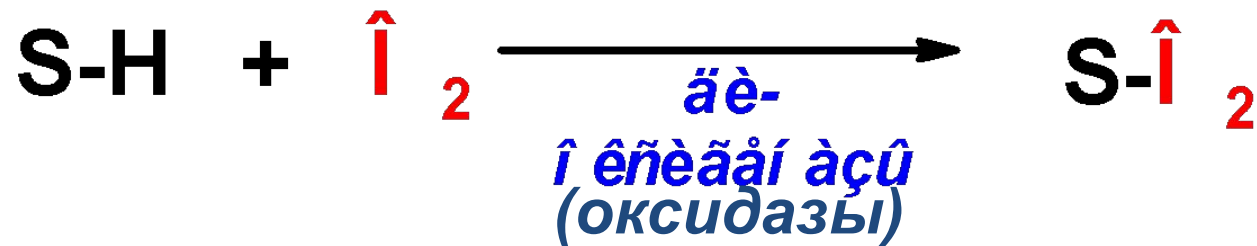
КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И КЛИНИЧЕСКОЙ
БИОХИМИИ

Лекция

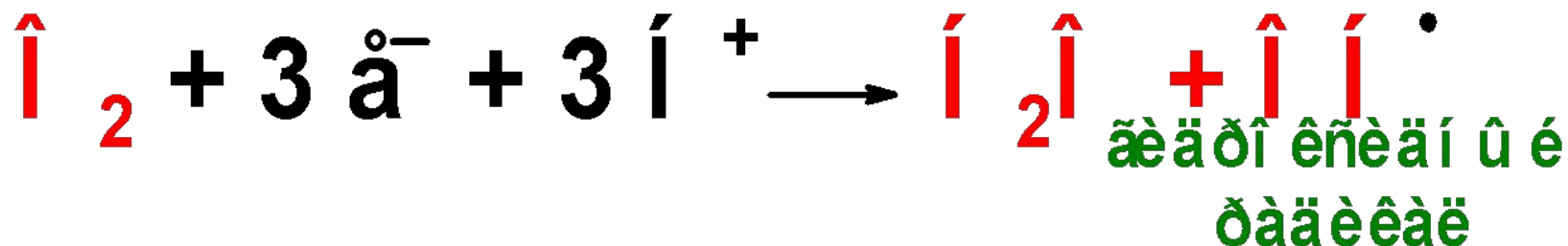
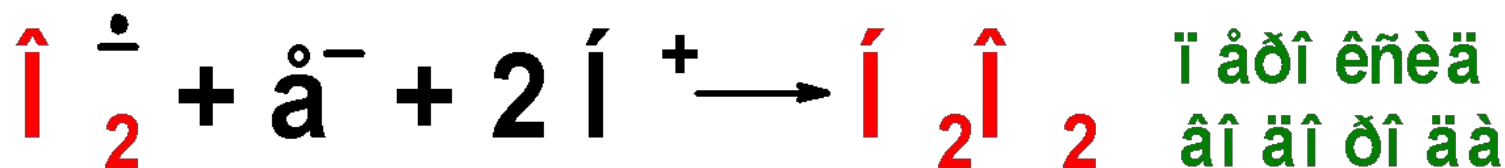
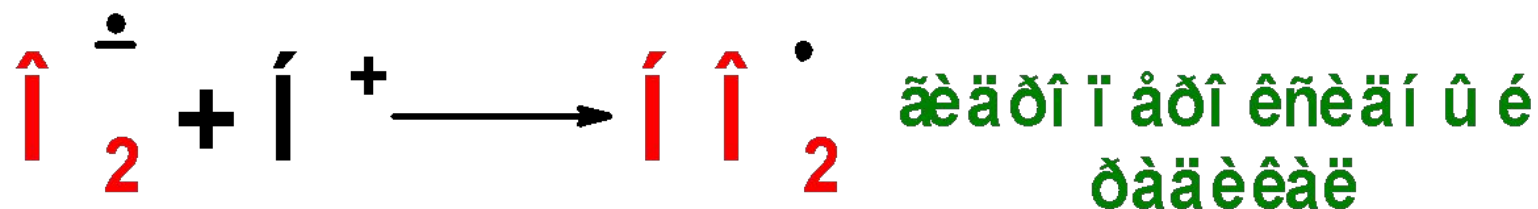
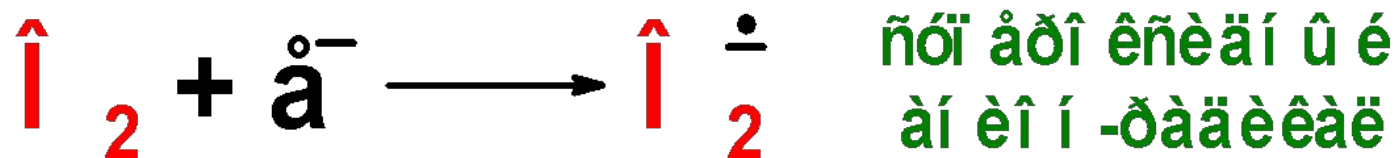
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ОБМЕН
ОБМЕН
УГЛЕВОДОВ-1**

Краснодар

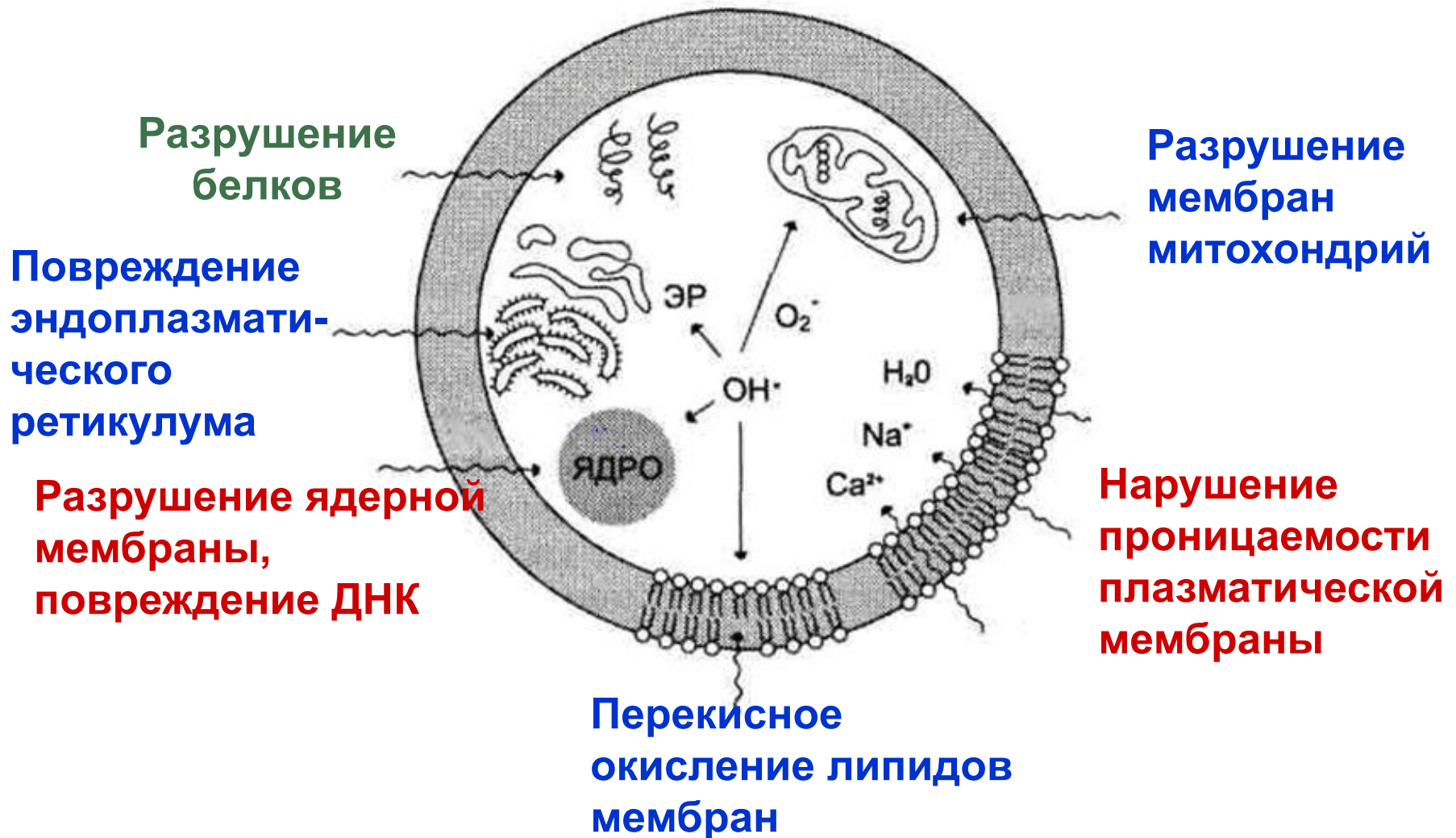
Микросомальное окисление



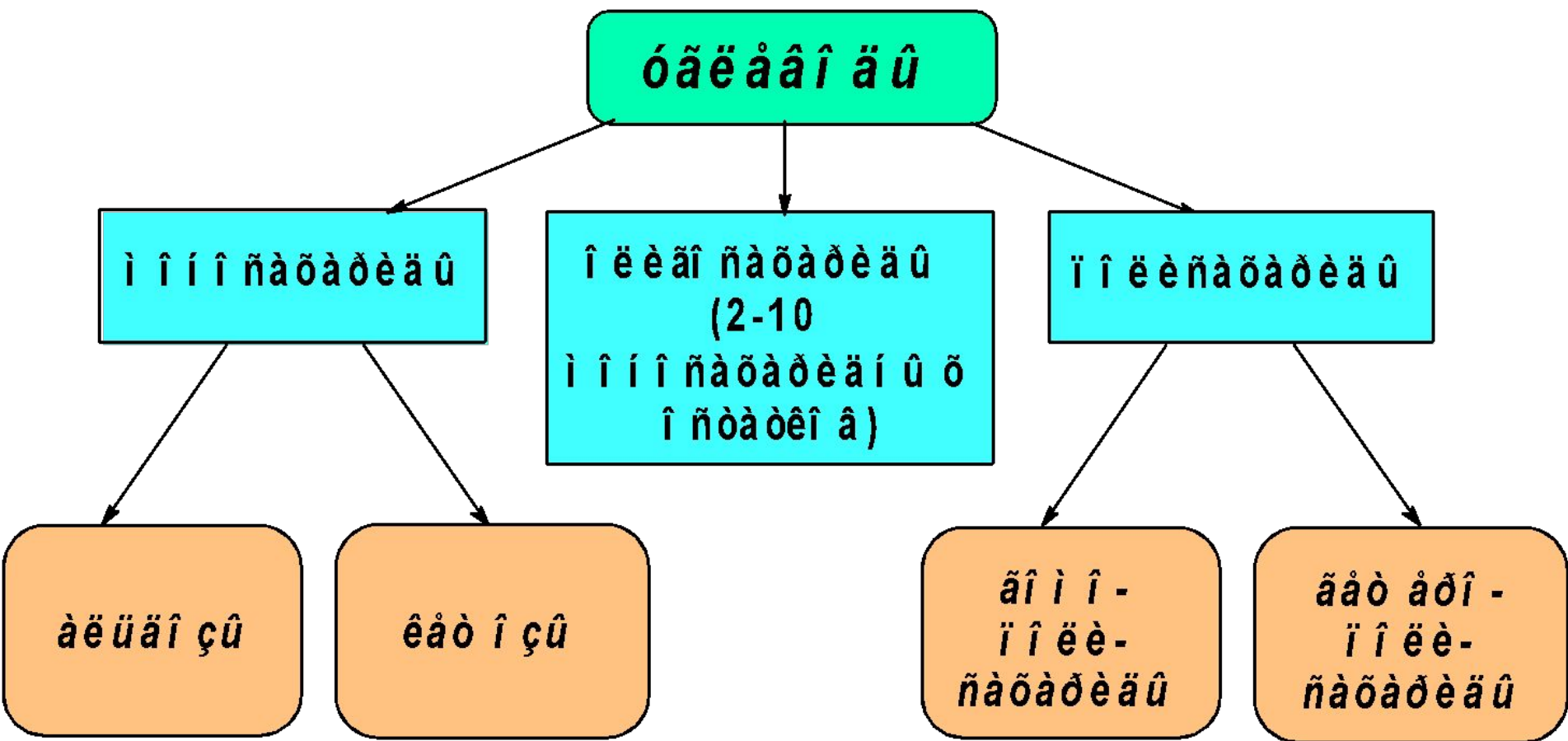
Активные формы кислорода



Повреждающее действие свободных радикалов на компоненты клетки



Классификация углеводов

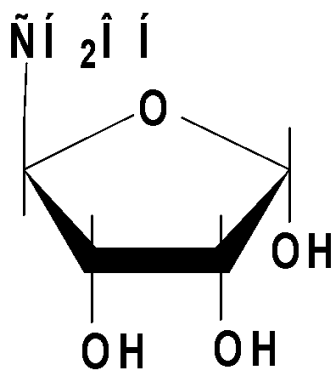


Функции углеводов

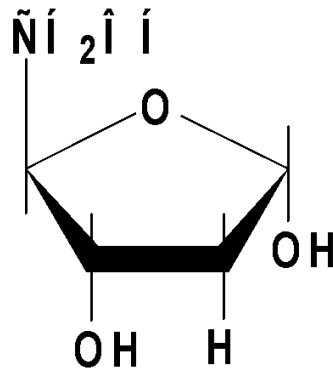
- Энергетическая
- Резервная (гликоген печени – резерв глюкозы крови, гликоген мышц – резерв энергии)
- Структурная (олисахаридные фрагменты гликопротеинов и гликолипидов, гетерополисахариды соединительной ткани)
- Защитная (иммунохимическая защита, факторы свёртывания крови, слизистые секреты – муцины, мукоиды)
- Специфические (межклеточные контакты, рецепторы, некоторые гормоны, гепарин – антикоагулянт и др.)

Моносахариды

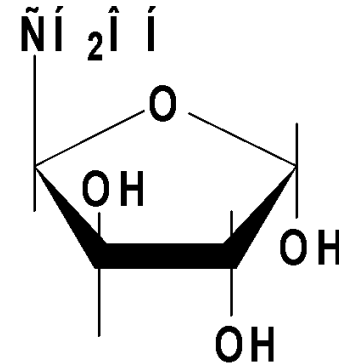
пентозы



D-рибоза

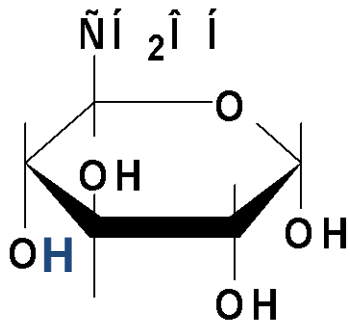


D-ксилоза

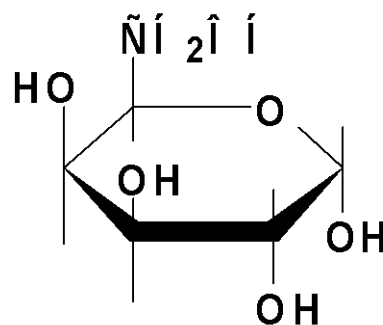


D-арабиноза

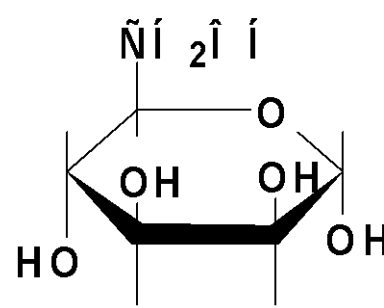
гексозы



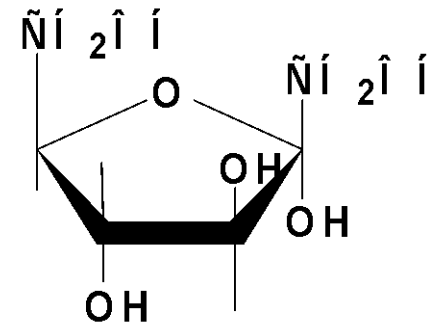
D-глюкоза



D-манноза

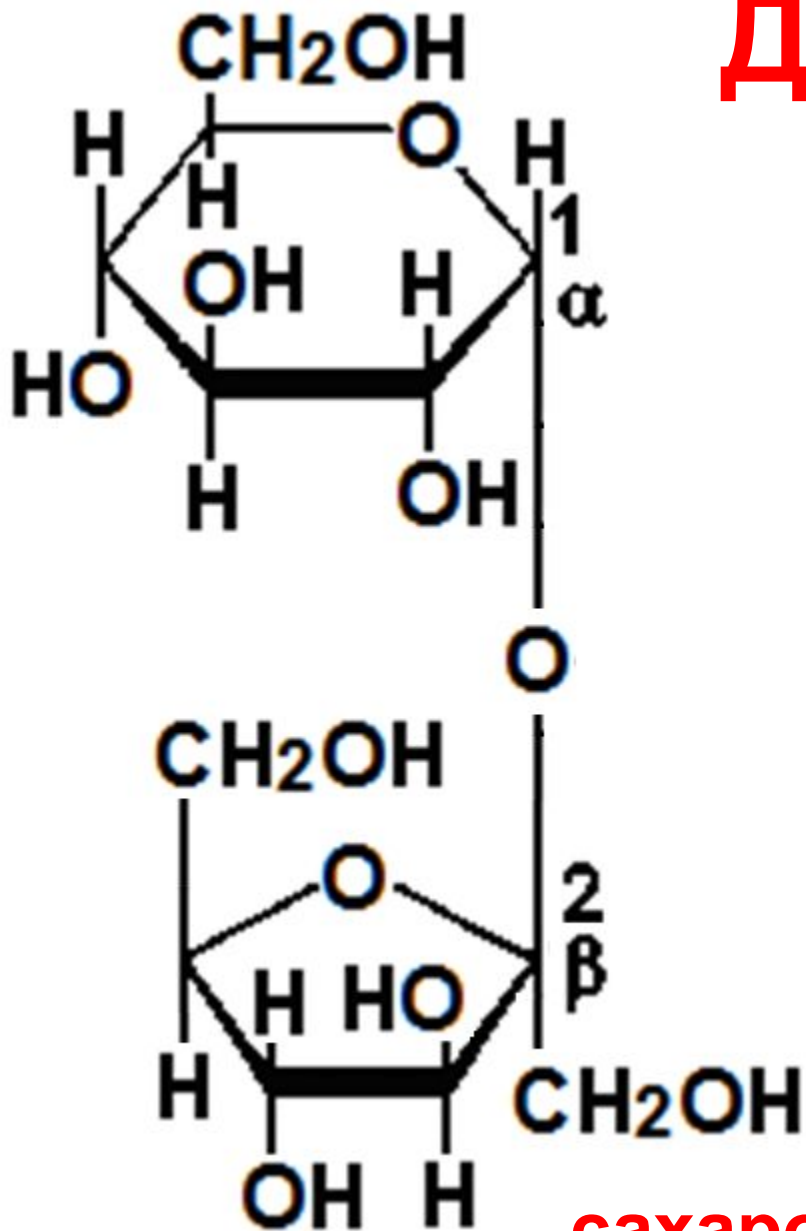


D-фруктоза



D-галактоза

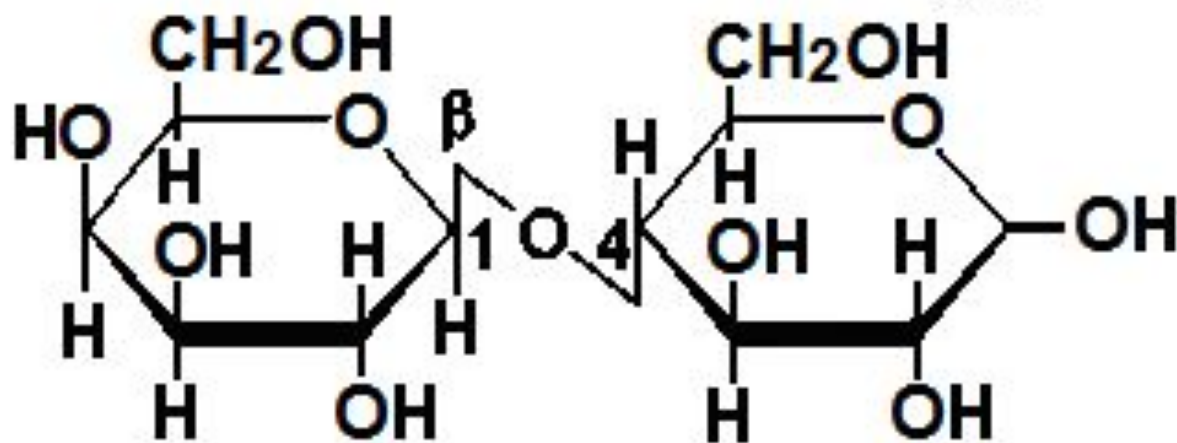
Дисахариды пищи



сахароза



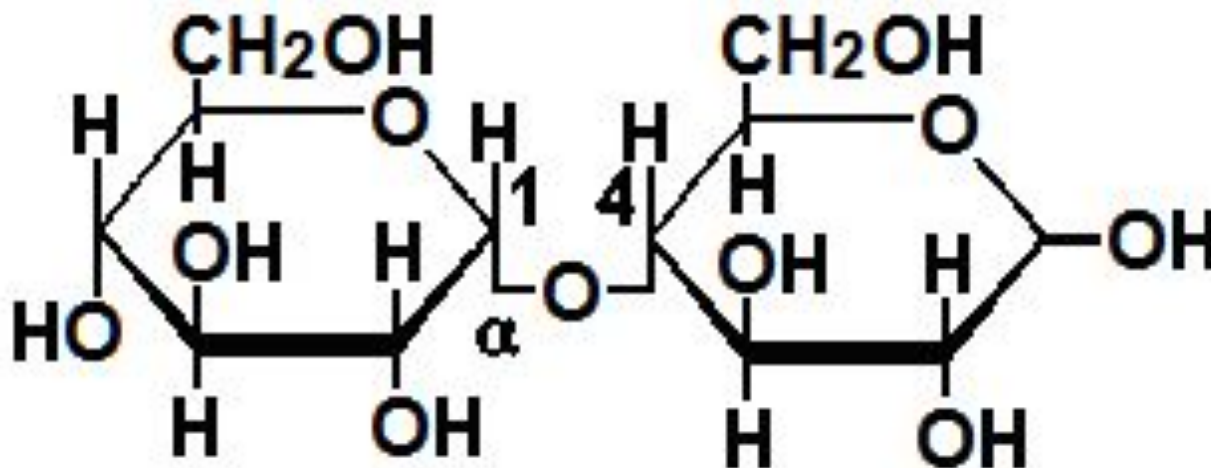
Дисахариды пищи



лактоза

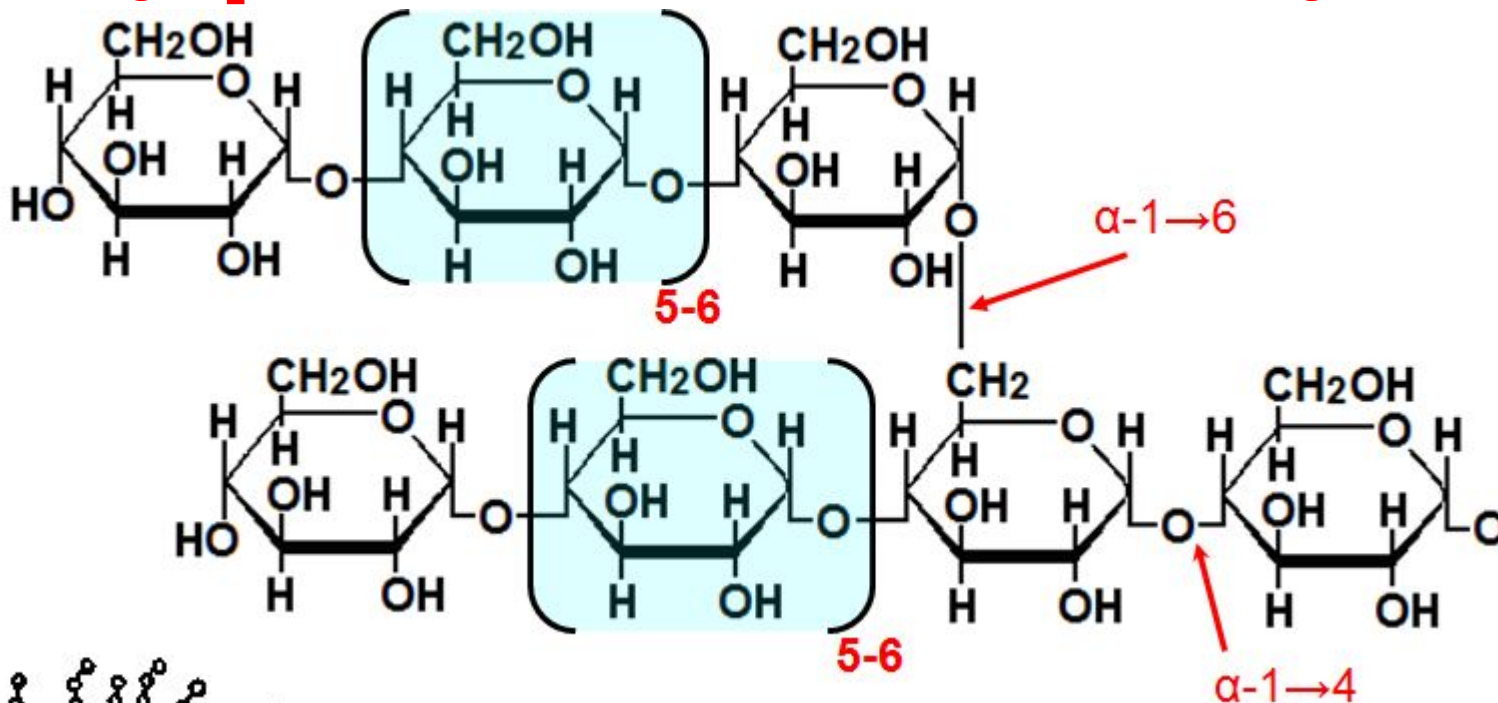
дисахариды

пищи

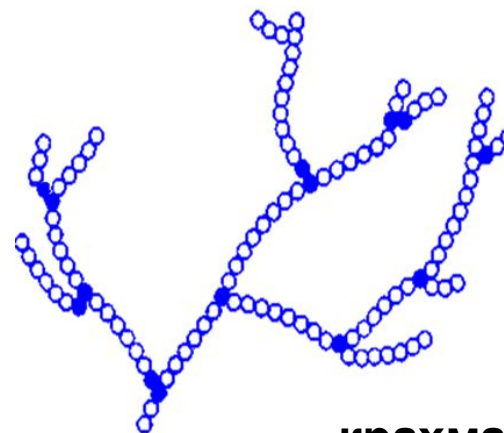


мальтоза

Полисахариды (крахмал, гликоген)

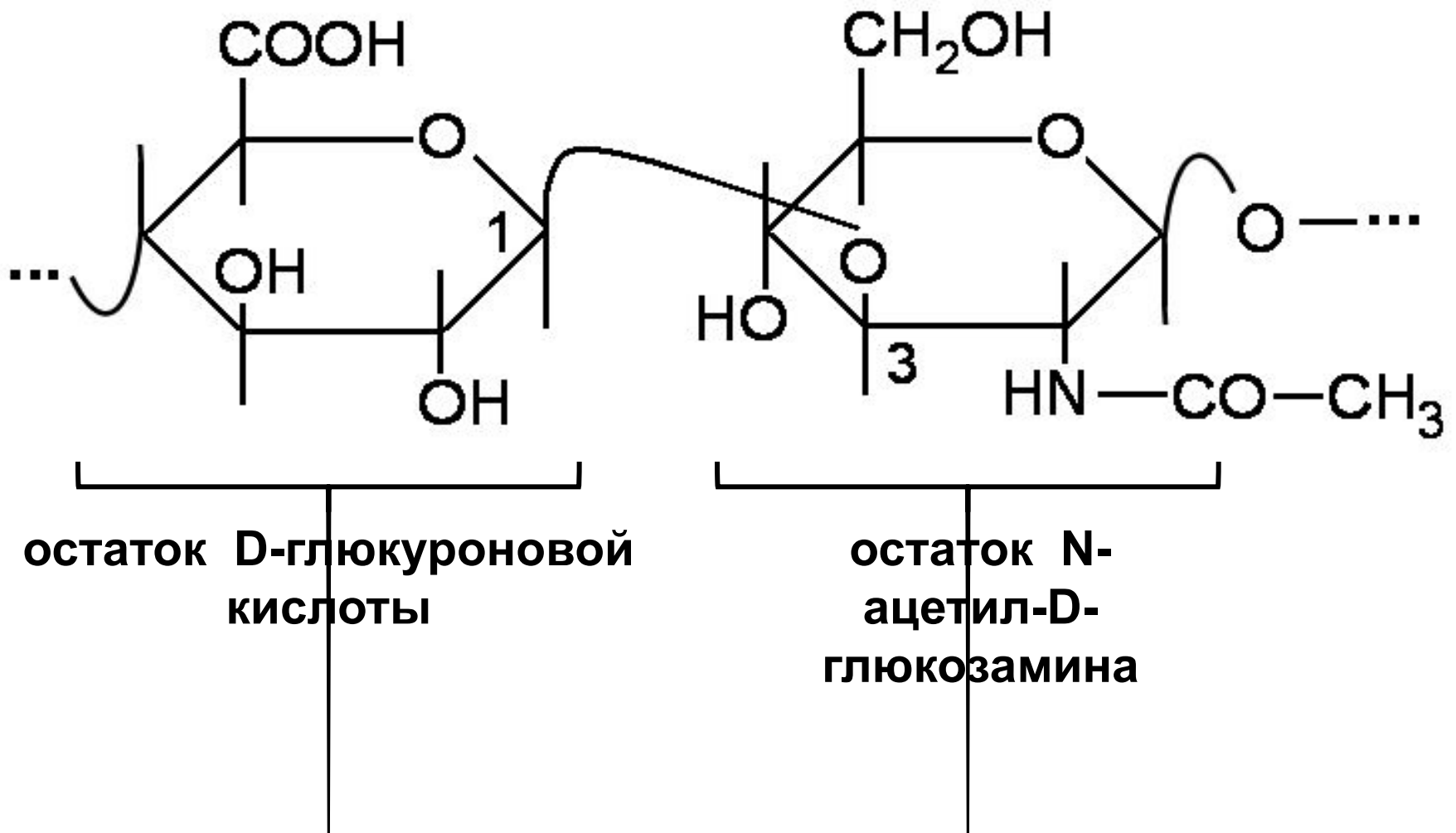


гликоген

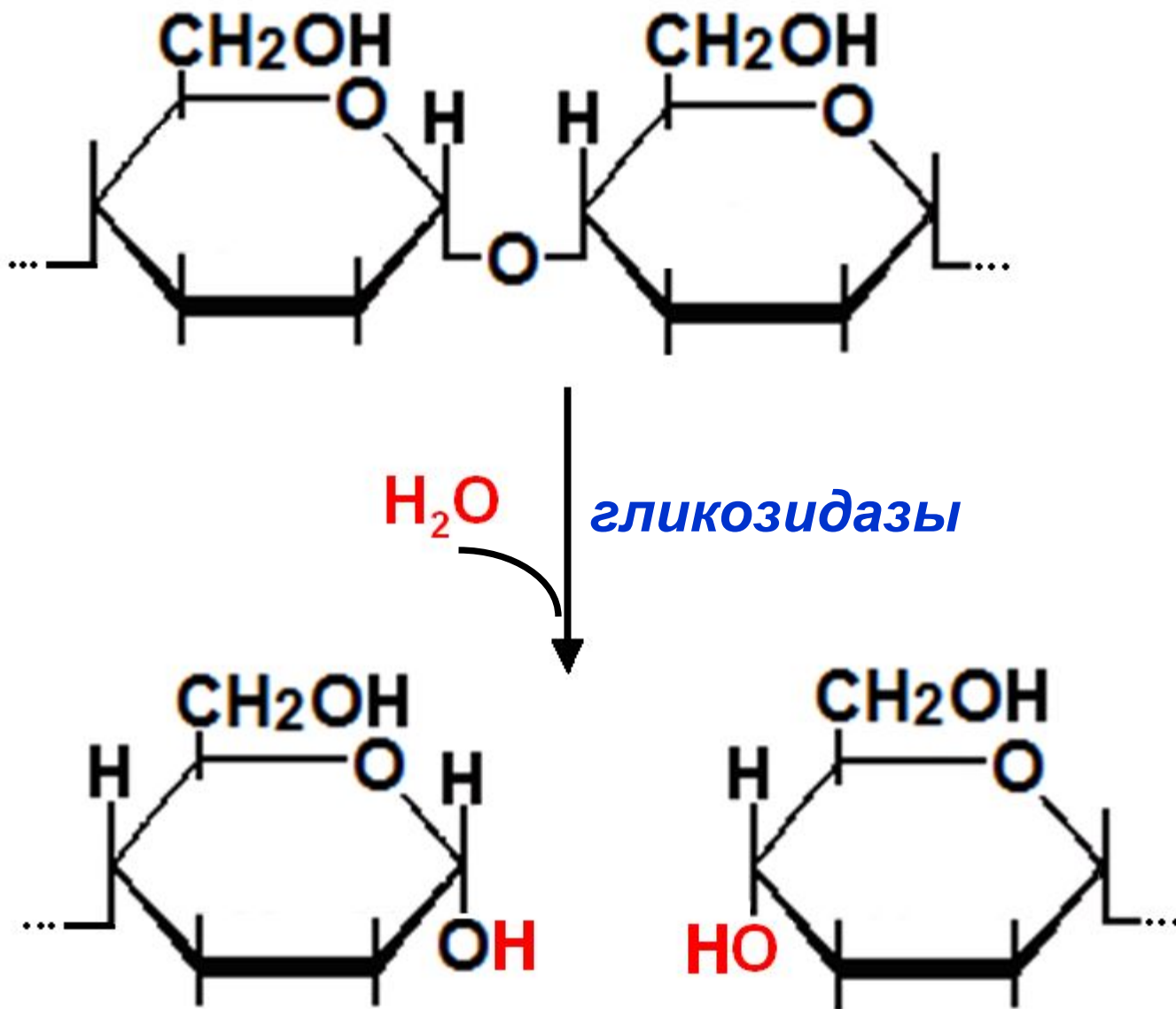


крахмал

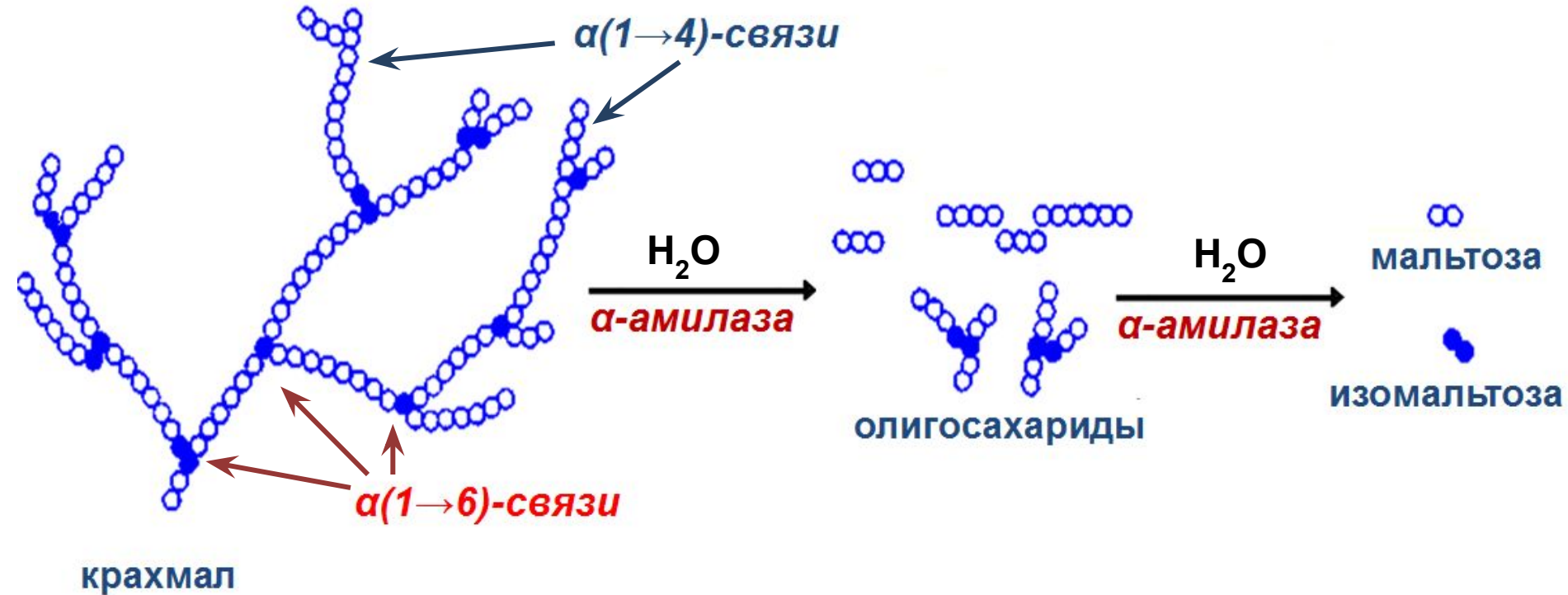
ы (гиалуроновая кислота)



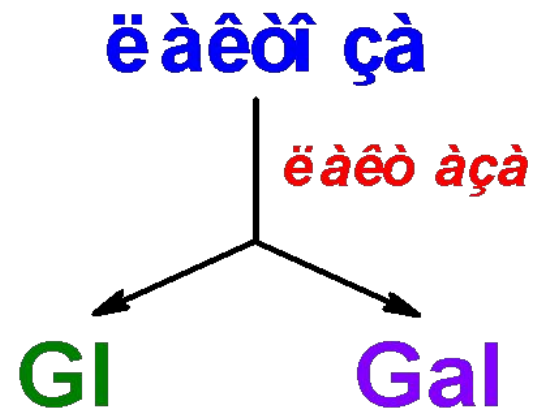
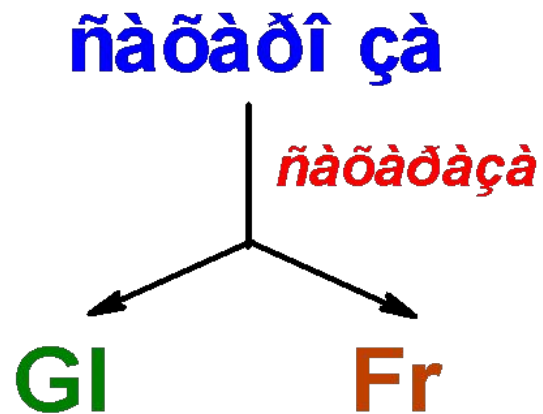
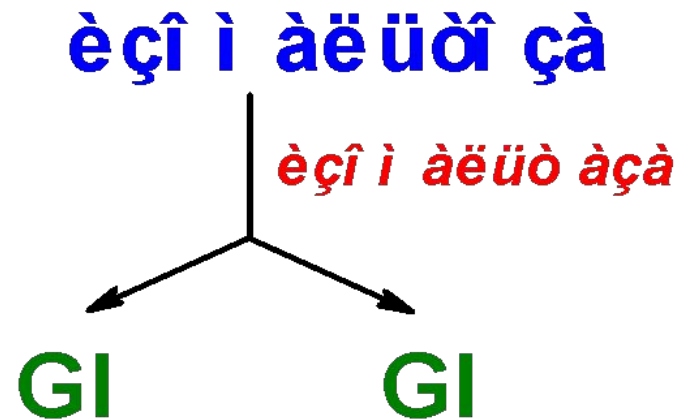
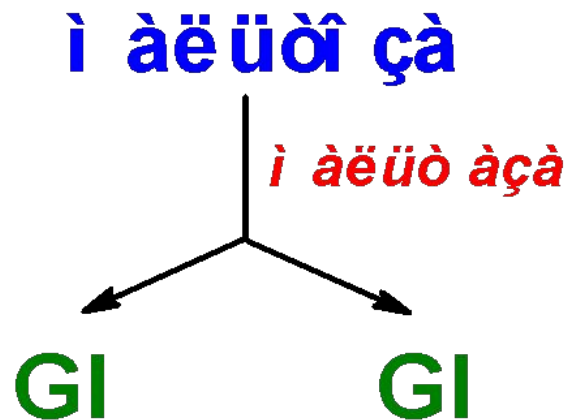
Гидролиз гликозидной связи



панкреатической амилазой



ДИСАХАРИДОВ



Всасывание моносахаридов

- Облегчённая диффузия по градиенту концентраций (пассивный транспорт)
- Активный транспорт против градиента концентраций совместно с ионами Na^+ и с затратой энергии АТФ

Транспорт глюкозы в клетки

С помощью транспортных белков – «глюкозных транспортёров» (ГЛЮТ)

ГЛЮТ-1

ГЛЮТ-2

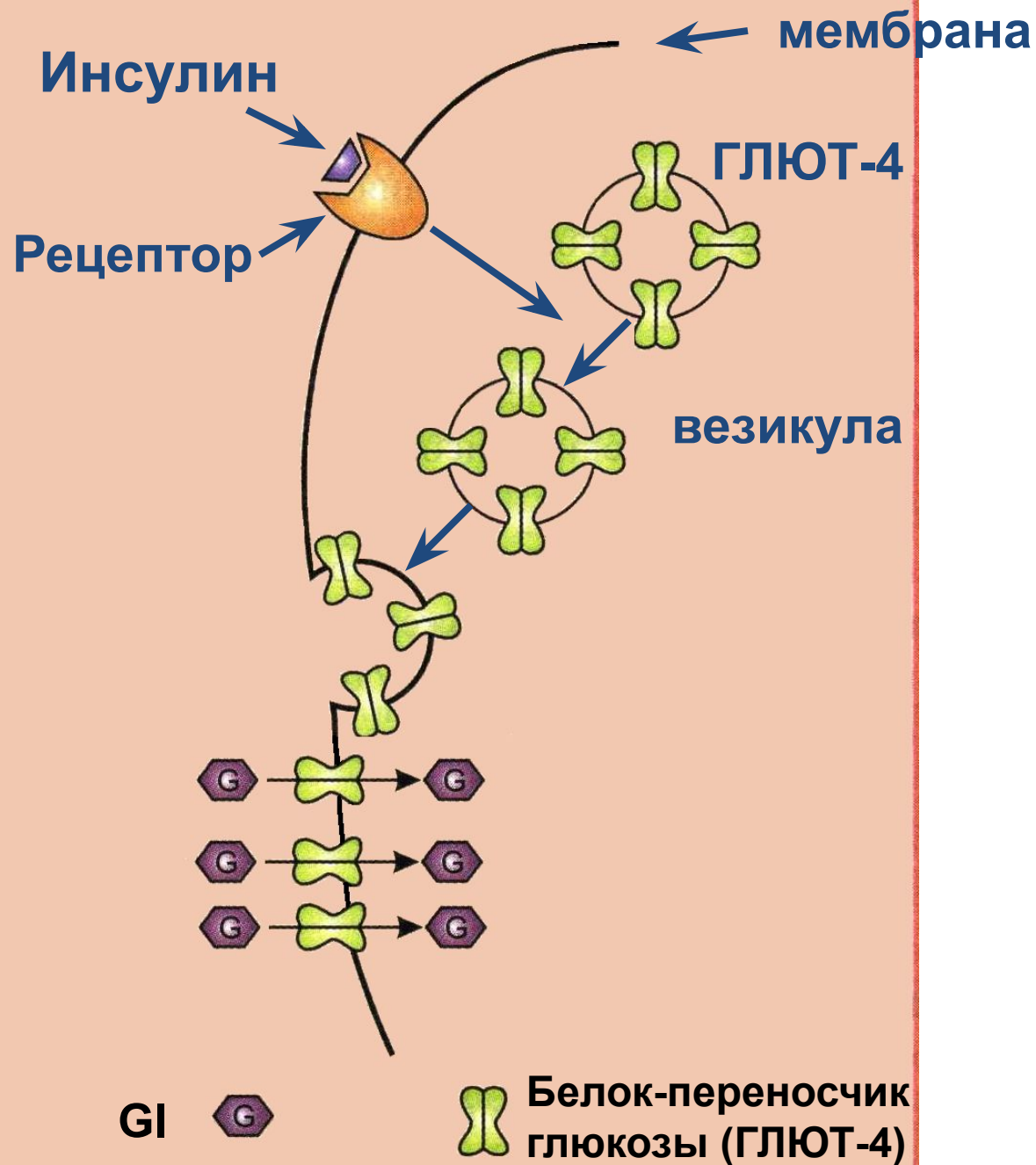
ГЛЮТ-3

ГЛЮТ-5

ГЛЮТ-4

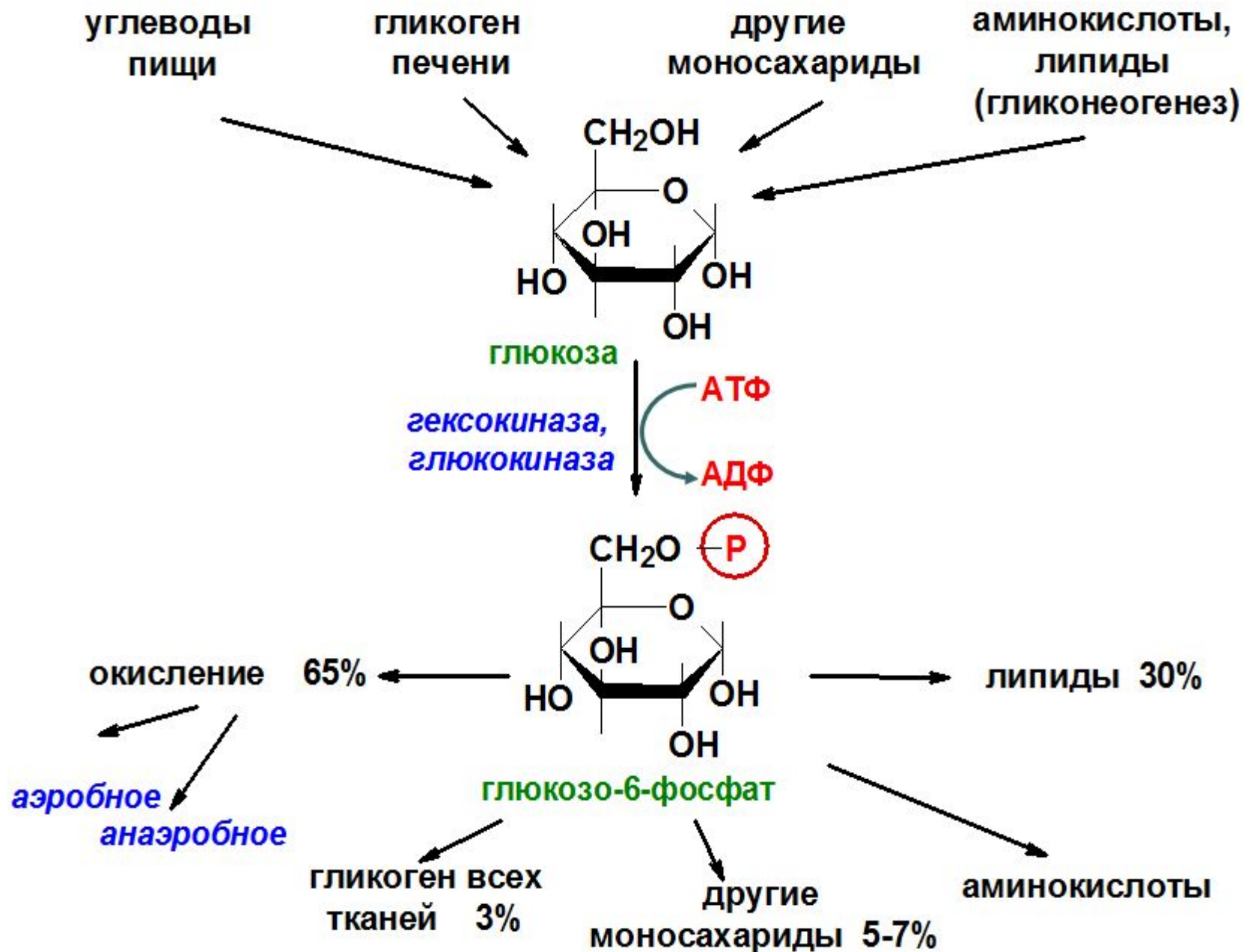
инсулин**НЕ**зависимые
транспортёры
(печень, мозг, почки и пр.)

инсулин**з**ависимые
транспортёры
(мышцы, жировая ткань)



Транс- мембранный перенос глюкозы

ГЛЮКОЗЫ

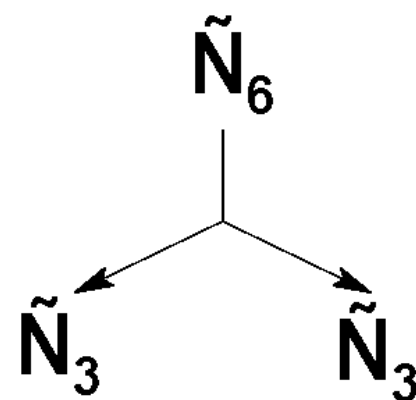
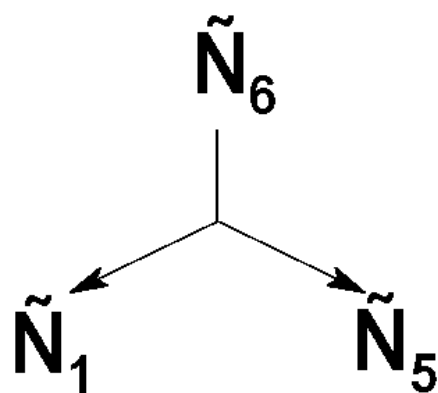


ГЛЮКОЗЫ

ÃĖР ÊÎ ÇÀ

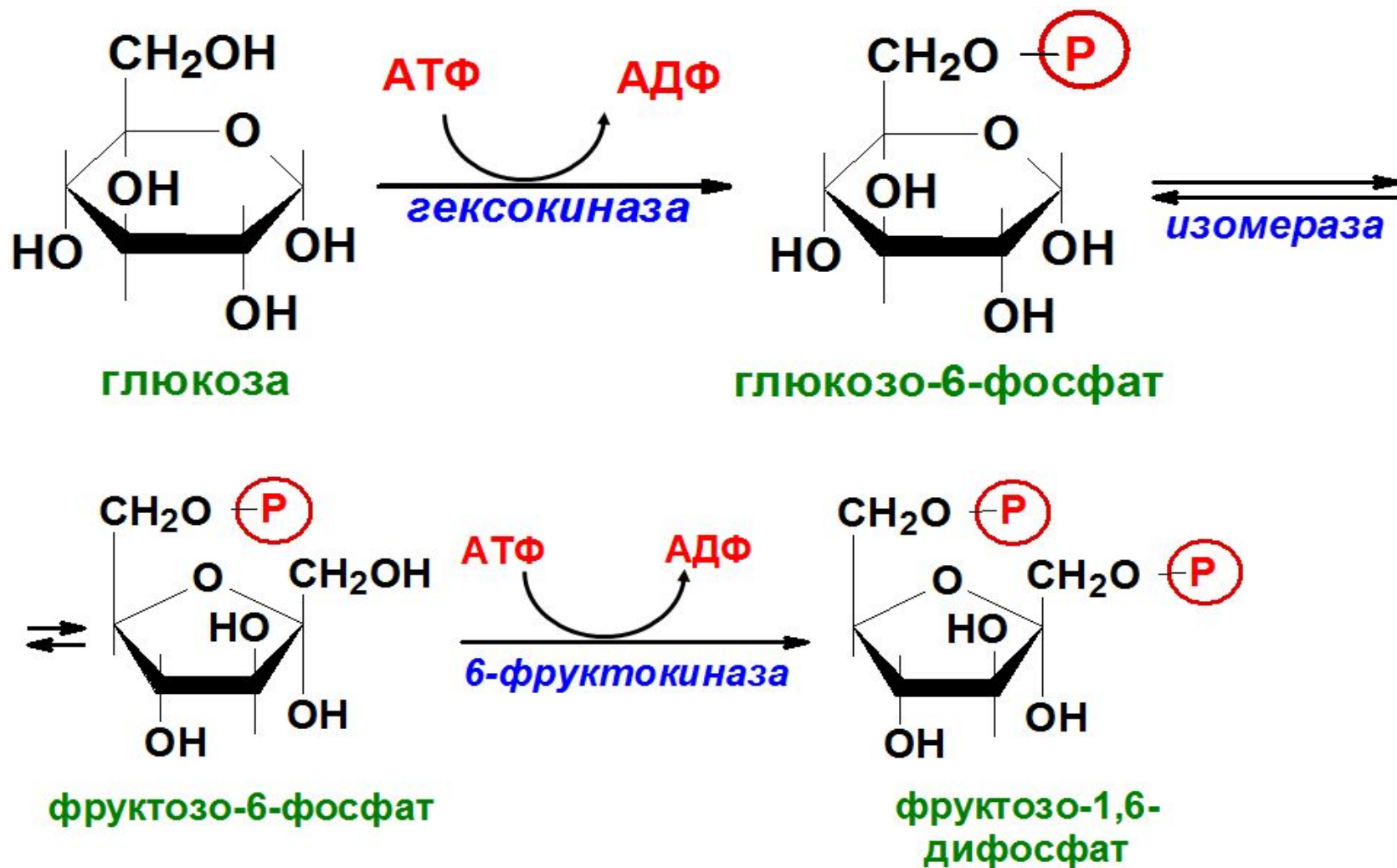
ĩ đỹì î ă (ăĩ î ò î ì è÷ăñêî ă),
 èèè ĩ ăí ò î çî ô î ñô àò í î ă,
 î êèñěăí èă

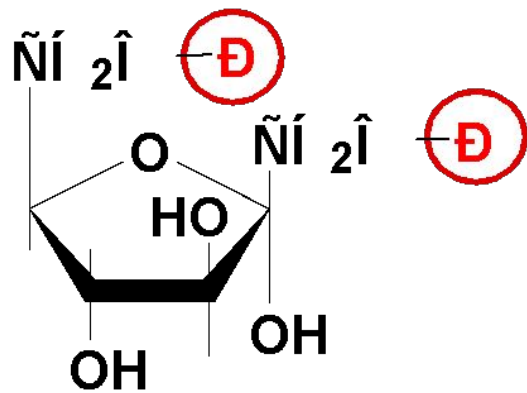
í ăĩ đỹì î ă
 (ăèõî ò î ì è÷ăñêî ă)
 î êèñěăí èă



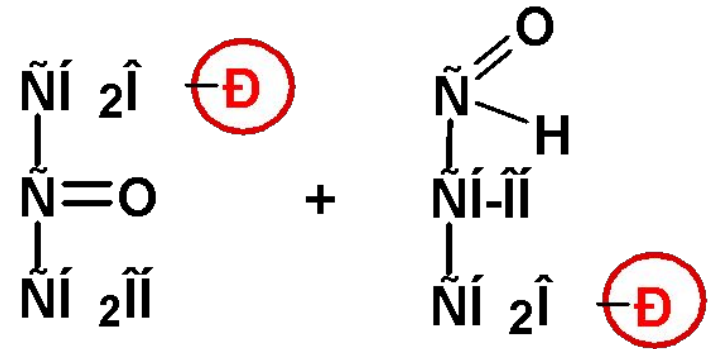
ГЛИКОЛИЗ

1. Подготовительная фаза (фосфорилирование)



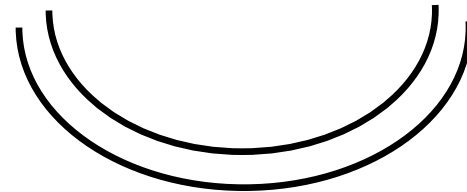


ô ðóêî çî -1,6-
 äèô î ñô àò



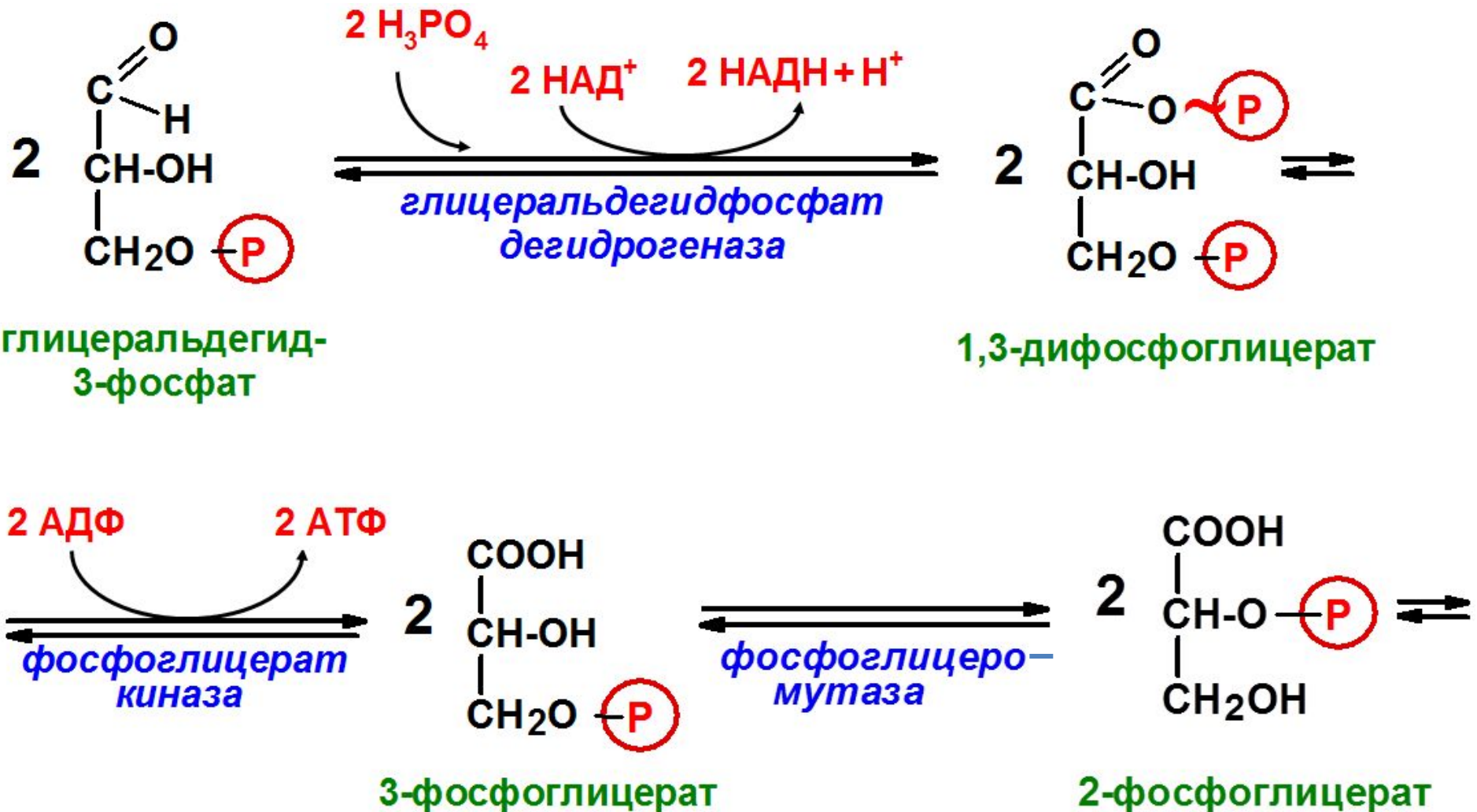
äèî êñèàöäî í -
 ô î ñô àò

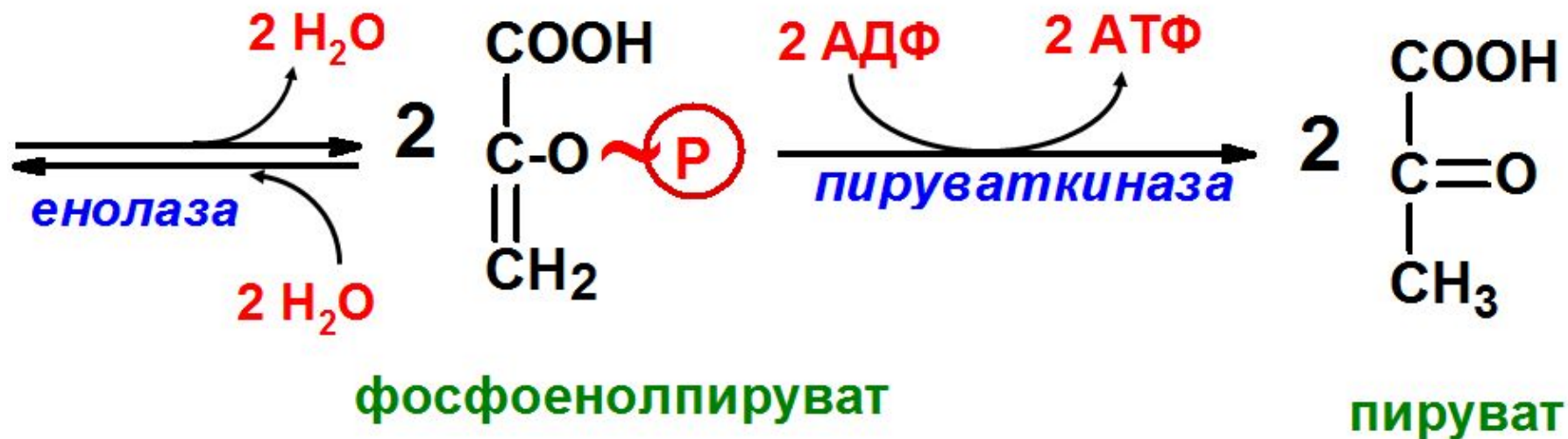
äèèöäèüäääèä -
 3-ô î ñô àò



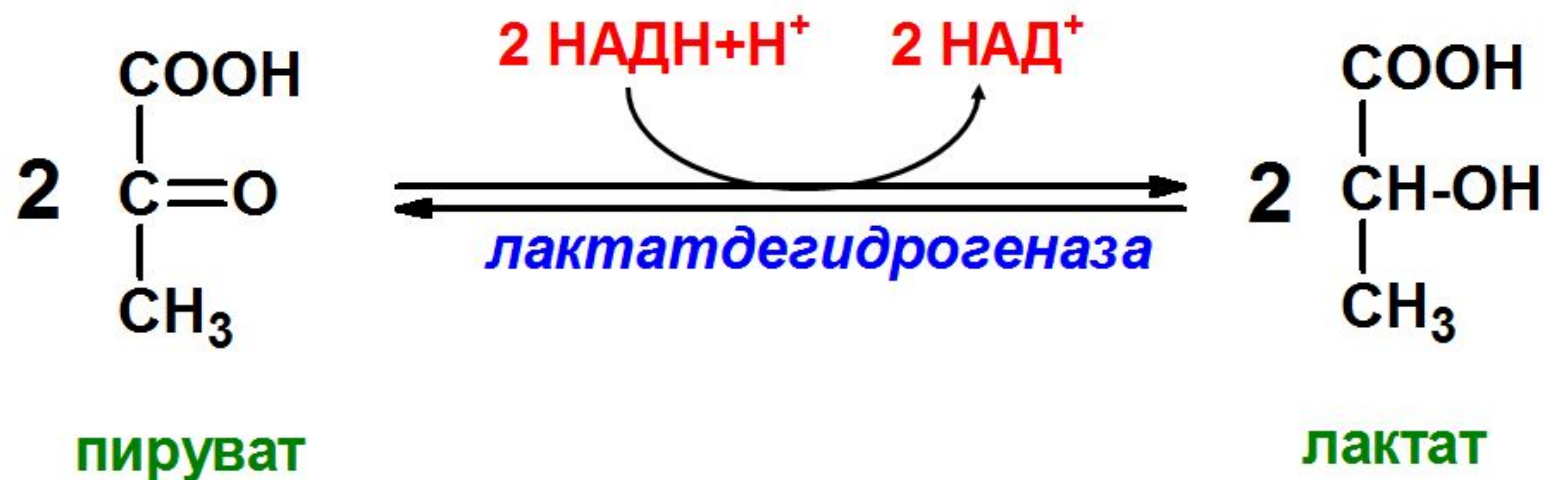
èçî ì áðàçà
 ô î ñô î ò ðèî ç

2. Гликолитическая (внутримолекулярная) оксидоредукция





3. Восстановление пирувата



ГЛЮКОЗА

①

АДФ

Глюкозо-6-фосфат

②

Фруктозо-6-фосфат

③

АДФ

Фруктозо-1,6-бисфосфат

④

Диоксиацетонфосфат

⑤

Глицеральдегид-3-фосфат (2 мол)

- АТФ

- АТФ

$\text{НАД}^+ + \text{H}_3\text{PO}_4$ $\rightleftharpoons$ $\text{НАД}^+ + \text{H}_3\text{PO}_4$ (по 2 мол)

⑥

$\text{НАДН} + \text{H}^+$ $\rightleftharpoons$ $\text{НАДН} + \text{H}^+$ (2 мол)

1,3-Бисфосфоглицерат (2 мол)

⑦

АДФ

АТФ

3-Фосфоглицерат (2 мол)

⑧

АДФ

АТФ

2-Фосфоглицерат (2 мол)

⑨

H_2O

H_2O (2 мол)

Фосфоенолпируват (2 мол)

⑩

АДФ

АТФ

Пировиноградная кислота (2 мол)

+ АТФ (2 мол)

+ АТФ (2 мол)

НАД^+

$\text{НАДН} + \text{H}^+$ (2 мол)

⑪

НАД^+

(2 мол)

$\text{НАДН} + \text{H}^+$

МОЛОЧНАЯ
КИСЛОТА
(2 мол)

Общая схема гликолиза

I
подготовительная

II
гликолитическая
оксидоредукция

Биологическая роль

- Неэкономный, но в бескислородных условиях **единственный** способ получения полезной энергии
- Поставщик субстратов в реакции аэробного окисления
- Путь, обеспечивающий взаимосвязь аэробного и анаэробного окисления и всех видов метаболизма

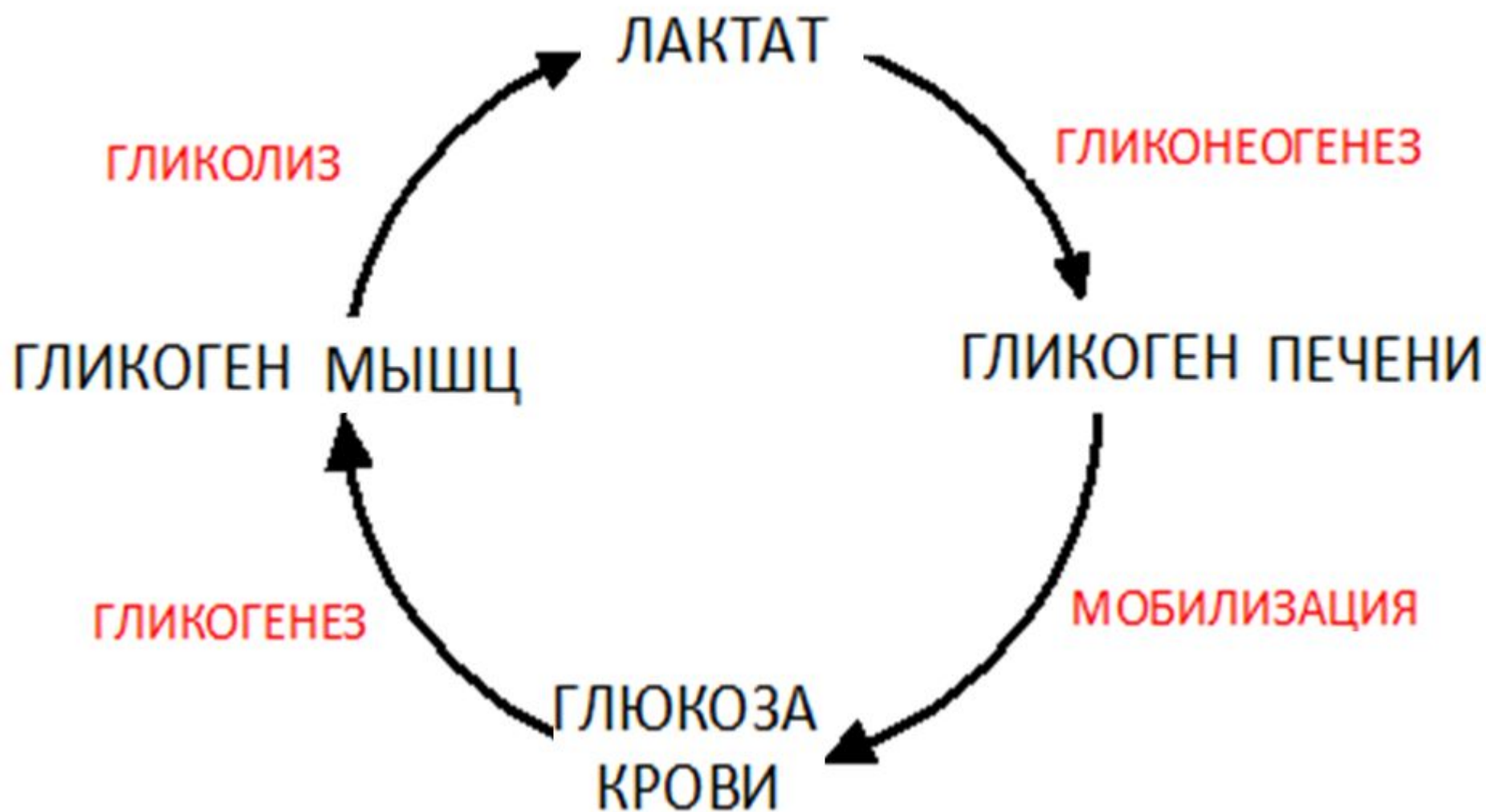
Регуляция анаэробного ГЛИКОЛИЗА

- Аллостерическая регуляция
(фруктокиназа)
- Концентрация субстрата
- Концентрация кислорода

- Состояние депо энергии
$$\frac{\text{АДФ} + \text{НР}}{\text{АТФ}}$$
 активатор
ингибитор

- Состояние коферментов
$$\frac{\text{НАД}^+}{\text{НАДН} + \text{H}^+}$$
 активатор
ингибитор

Цикл Кори



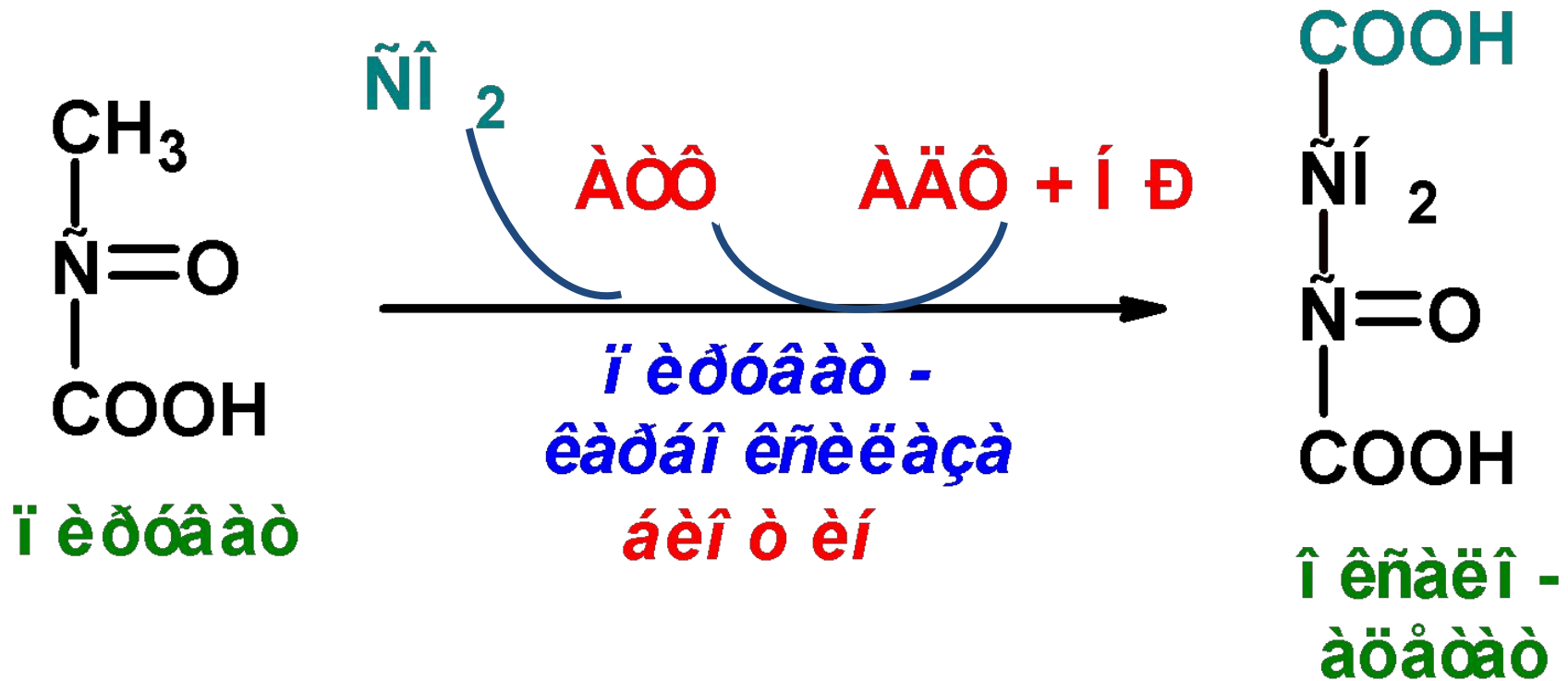
Гликонеогенез –

процесс синтеза глюкозы из неуглеводных веществ (лактат, пируват, глицерин) за счёт обратимости действия большинства ферментов гликолиза (за исключением трёх «киназных барьеров»).

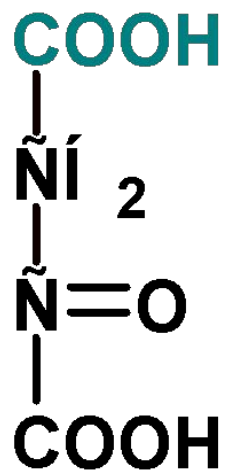
Активируется

глюкокортикоидами

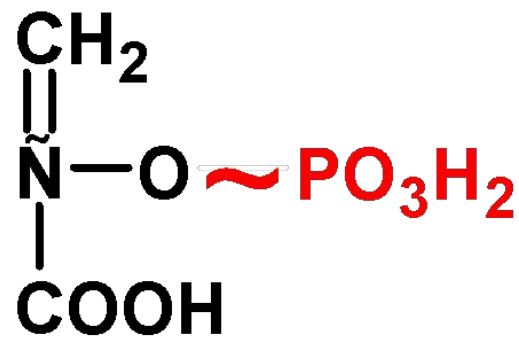
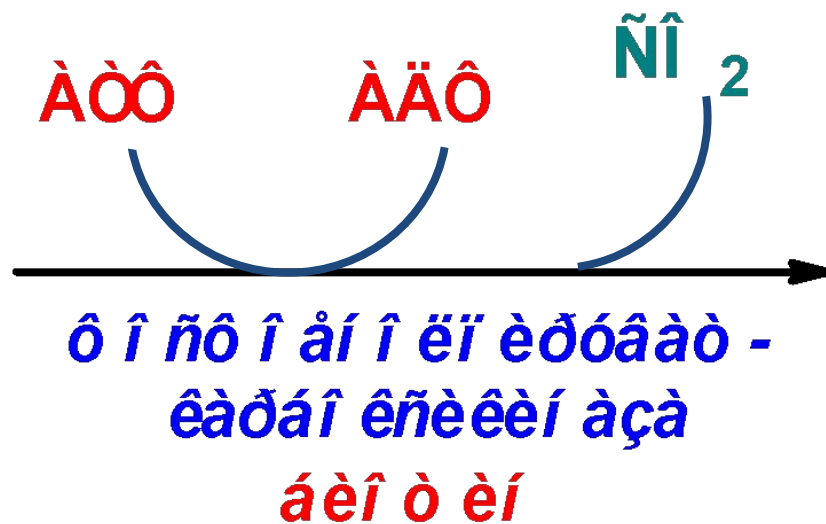
Пируваткиназный барьер – 1-я реакция



Пируваткиназный барьер – 2-я реакция

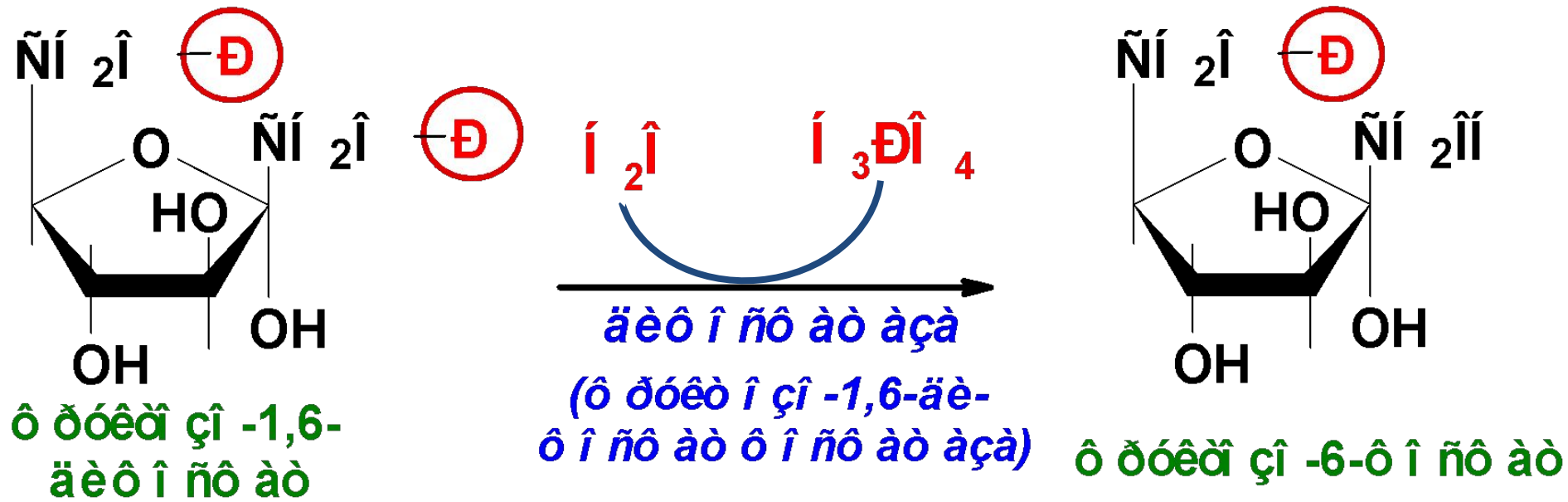


î êñàëî -
àöâàò

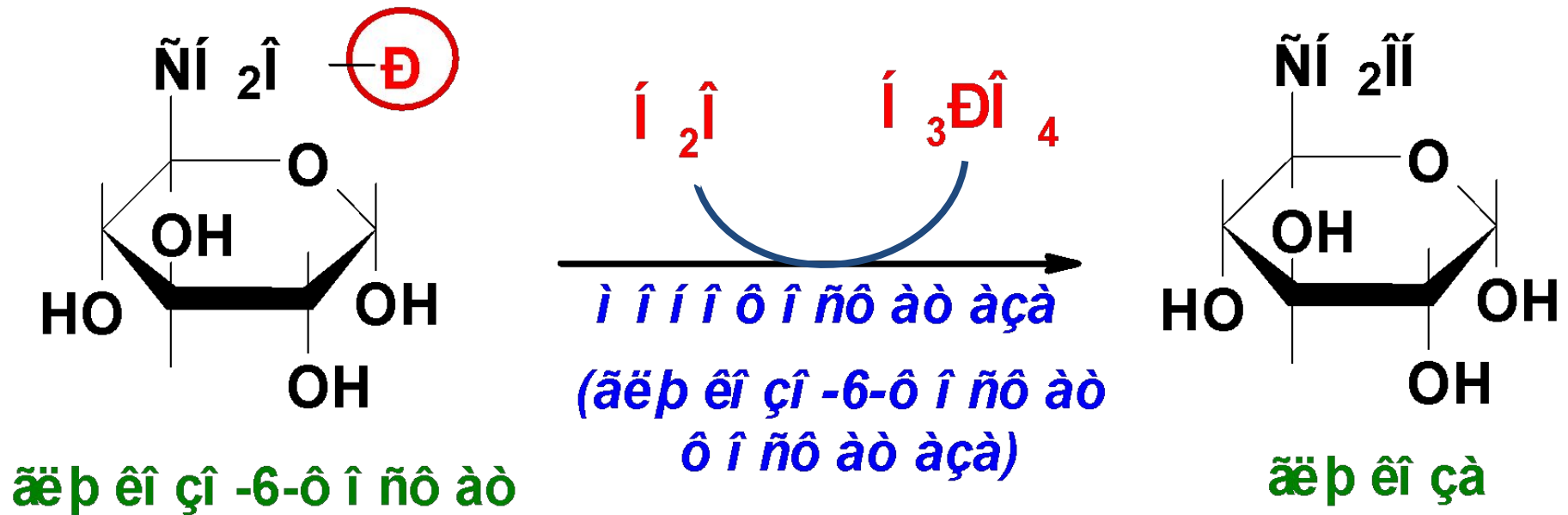


ô î ñô î âí î ë-
ĩ èďóâàò

Фруктокиназный барьер



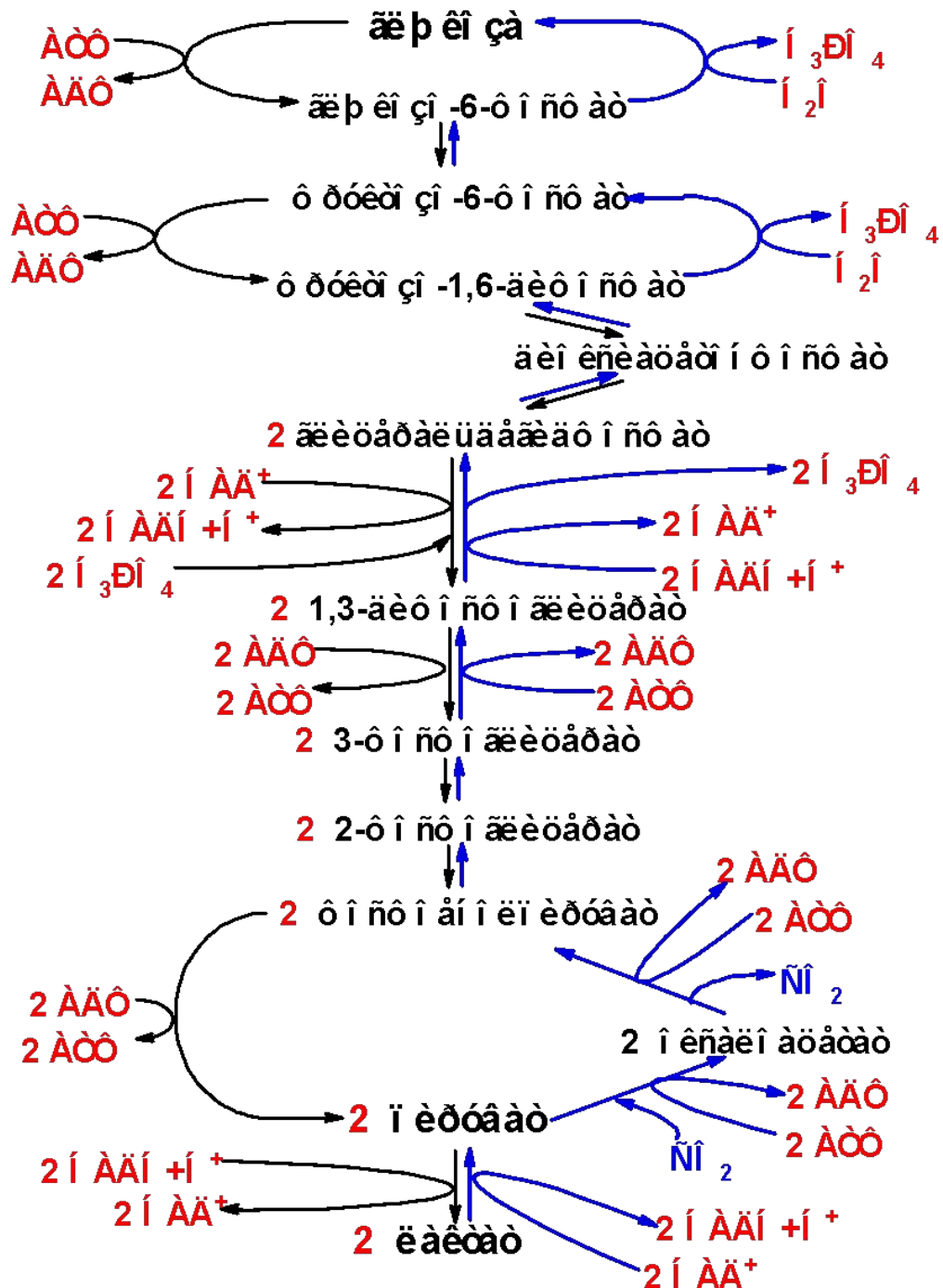
Глюкокиназный барьер



Суммарное уравнение гликонеогенеза



гликонеогенеза



Дихотомический распад

В анаэробных ГЛЮКОЗЫ

условиях (без

кислорода, протекает
в цитозоле)

- Распад глюкозы до пирувата
- Восстановление пирувата до лактата

В аэробных условиях

(в присутствии кислорода,
протекает в цитозоле и
митохондриях)

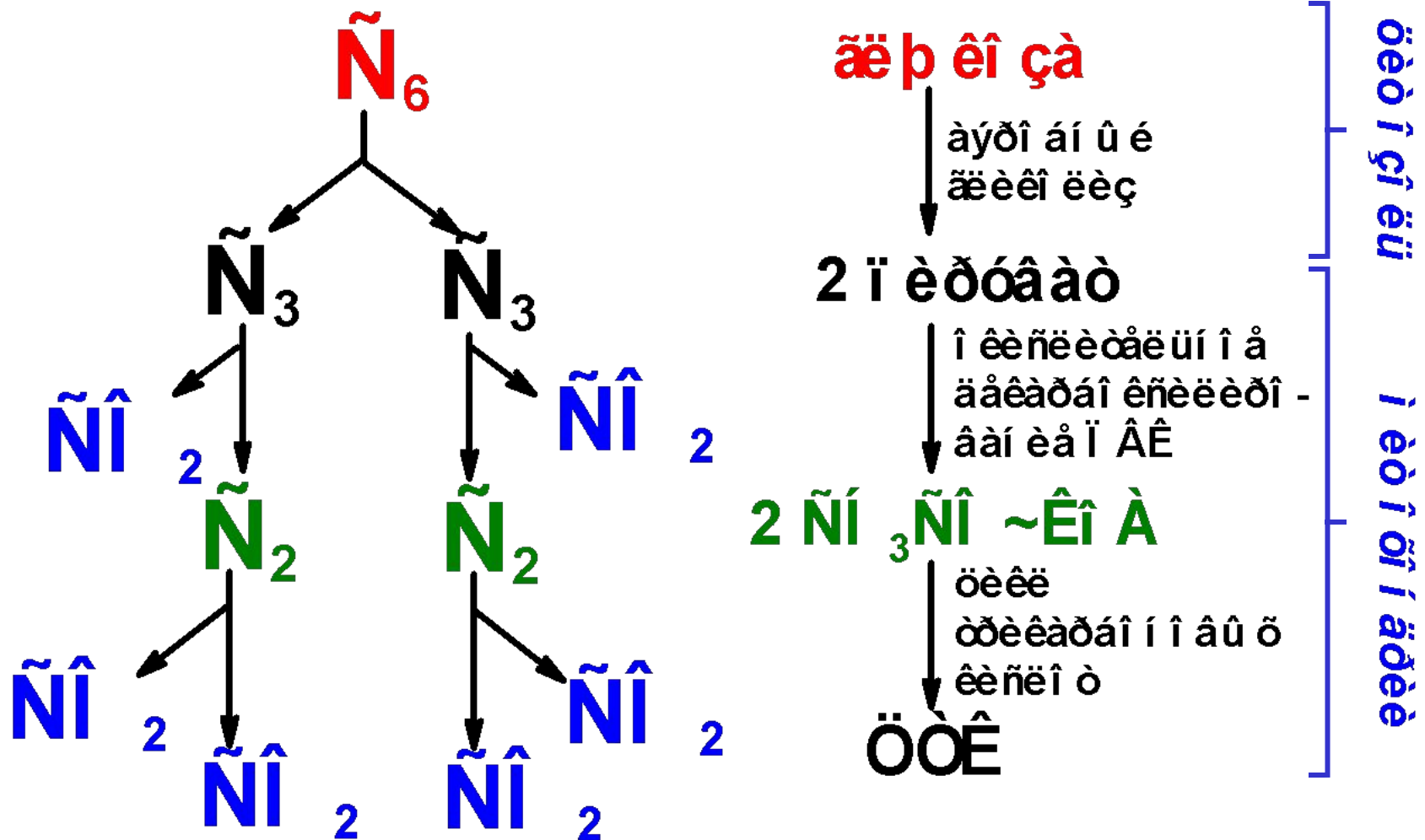
- Распад глюкозы до пирувата **(в цитозоле)**
- Окислительное декарбокилирование пирувата
- Цикл трикарбоновых кислот

(в митохондриях)

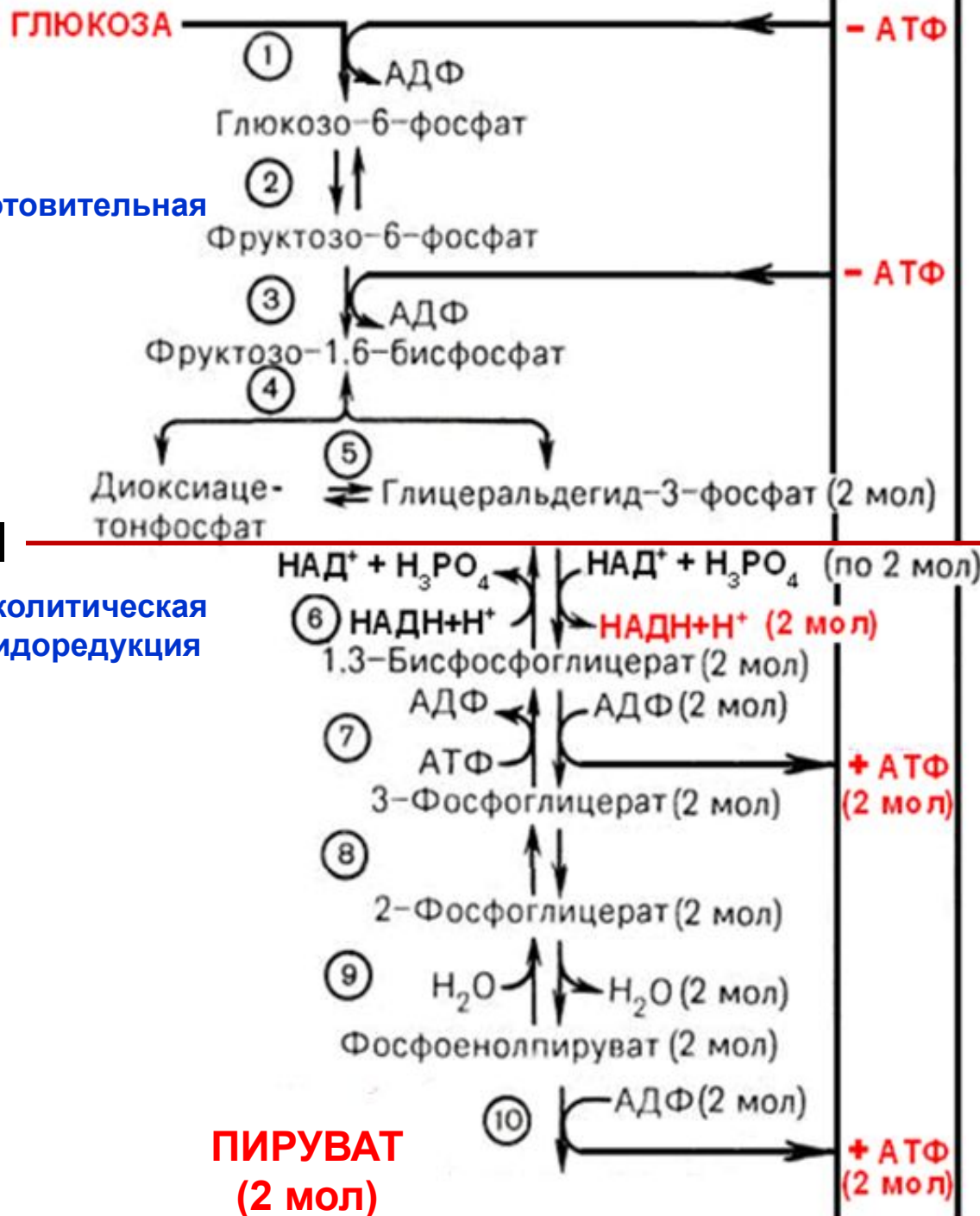
Аэробный дихотомический распад глюкозы ЭТАПЫ:

- **Распад глюкозы до пирувата;**
- **Окислительное
декарбоксилирование
пирувата;**
- **Цикл трикарбоновых кислот.**

Схема аэробного дихотомического распада



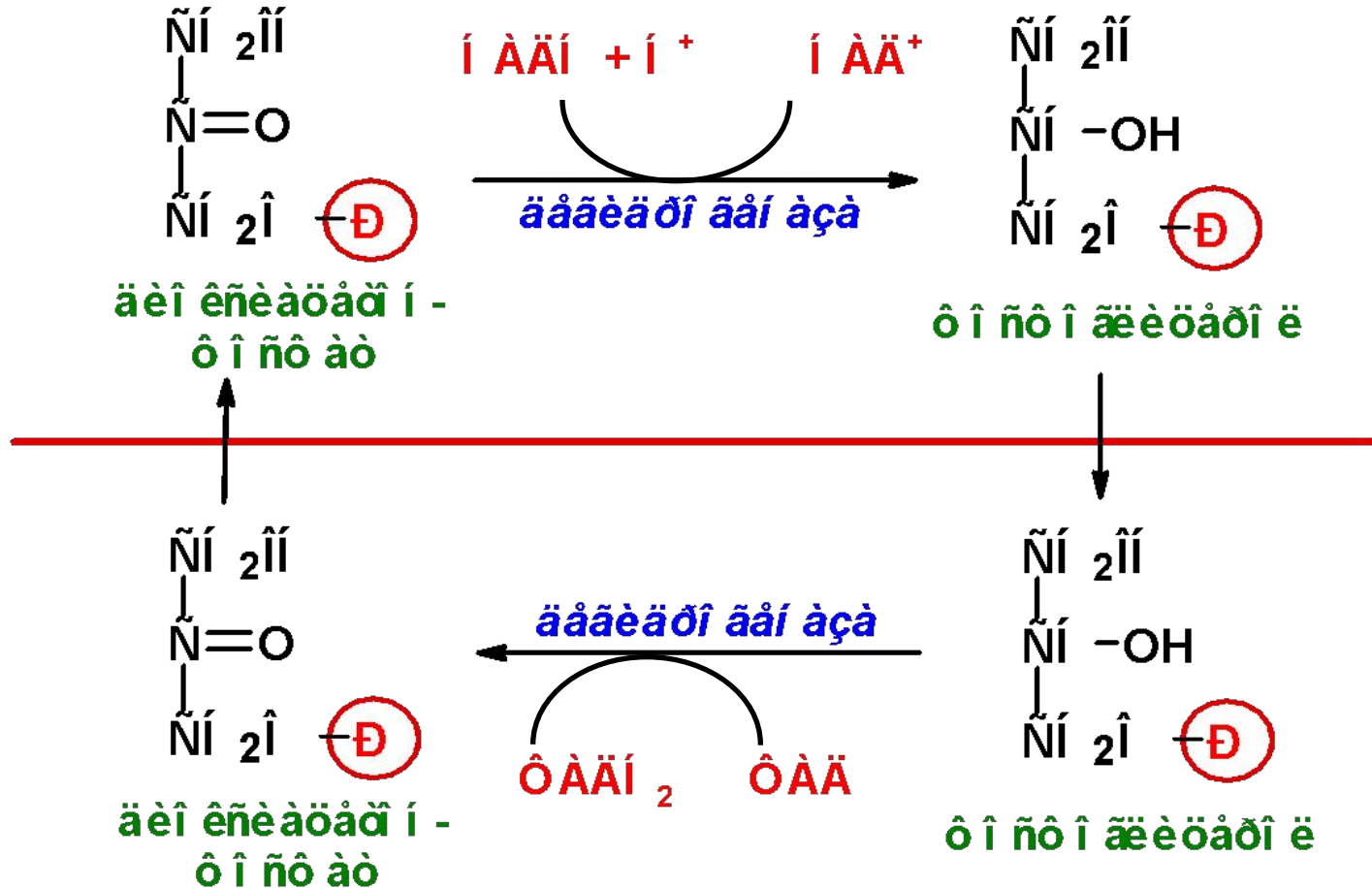
Общая схема гликолиза



**ПИРУВАТ
(2 мол)**

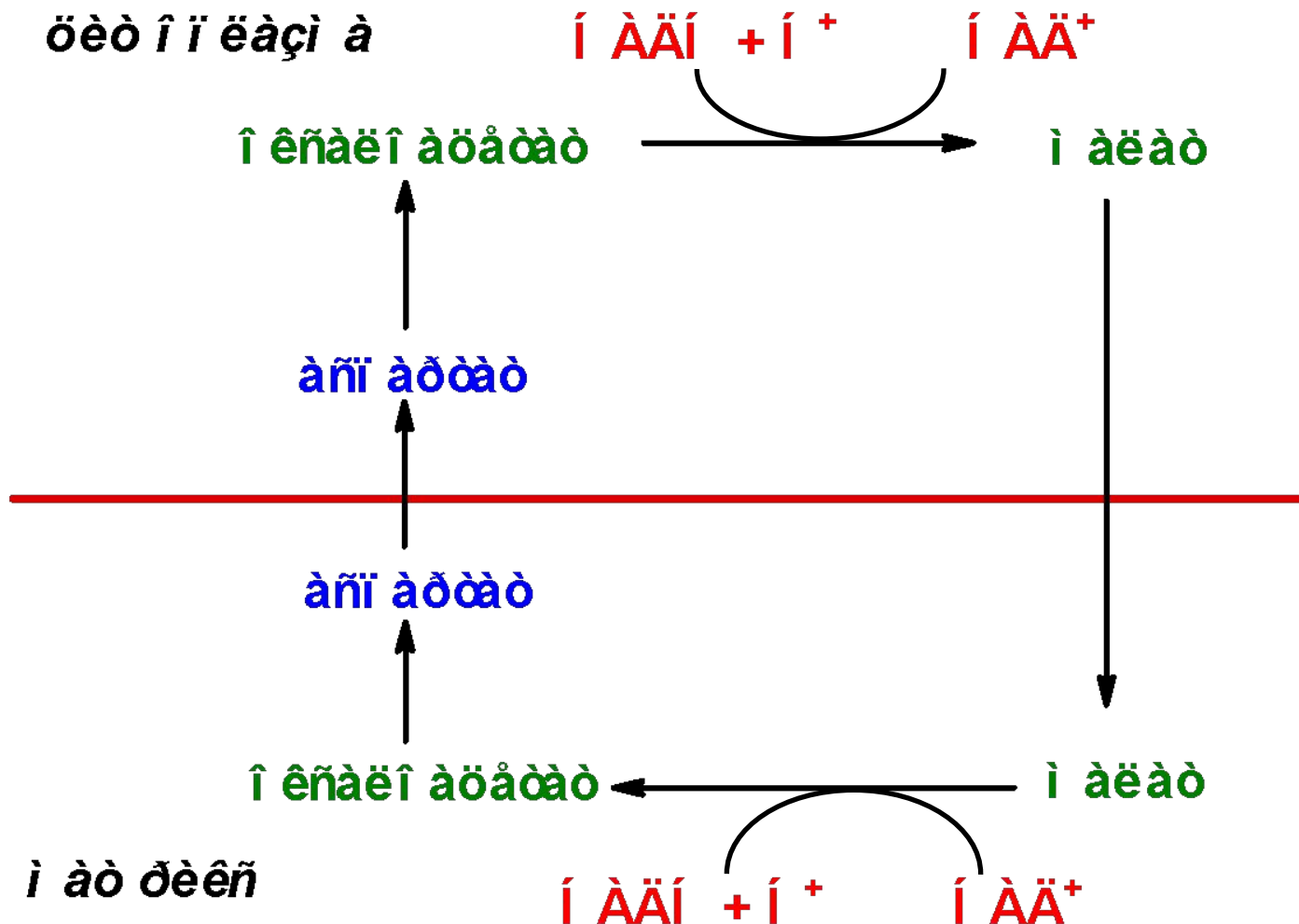
Глицерофосфатный челночный механизм

өәә ì ï äàçì à



ì àò òèëñ

Малат-аспартатный челночный механизм



Окислительное декарбоксилирование пирувата

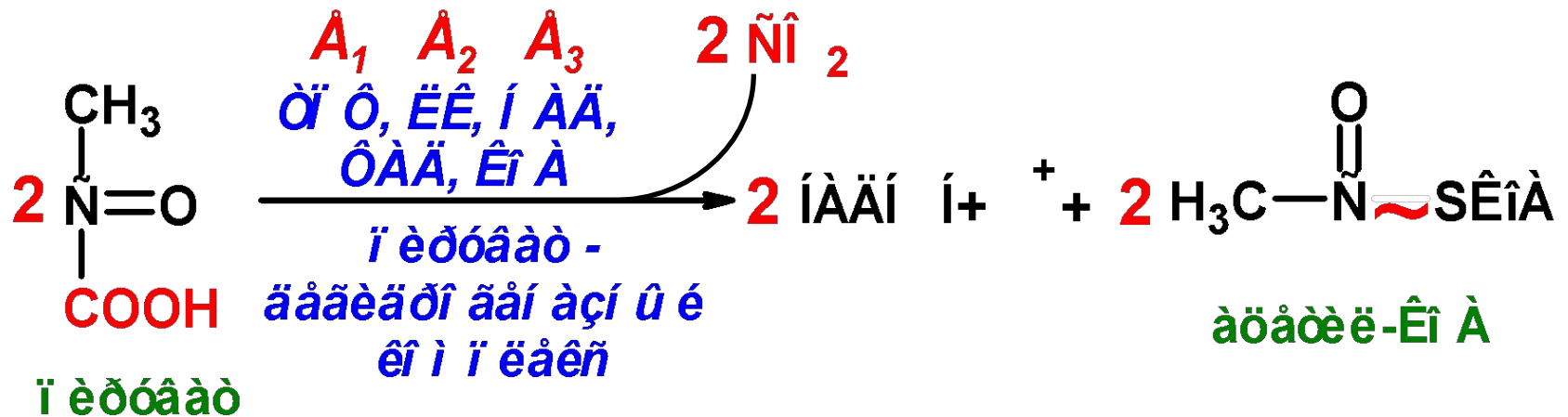
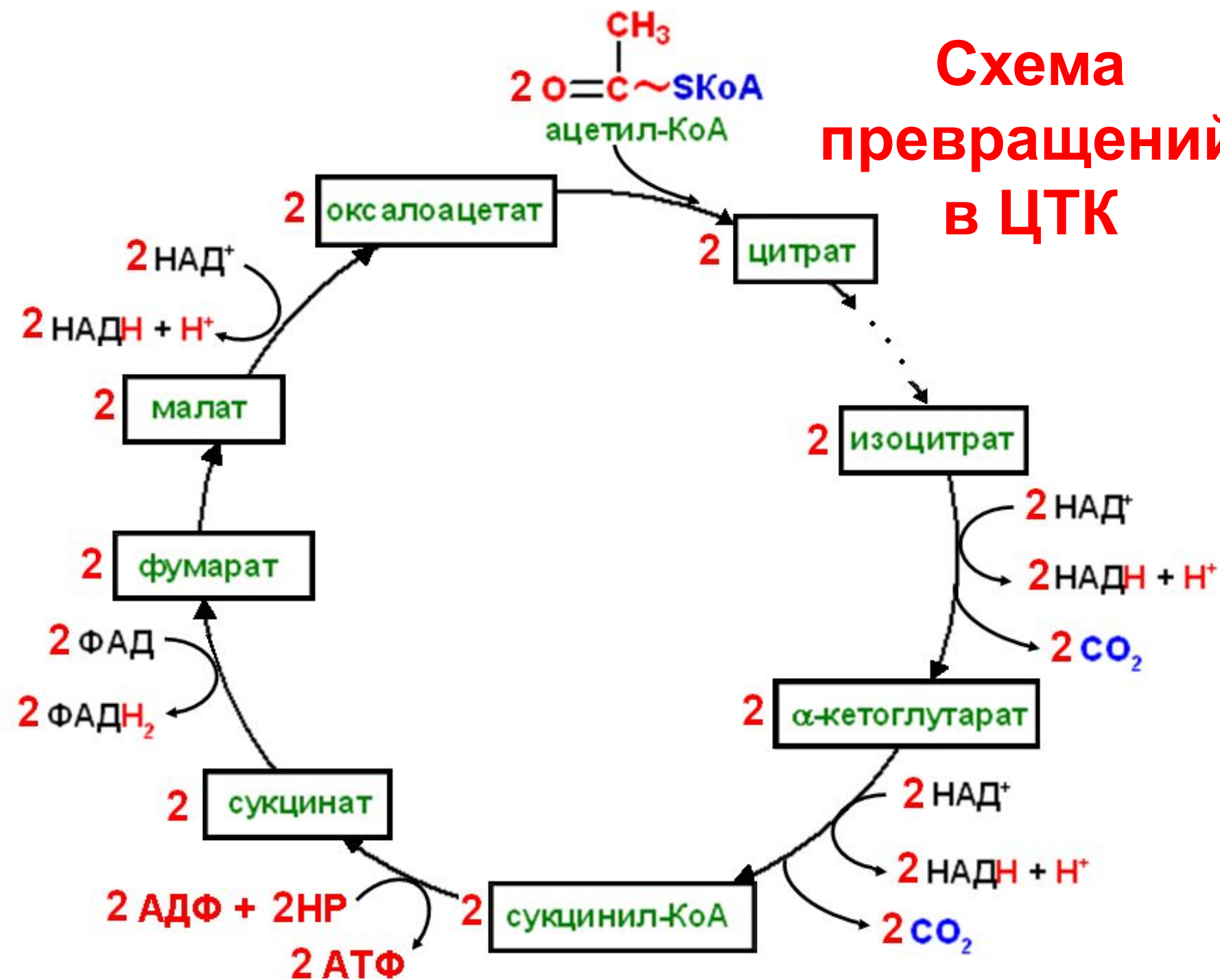


Схема превращений в ЦТК



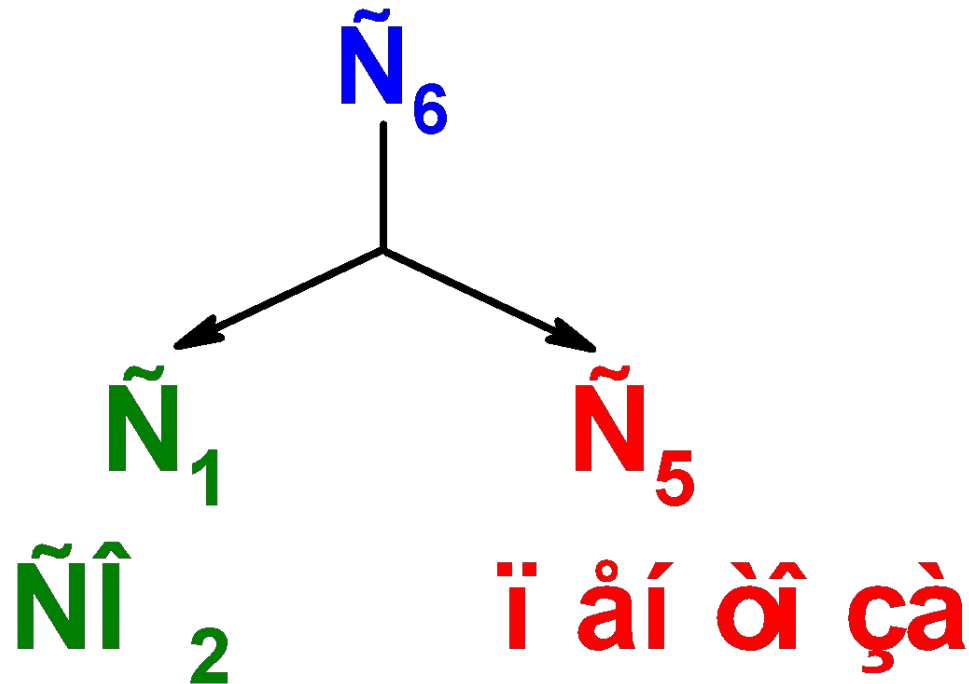
Энергетический баланс дихотомического распада глюкозы

Этапы аэробного окисления глюкозы	Количество синтезированного АТФ
1. Аэробный гликолиз Глюкоза → 2 пируват	8 АТФ (2АТФ за счёт субстратного фосфорилирования + $2\text{НАДН} + \text{H}^+ = 2 \times 3 \text{ АТФ} = 6 \text{ АТФ}$)
2. Окислительное декарбоксилирование ПВК 2 (пируват → ацетил-КоА)	$2\text{НАДН} + \text{H}^+ = 2 \times 3 \text{ АТФ} = 6 \text{ АТФ}$
3. Цитратный цикл 2 (ацетил-КоА → $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$)	$2 \times 12 \text{ АТФ} = 24 \text{ АТФ}$
Суммарный выход АТФ при окислении 1 молекулы глюкозы	38 АТФ

Биологическая роль аэробного дихотомического окисления глюкозы:

**основной путь получения
энергии (60% у взрослого
человека, до 40% у ребёнка)**

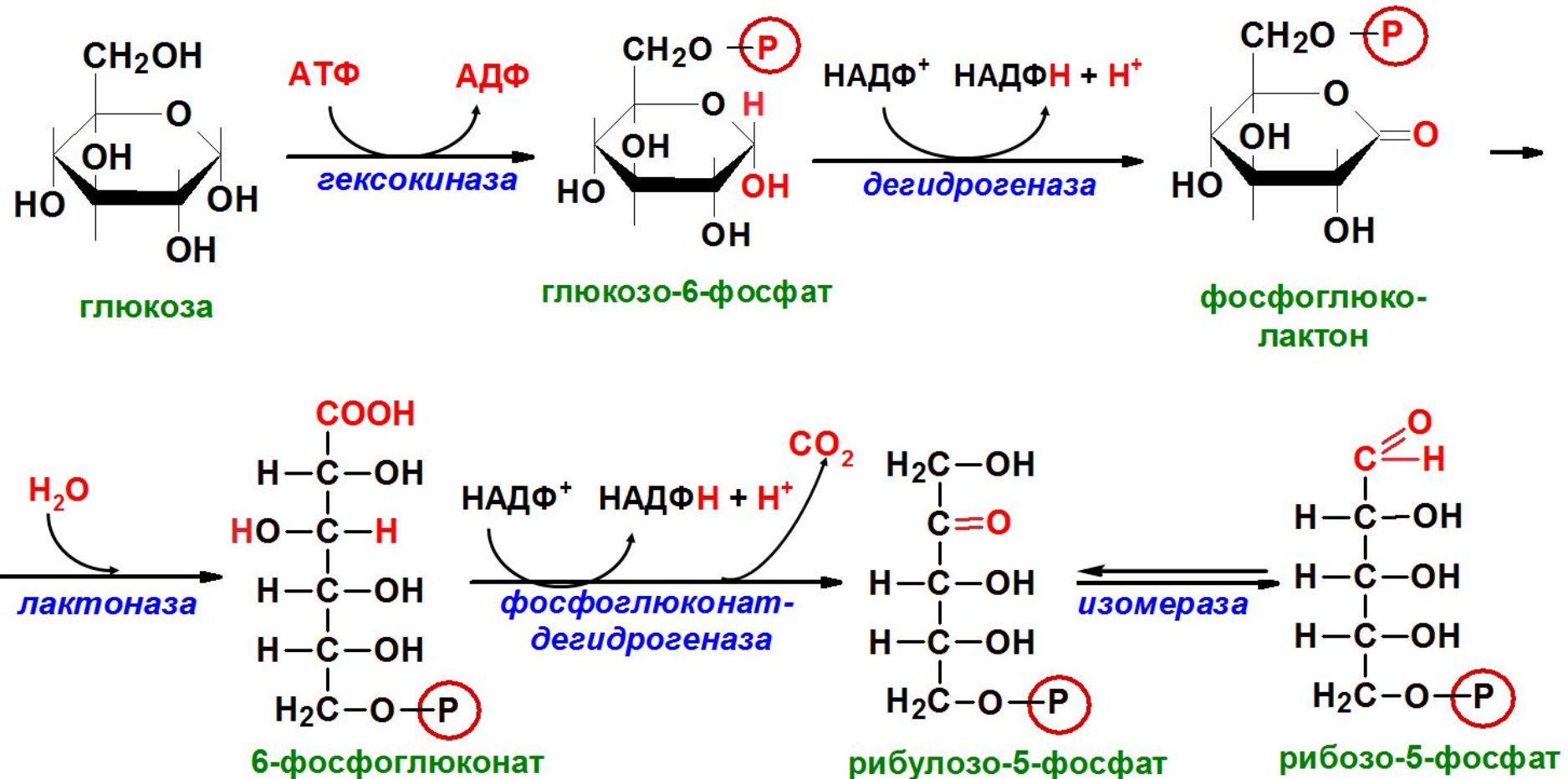
Пентозофосфатный путь окисления глюкозы



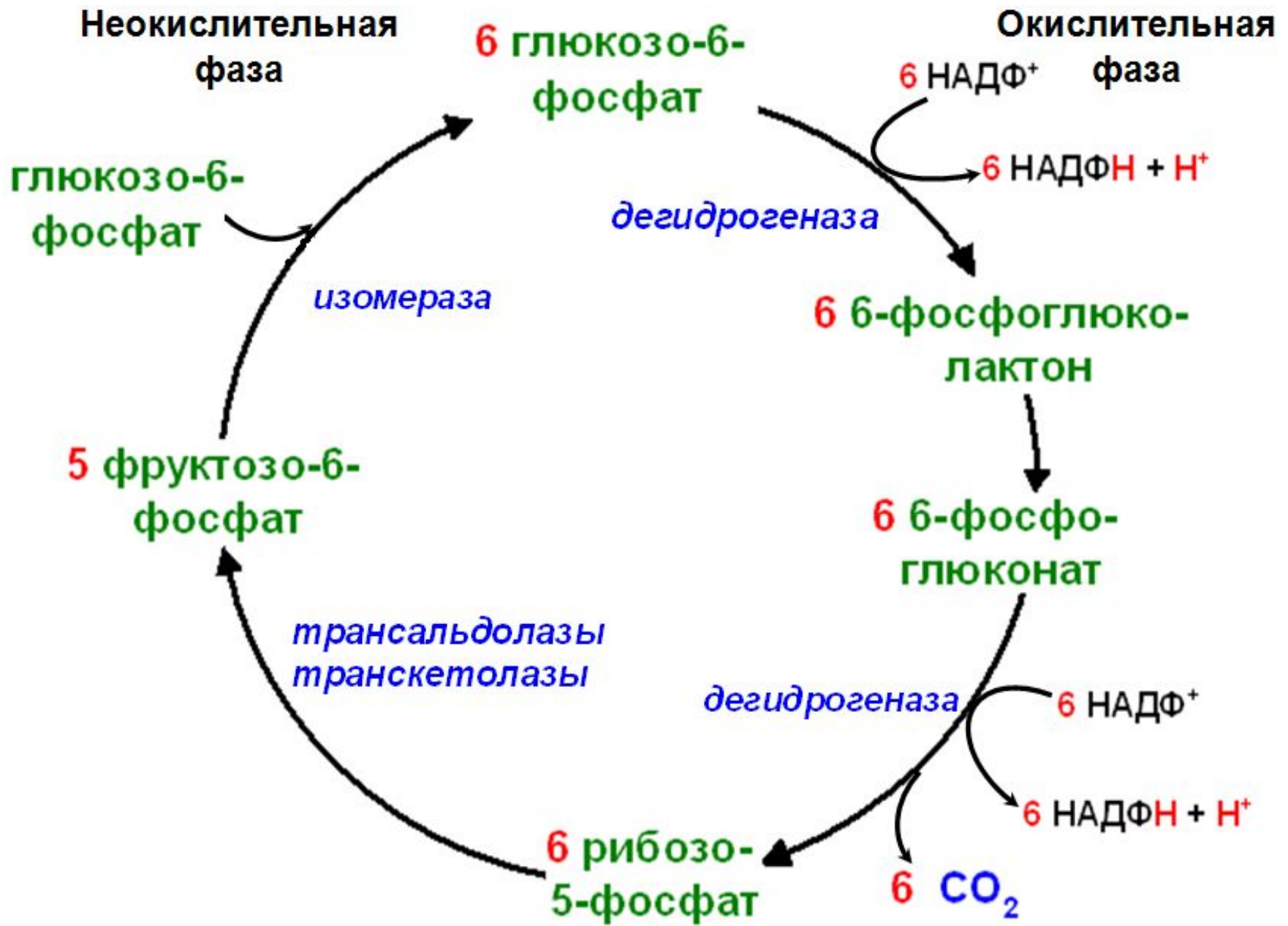
Стадии пентозофосфатного пути окисления глюкозы

- 1. окислительная стадия**
- 2. неокислительная стадия**

Окислительная стадия пентозофосфатного пути



Пентозофосфатный цикл



Энергетика пентозофосфатного цикла



Регуляция пентозофосфатного пути

- Состояние депо энергии
 $\text{АДФ} + \text{НР}$ активатор

 АТФ ингибитор
- Состояние коферментов
 НАДФ^+ активатор

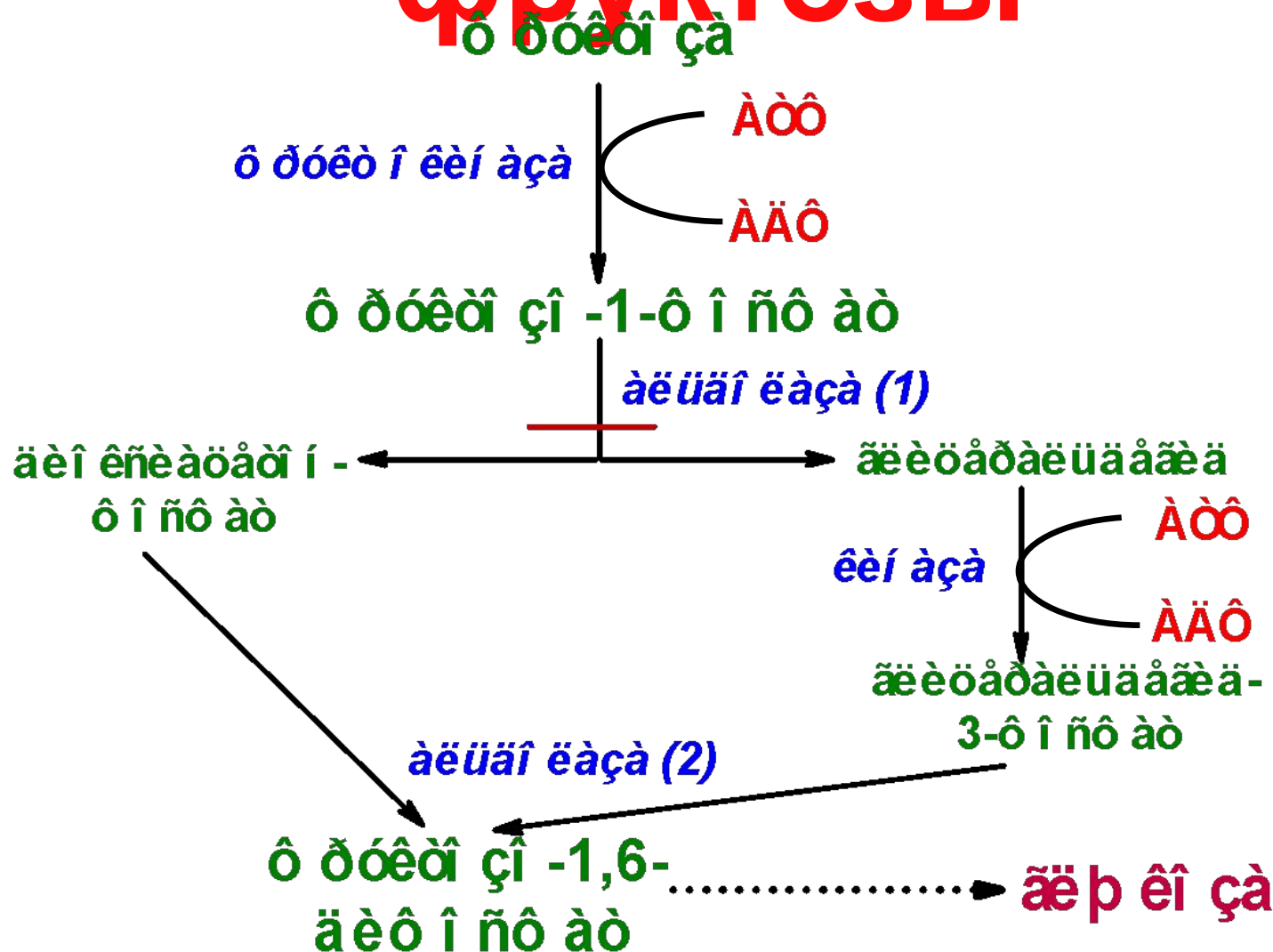
 $\text{НАДФН} + \text{H}^+$ ингибитор
- Гормональная регуляция:
инсулин – активатор

Биологическая роль пентозофосфатного пути

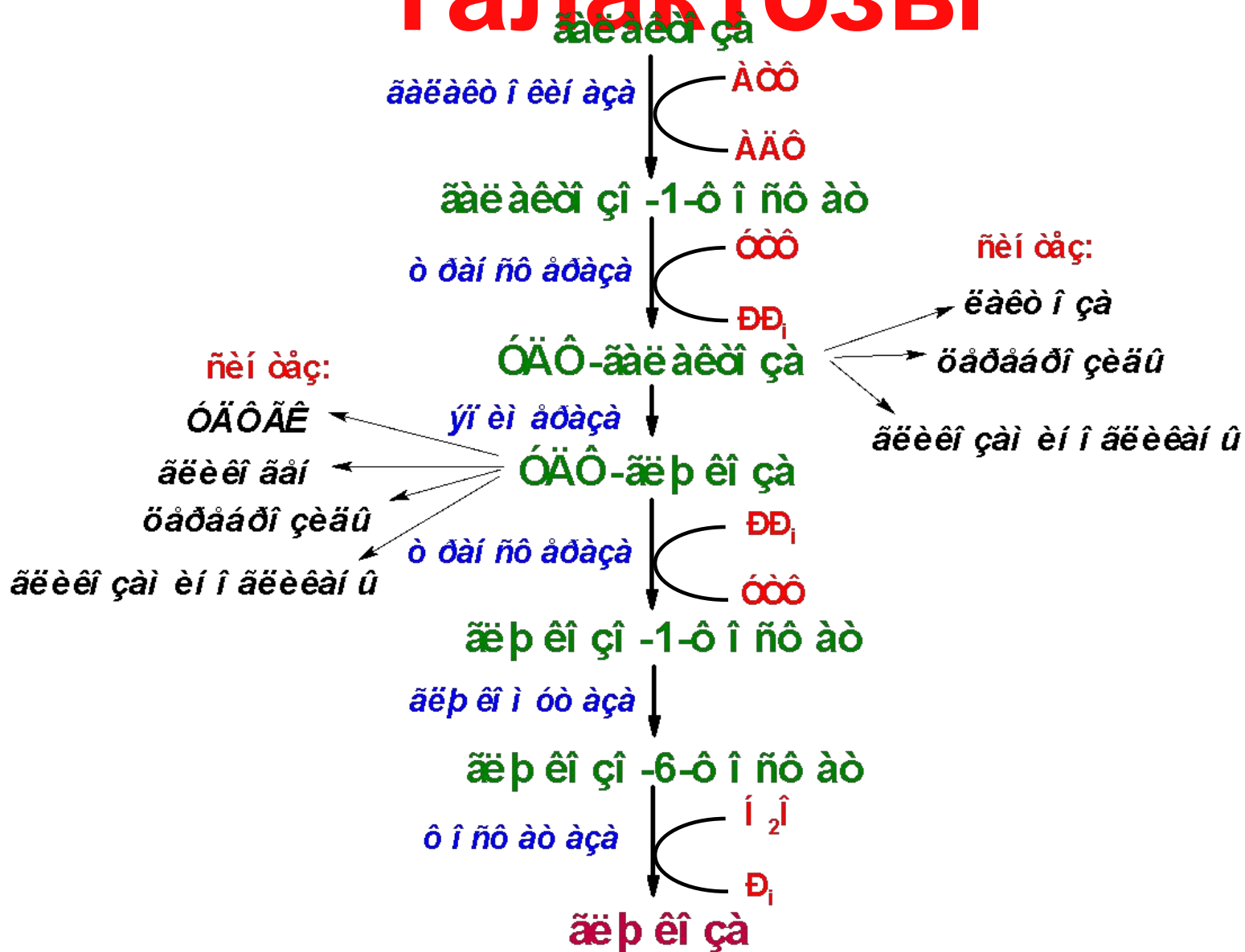
- Единственный способ получения **пентоз** (для синтеза нуклеотидов);
- Путь получения восстановленного **НАДФН+H⁺** для:
 - синтеза липидов (жирных кислот, холестерина и т.д. – **восстановительных синтезов**),
 - обезвреживания токсических веществ;
- Короткий, выгодный путь получения энергии;
- Осуществление взаимосвязи между энергетическим и пластическим обменами, между обменом углеводов и обменом других

Метаболизм

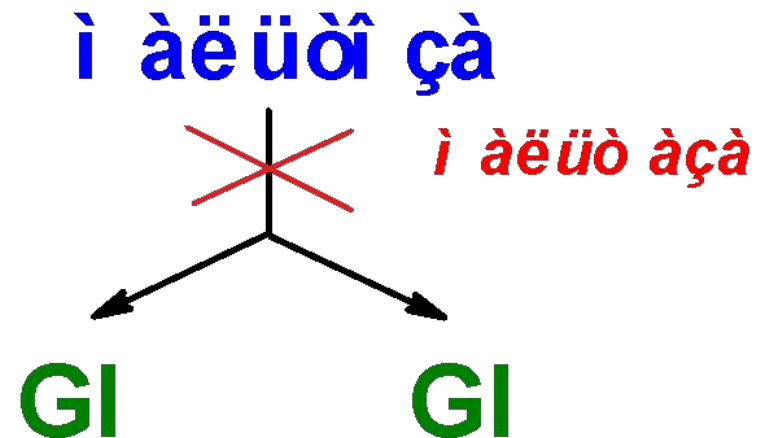
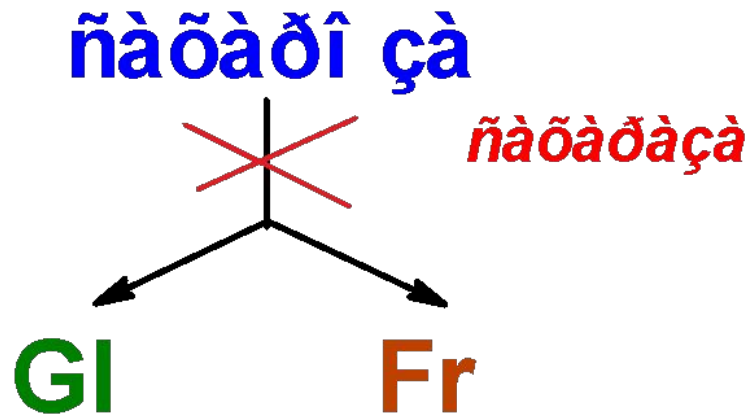
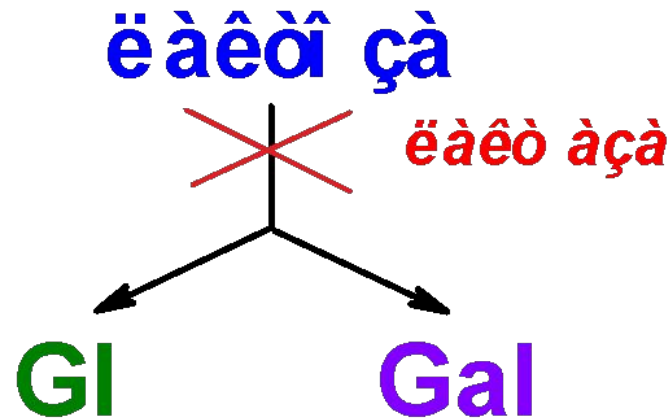
фруктозы



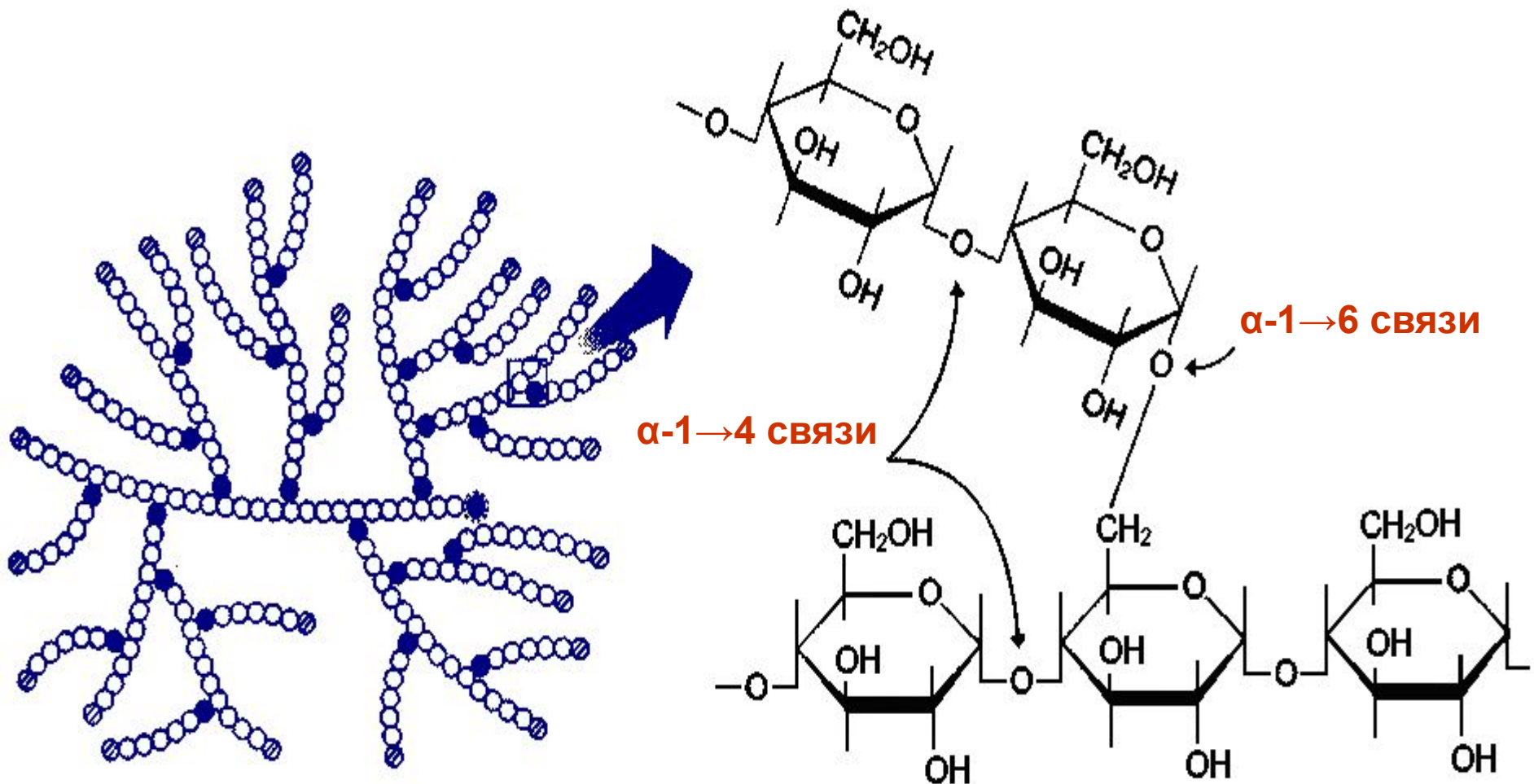
галактозы



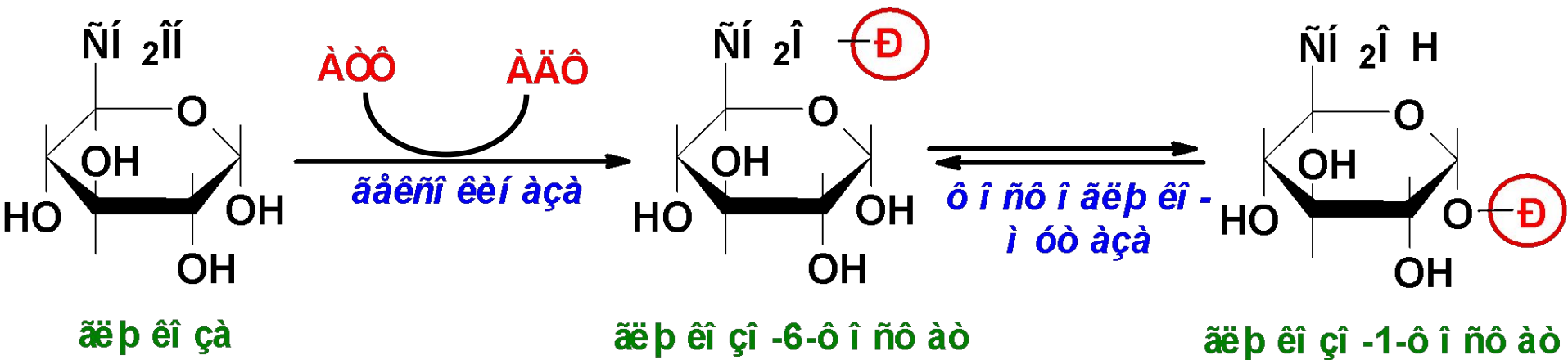
Нарушение обмена дисахаридами



Строение гликогена

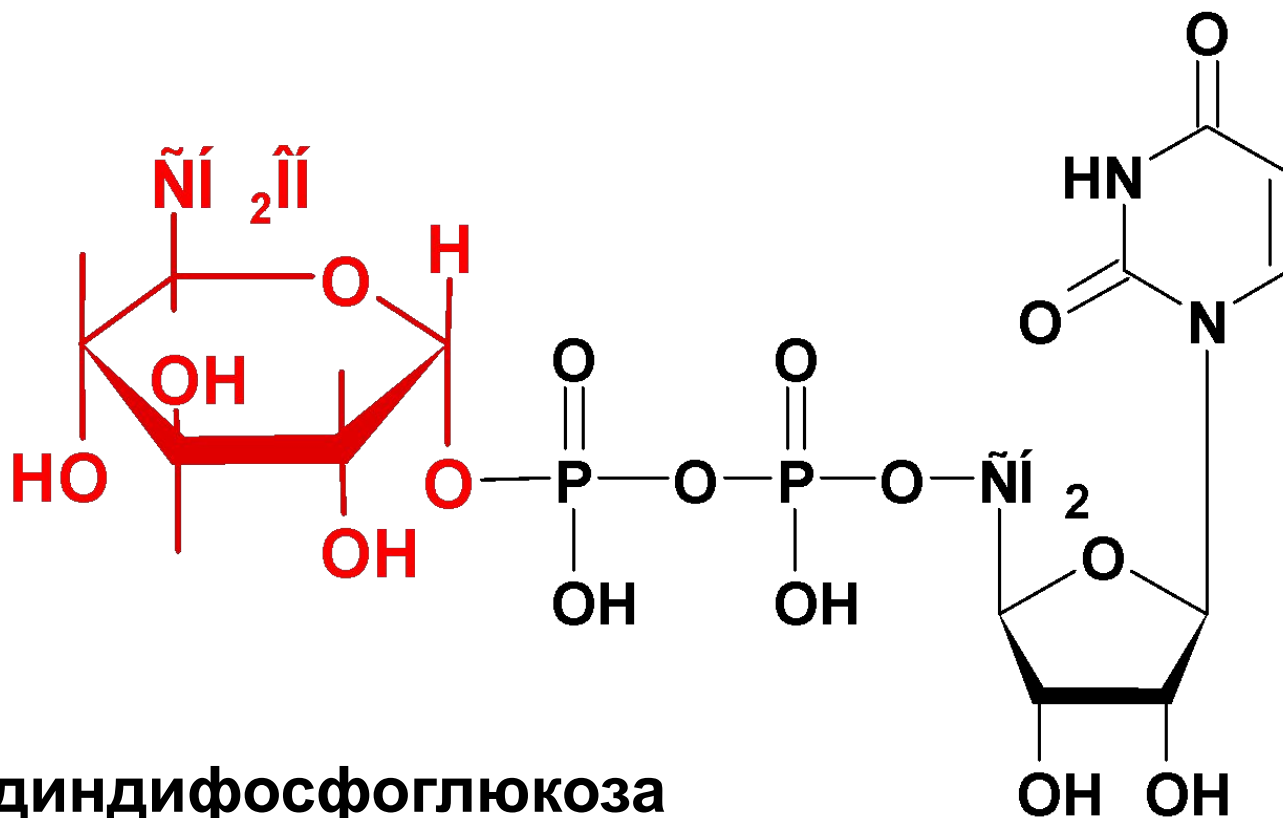


Синтез гликогена (гликогенез)



Глюкозо-1-фосфат + УДФ
 $\rightleftharpoons$
 PP_i

УДФ-глюкоза +



Уридиндифосфоглюкоза
 (УДФ-глюкоза)

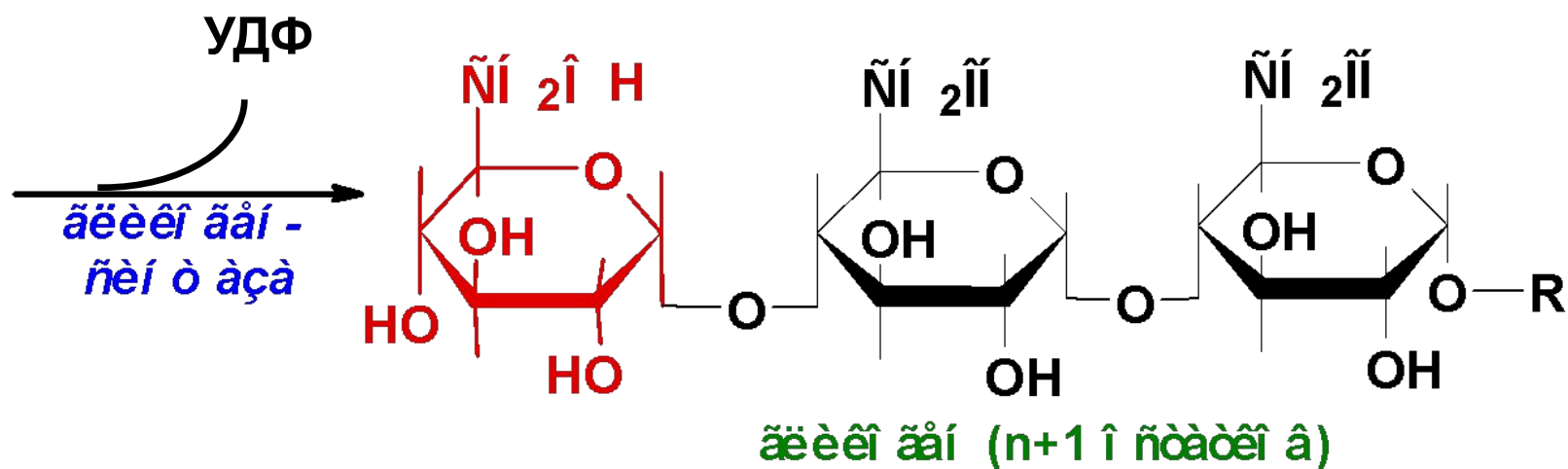
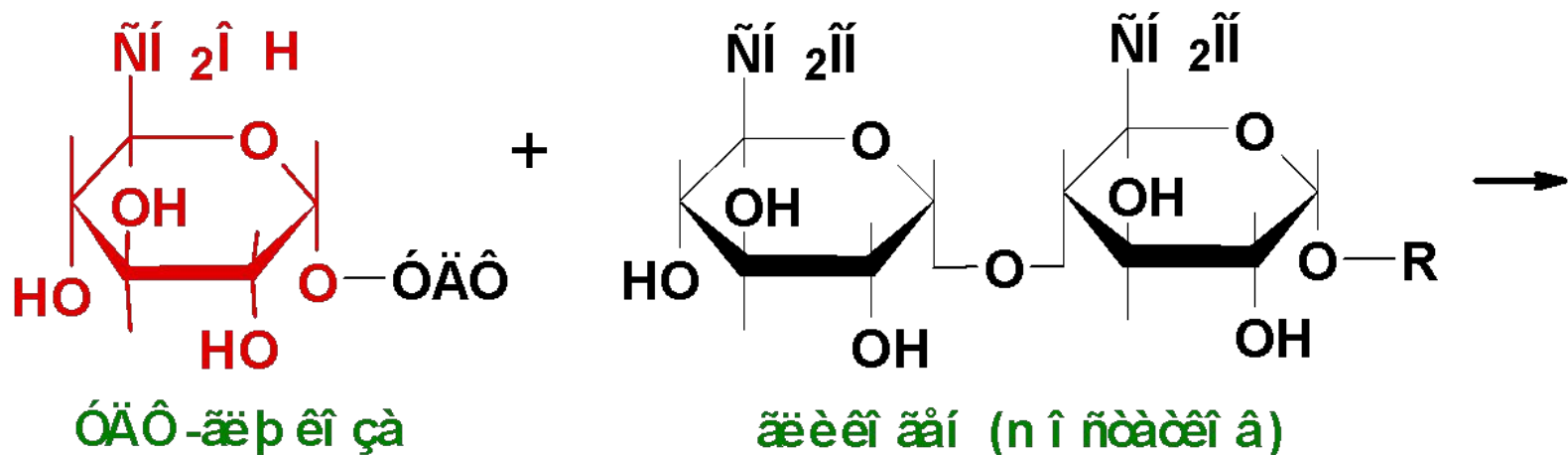
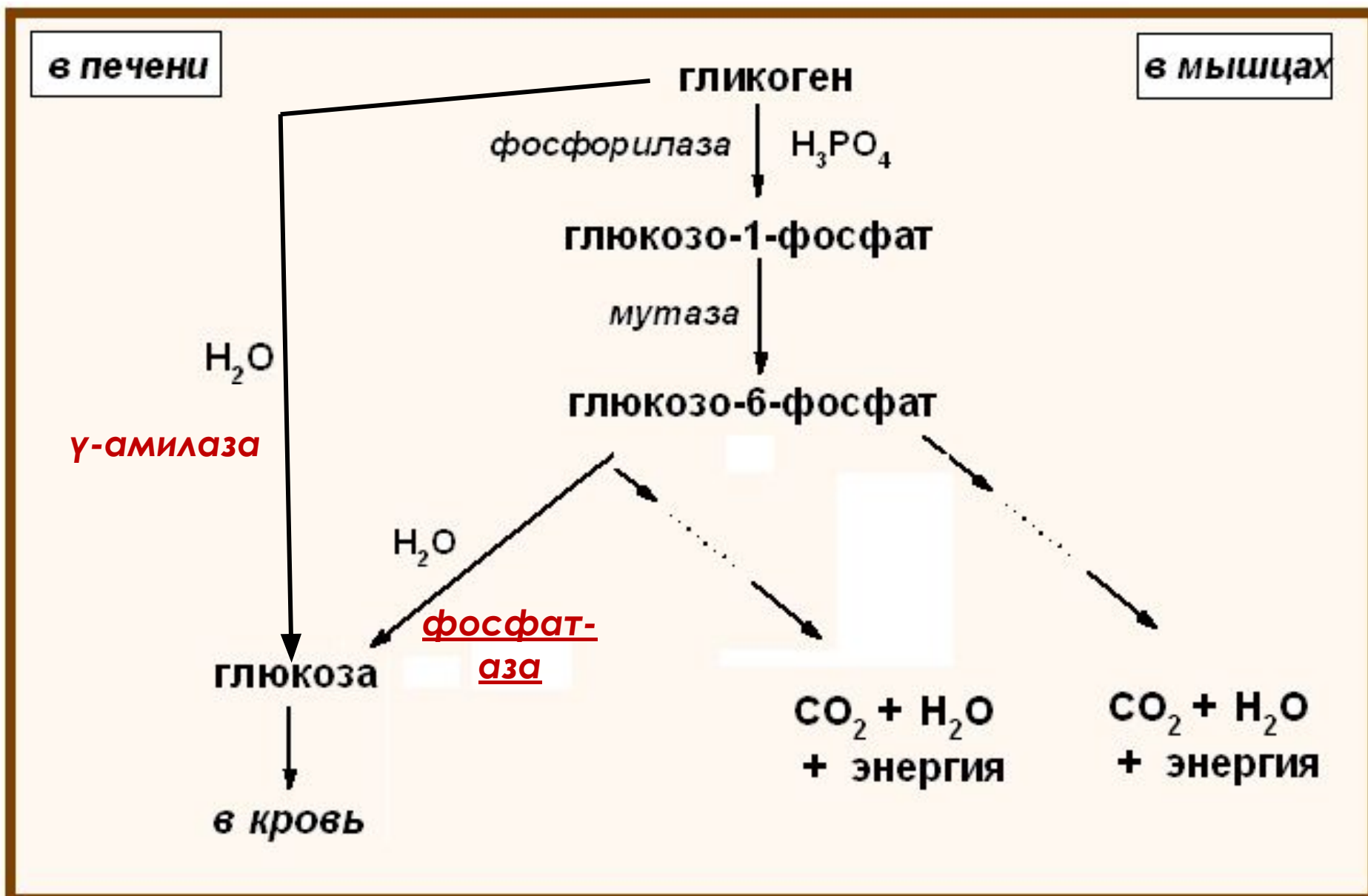


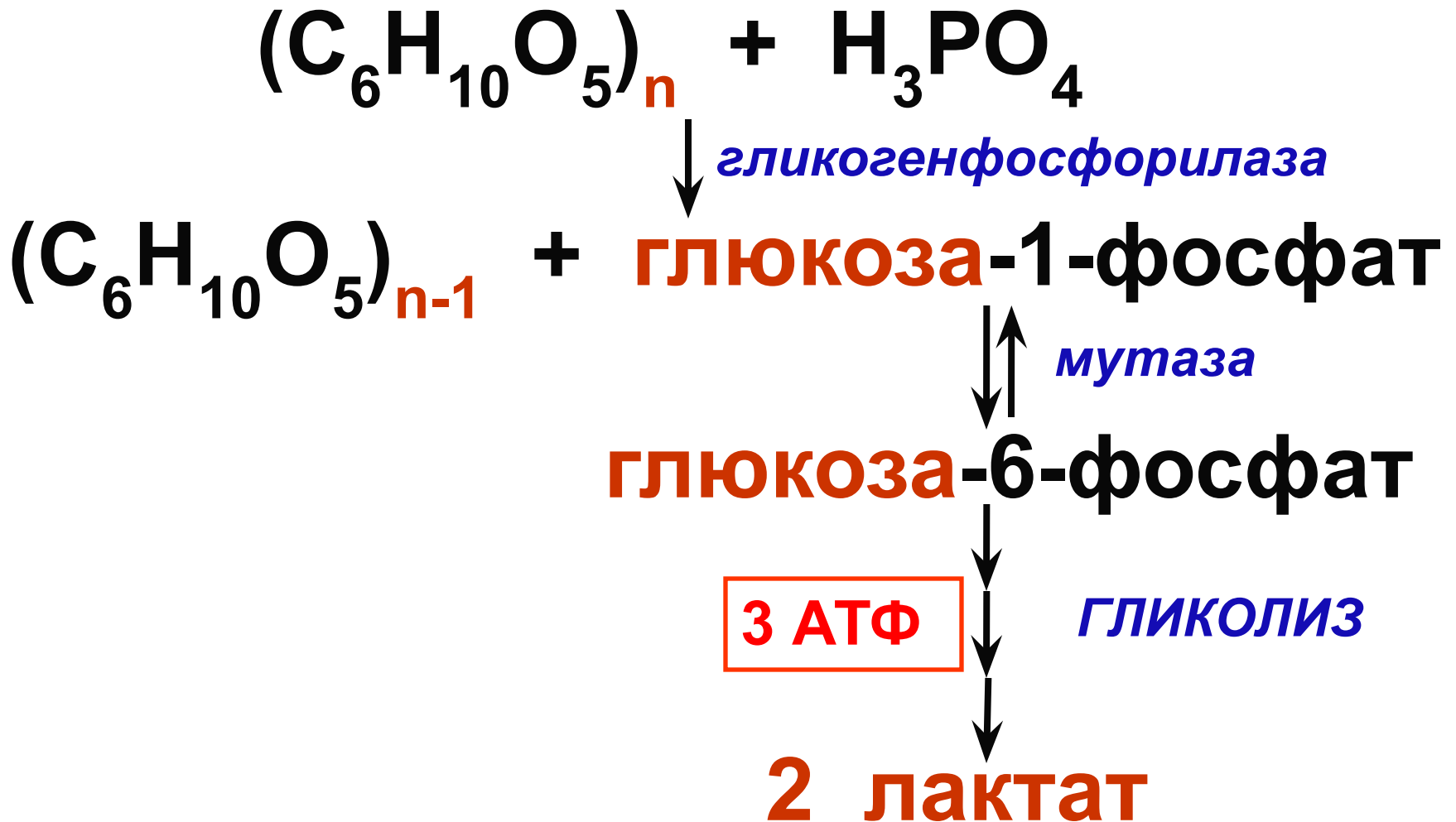
Схема синтеза гликогена (гликогенез)



Схема распада гликогена



Распад гликогена в мышцах (гликогенолиз)



Регуляция метаболизма гликогена

- Глюкагон и адреналин стимулируют **распад гликогена**
 - активирует фосфорилазу
 - ингибирует синтетазу
- Инсулин стимулирует **синтез гликогена** (гликогенез)
 - активирует синтетазу
 - ингибирует фосфорилазу

Нарушения обмена гликогена

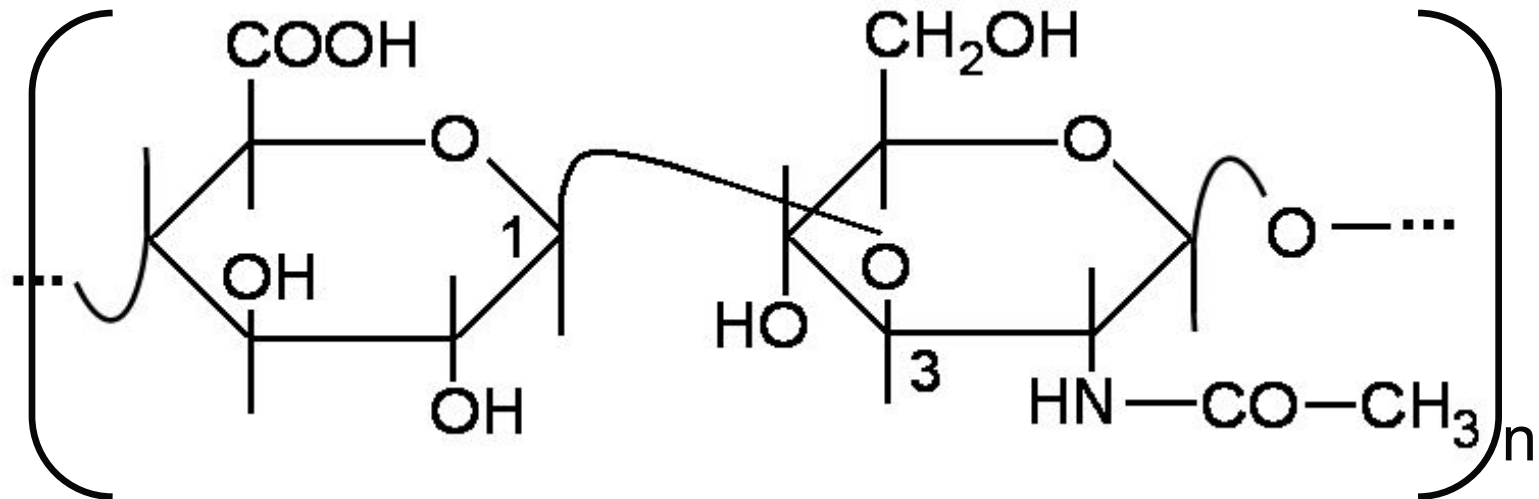
Тип	Болезнь	Дефект фермента	Структурные и клинические проявления дефекта
I	Гирке	Глюкозо-6-фосфатаза	Тяжелая постабсорбционная гипогликемия, лактоацидоз, гиперлипидемия
II	Помпе	Лизосомальная α -гликозидаза	Гранулы гликогена в лизосомах
III	Кори	Олигосахарид-трансфераза	Изменение структуры гликогена, гипогликемия
IV	Андерсена	«Ветвящий» фермент	Изменение структуры гликогена
V	Мак-Ардла	Мышечная фосфорилаза	Отложение гликогена в мышцах, судороги при мышечной нагрузке
VI	Херса	Фосфорилаза печени	Гипогликемия

Важнейшие гликозаминогликаны тканей человека

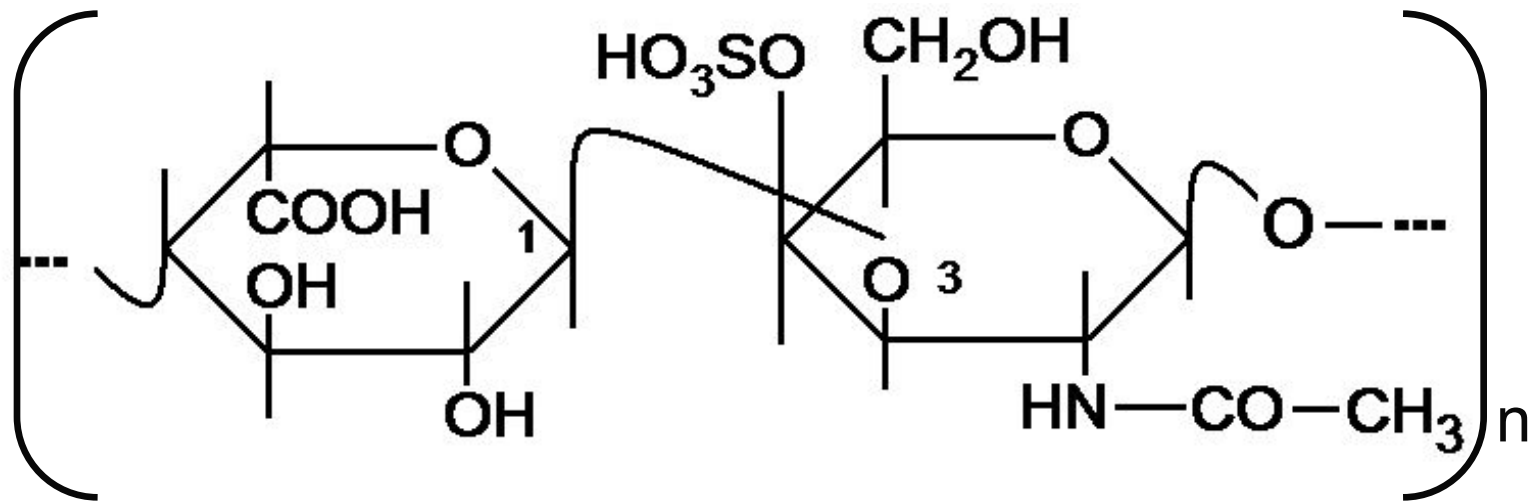
Гликозаминогликаны	Дисахаридная единица		Наличие HSO_3^-
	гексуроновая кислота	гексозамин	
Гиалуроновая кислота	глюкуроновая	Н-ацетил-глюкозамин	—
Хондроитин-4-сульфат	глюкуроновая	Н-ацетил-галактозамин	+
Дерматансульфаты	идуроновая или глюкуроновая	Н-ацетил-галактозамин	+
Кератансульфаты	галактоза	Н-ацетил-глюкозамин	+
Гепарансульфаты	идуроновая или глюкуроновая	Н-ацетил-глюкозамин	+
Гепарин	идуроновая или глюкуроновая	Н-ацетил-глюкозамин	+

Строение гликозаминогликанов

Гиалуроновая кислота

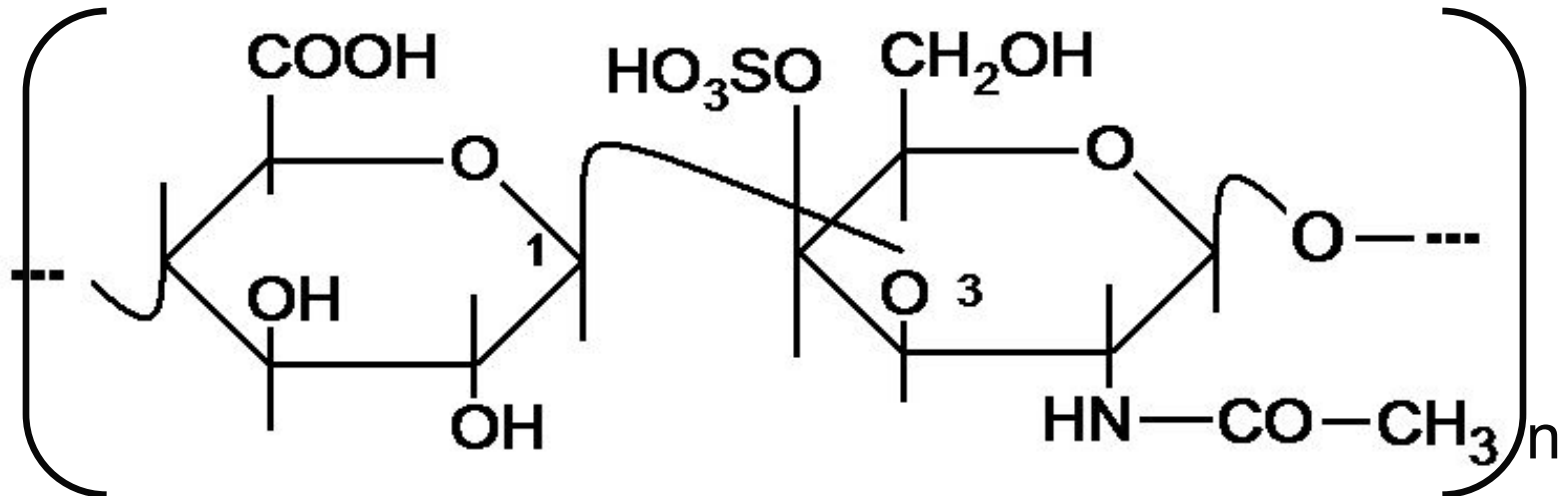


Дерматансульфат

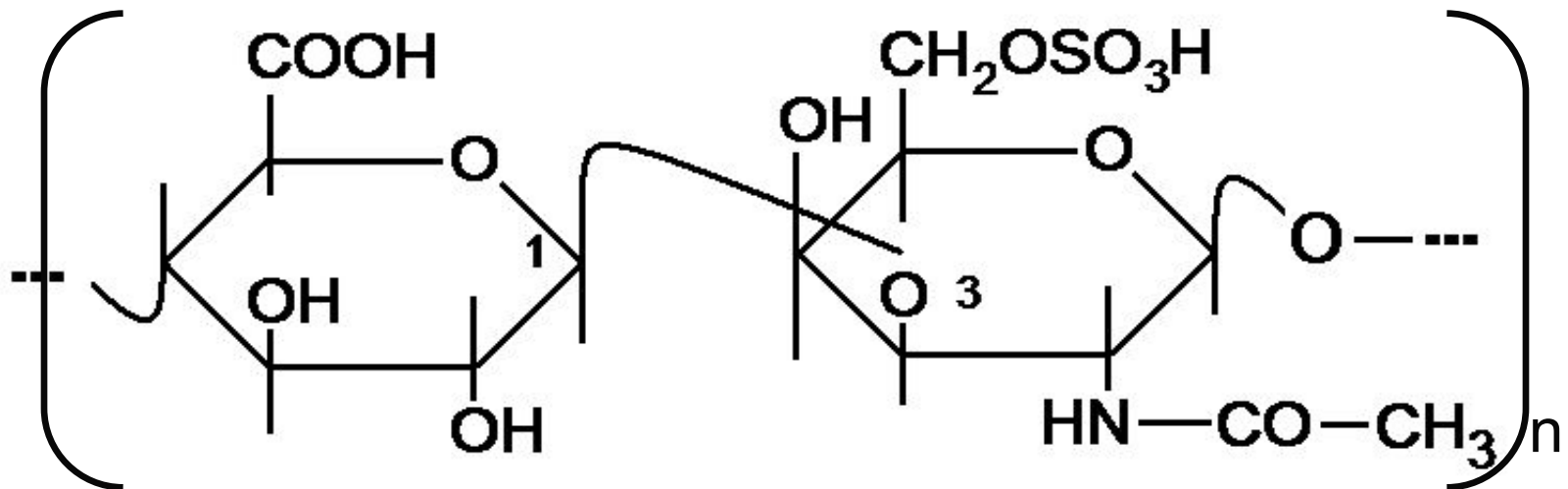


Строение гликозаминогликанов

Хондроитин-4-сульфат



Хондроитин-6-сульфат



Строение протеогликана



Гликопротеины

