# Химический состав клетки

Кодификатор ЕГЭ: 2.2, 2.4 · Линии ЕГЭ: 5-7, 21-23 · kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/himicheskiy-sostav-kletki

**КОРОТКО**

- Вещества клетки: неорганические (вода - 70-80 % массы, минеральные соли) и органические (белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты, АТФ). Белки и нуклеиновые кислоты - нерегулярные полимеры, крахмал и гликоген - регулярные.
- 98 % массы клетки - четыре элемента-органогена: кислород, углерод, водород и азот. По содержанию элементы делят на макро-, микро- и ультрамикроэлементы.
- Вода - полярная молекула с водородными связями: универсальный растворитель, участник реакций, терморегулятор и источник кислорода при фотолизе.
- Углеводы: моносахариды (глюкоза, рибоза), дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза), полисахариды. Запас - крахмал у растений и гликоген у животных и грибов; стенки - целлюлоза, хитин, муреин.
- Липиды гидрофобны: жиры запасают энергию (38,9 кДж/г) и дают метаболическую воду, фосфолипиды строят мембраны, воски защищают от испарения, стероиды - холестерин и гормоны.
- Белки - нерегулярные полимеры из 20 аминокислот, связанных пептидными связями. Ферменты - белки-катализаторы: работают по принципу «ключ-замок», строго специфичны и зависят от температуры и pH.

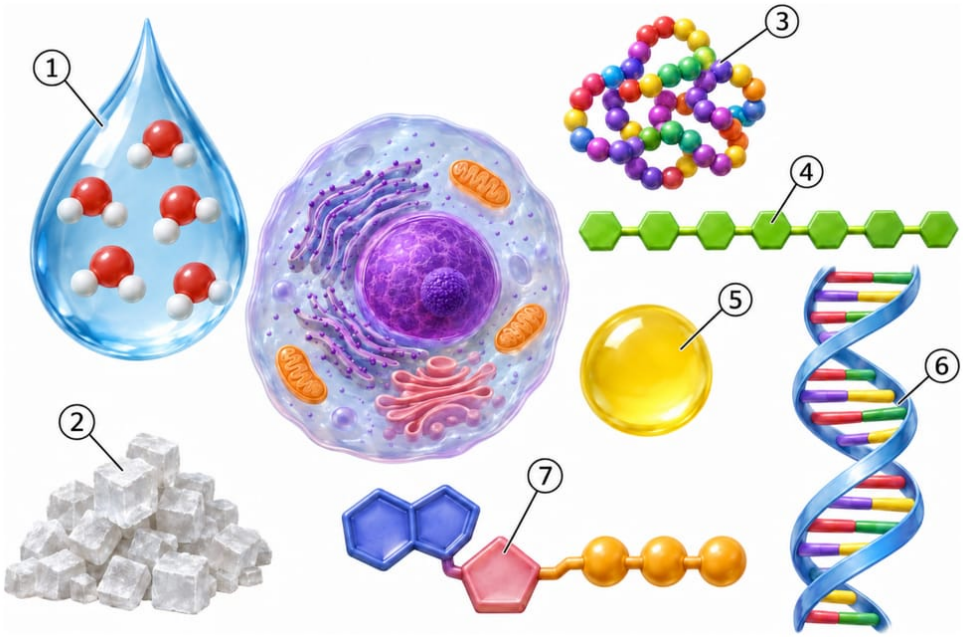
## Вещества клетки: классификация

Клетка построена из тех же химических элементов, что и неживая природа, но они соединены в особые вещества. Все вещества клетки делят на две группы - **неорганические** и **органические**.

| Вещество | Группа | Доля массы клетки |
|---|---|---|
| **Вода** | неорганические | 70-80 % |
| **Минеральные соли (ионы)** | неорганические | 1-1,5 % |
| **Белки** | органические | 10-20 % |
| **Липиды** | органические | 1-5 % |
| **Углеводы** | органические | 0,2-2 % |
| **Нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК)** | органические | 1-2 % |
| **АТФ и другие низкомолекулярные вещества** | органические | 0,1-0,5 % |

Органические вещества различаются строением:

- **Биополимеры** - крупные молекулы из многих звеньев-мономеров. **Регулярные** полимеры построены из одинаковых, закономерно повторяющихся звеньев: крахмал, гликоген и целлюлоза - из остатков глюкозы. **Нерегулярные** - из разных мономеров без закономерности повторения: белки (20 видов аминокислот) и нуклеиновые кислоты (4 вида нуклеотидов).
- **Неполимеры** - мономеры (аминокислоты, моносахариды, нуклеотиды), липиды, АТФ.




**1** - Вода
**2** - Минеральные соли
**3** - Белки - нерегулярные полимеры из аминокислот
**4** - Полисахариды - регулярные полимеры из остатков глюкозы
**5** - Липиды - не полимеры
**6** - Нуклеиновые кислоты - нерегулярные полимеры из нуклеотидов
**7** - АТФ

Вещества клетки: слева неорганические, справа органические.

**ЗАПОМНИ**

В пищеварительной системе и в лизосомах полимеры расщепляются ферментами до мономеров: белки - до аминокислот, полисахариды - до моносахаридов, нуклеиновые кислоты - до нуклеотидов. Жиры - не полимеры: они расщепляются до глицерина и жирных кислот.

Нуклеиновые кислоты и АТФ разобраны в отдельной статье «Строение нуклеиновых кислот и АТФ», остальные вещества - ниже.

## Элементный состав клетки

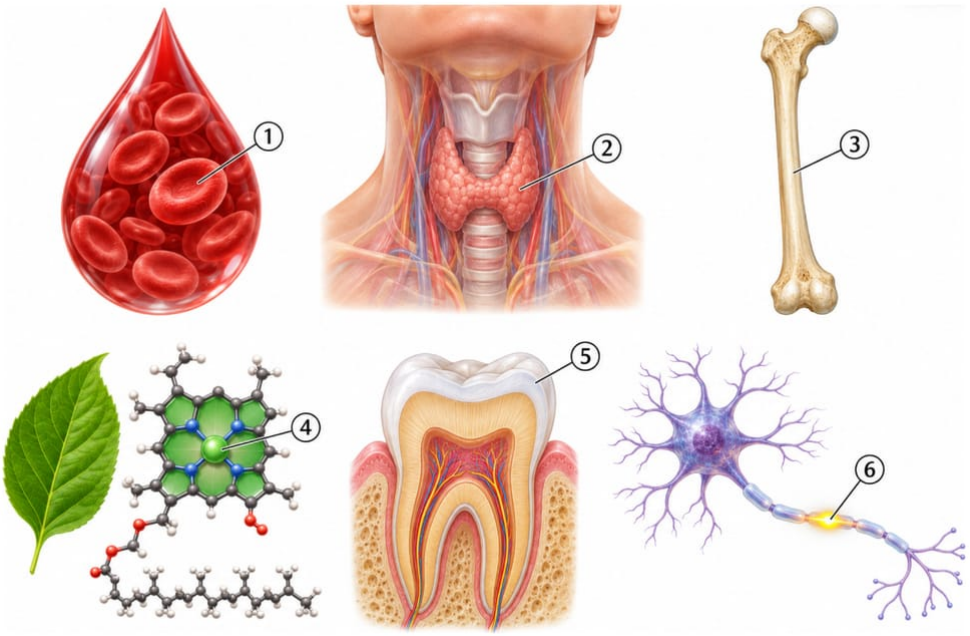
Особых «элементов жизни» нет: живое отличается от неживой природы не набором элементов, а их соотношением. Около 98 % массы клетки дают четыре элемента-**органогена**: кислород (65-75 %), углерод (15-18 %), водород (8-10 %) и азот (1,5-3 %). Они входят в состав всех органических веществ.

По содержанию в клетке элементы делят на три группы:

| Группа | Сколько их в клетке | Элементы |
|---|---|---|
| **Макроэлементы** | больше 0,01 % массы | органогены O, C, H, N (вместе около 98 %) и K, Na, Cl, Ca, Mg, P, S, Fe (вместе около 1,9 %) |
| **Микроэлементы** | тысячные доли процента и меньше | Zn, Cu, Mn, Co, I, F, B, Mo и другие |
| **Ультрамикроэлементы** | меньше миллионной доли процента | золото, серебро, ртуть, радий, уран и другие; роль многих не выяснена |

Микроэлементов мало, но они незаменимы: многие входят в ферменты, гормоны и витамины.

| Элемент | Зачем нужен |
|---|---|
| **N, C, H, O** | состав белков, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот |
| **K, Na, Cl** | мембранный потенциал, нервный импульс, осмотическое давление; Cl - в составе соляной кислоты желудка |
| **Ca** | кости и зубы, мышечное сокращение, свёртывание крови, клеточная стенка растений |
| **Mg** | хлорофилл, работа рибосом и многих ферментов |
| **P** | нуклеиновые кислоты, АТФ, кости, фосфолипиды мембран |
| **S** | серосодержащие аминокислоты, дисульфидные мостики белков |
| **Fe** | гемоглобин и миоглобин (перенос кислорода) |
| **I** | гормон щитовидной железы тироксин |
| **F** | эмаль зубов (недостаток - кариес) |
| **Co** | витамин $B_{12}$ |
| **Zn, Cu, Mn** | активаторы ферментов |




**1** - Железо - в гемоглобине эритроцитов
**2** - Иод - в гормоне щитовидной железы
**3** - Кальций и фосфор - в костях
**4** - Магний - в центре молекулы хлорофилла
**5** - Фтор - в эмали зубов
**6** - Натрий и калий - проведение нервного импульса

Где нужны химические элементы.

## Вода

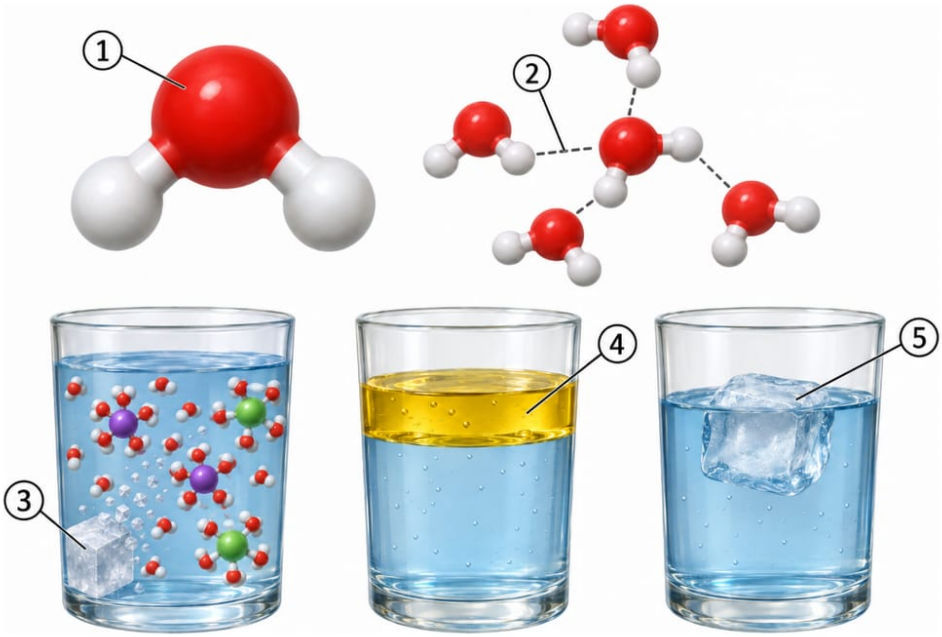
Воды в клетке больше всего - в среднем 70-80 % массы. Больше её в молодых и активно работающих клетках, меньше - в семенах, костной ткани, эмали зубов. Свойства воды объясняются строением молекулы:

- молекула **полярна**: на атоме кислорода частичный отрицательный заряд, на атомах водорода - положительный;
- между молекулами возникают **водородные связи** - поэтому вода при обычной температуре жидкая, а не газ, как похожий на неё сероводород;
- **высокая теплоёмкость и теплопроводность**: вода медленно нагревается и остывает и разносит тепло по организму;
- на **испарение** уходит много энергии (рвутся водородные связи), поэтому потоотделение и транспирация охлаждают организм;
- при замерзании вода **расширяется**, лёд легче воды и плавает: водоёмы промерзают сверху, а кристаллы льда в клетке могут разорвать её мембраны;
- вода практически **несжимаема**.

Роли воды в клетке:

1. **Универсальный растворитель** и среда для биохимических реакций.
2. **Участник реакций**: гидролиз полимеров, фотолиз в световой фазе фотосинтеза - вода даёт электроны и кислород.
3. **Транспорт веществ** в клетке и организме (кровь, лимфа, сок растений).
4. **Терморегуляция**: высокая теплоёмкость сглаживает перепады температуры, испарение охлаждает.
5. **Опора**: несжимаемость воды создаёт тургор и держит форму клетки.

По отношению к воде вещества делят на две группы. **Гидрофильные** растворяются в воде: соли, моносахариды, аминокислоты, водорастворимые витамины (C и группы B). **Гидрофобные** не растворяются: жиры, масла, воски, стероиды, жирорастворимые витамины (A, D, E, K). Полисахариды (крахмал, целлюлоза) и многие белки тоже нерастворимы - из-за огромных размеров молекул.




**1** - Молекула воды полярна: на кислороде частичный минус, на водородах - плюс
**2** - Водородные связи между молекулами воды
**3** - Гидрофильное вещество: соль растворяется, её ионы окружены молекулами воды
**4** - Гидрофобное вещество: масло не смешивается с водой
**5** - Лёд легче воды и плавает на поверхности

Строение и свойства воды.

## Минеральные вещества

Минеральные вещества находятся в клетке в виде ионов или в составе нерастворимых солей.

- **Катионы.** $K^+$ и $Na^+$ создают разность зарядов на мембране, проводят нервный импульс и удерживают воду (осмотическое давление): внутри клетки больше $K^+$, снаружи - $Na^+$. $Ca^{2+}$ нужен для сокращения мышц и свёртывания крови, $Mg^{2+}$ - для работы рибосом и ферментов.
- **Анионы.** Фосфаты и гидрокарбонаты работают **буферными системами** - поддерживают постоянный pH цитоплазмы и крови. $Cl^-$ входит в соляную кислоту желудочного сока.
- **Нерастворимые соли** образуют твёрдые опоры: фосфат кальция - кости и эмаль зубов, карбонат кальция - раковины моллюсков и скорлупа яиц.

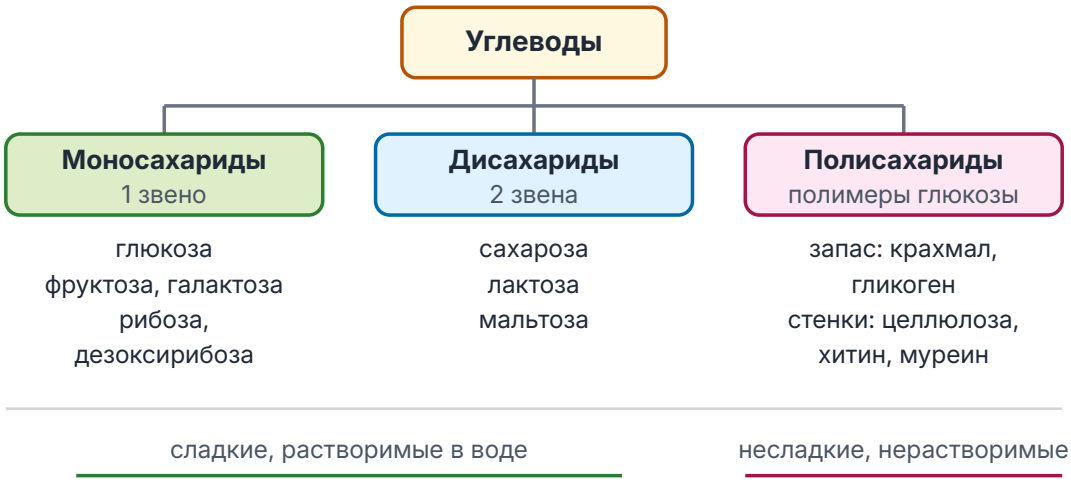
Концентрация солей важна для клетки: в **физиологическом растворе** (0,9 % NaCl) эритроциты сохраняют форму, в чистой воде набухают и лопаются, в крепком растворе соли сморщиваются - подробнее в статье «Мембранный транспорт».

## Углеводы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

**Углеводы**

Органические вещества с общей формулой $C_n(H_2O)_m$. Делятся на моносахариды, олигосахариды (в том числе дисахариды) и полисахариды.




Три группы углеводов. Запомни примеры каждой - их спрашивают в соответствиях.

## Моносахариды

Простые сахара: сладкие, хорошо растворимые в воде. По числу атомов углерода их делят на триозы (3), пентозы (5) и гексозы (6).

- **Пентозы**: **рибоза** входит в РНК и АТФ, **дезоксирибоза** - в ДНК; рибулоза участвует в темновой фазе фотосинтеза.
- **Гексозы**: **глюкоза** - главный источник энергии клетки и мономер крахмала, гликогена и целлюлозы; **фруктоза** - в плодах и мёде; **галактоза** - в составе молочного сахара.

## Дисахариды

Молекула дисахарида - два остатка моносахаридов. Дисахариды сладкие и растворимые.

- **Сахароза** (глюкоза + фруктоза) - тростниковый и свекловичный сахар; в этой форме углеводы переносятся по растению.
- **Лактоза** (глюкоза + галактоза) - молочный сахар, источник энергии для детёнышей млекопитающих.
- **Мальтоза** (глюкоза + глюкоза) - солодовый сахар: образуется при расщеплении крахмала, много её в проросших зёрнах.

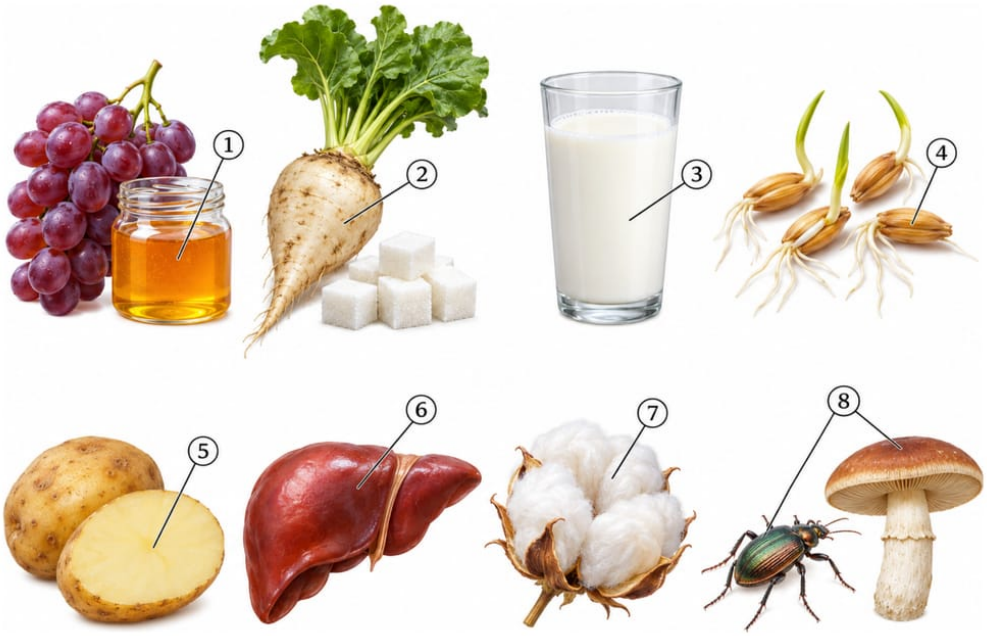
## Полисахариды

Полимеры из сотен и тысяч остатков моносахаридов, чаще глюкозы. Несладкие, в воде не растворяются, расщепляются до мономеров только ферментами. Чем крупнее молекула углевода, тем хуже растворимость и слабее сладкий вкус.

- **Крахмал** - запасной углевод растений. Состоит из амилозы (неразветвлённые цепи, свёрнутые в спираль) и амилопектина (разветвлённые цепи). С иодом даёт синее окрашивание - так крахмал находят в листьях и клубнях.
- **Гликоген** - запасной углевод животных и грибов. Разветвлён сильнее крахмала, у животных запасается в печени и мышцах; с иодом даёт красно-бурое окрашивание.

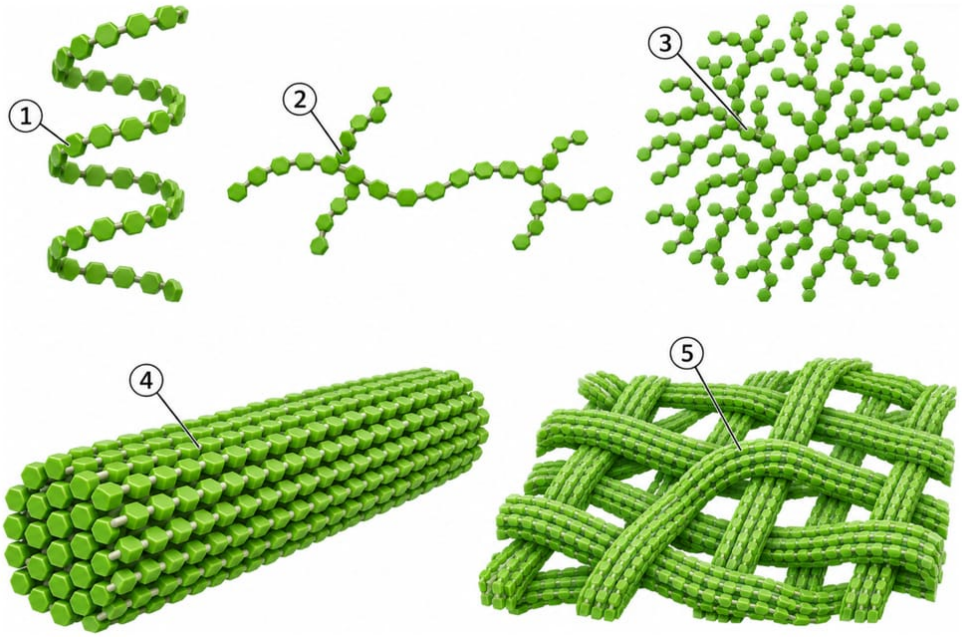
Конспект скачан с сайта kursteam.ru

- **Целлюлоза** (клетчатка) - стенка растительных клеток: длинные неразветвлённые цепи собраны в прочные волокна. Большинство животных расщепить её не может - у растительноядных это делают микроорганизмы пищеварительного тракта.
- **Хитин** - клеточная стенка грибов и наружный скелет членистоногих.
- **Муреин** - клеточная стенка бактерий.




**1** - Глюкоза и фруктоза - в ягодах и мёде
**2** - Сахароза - в сахарной свёкле и тростнике
**3** - Лактоза - в молоке
**4** - Мальтоза - в проросших зёрнах
**5** - Крахмал - запас растений (клубень картофеля)
**6** - Гликоген - запас животных (печень)
**7** - Целлюлоза - волокна хлопка и стенки растительных клеток
**8** - Хитин - покровы членистоногих и стенки клеток грибов

Где встречаются углеводы.




**1** - Амилоза: неразветвлённая цепь, свёрнутая в спираль (крахмал)
**2** - Амилопектин: цепь с ветвями (крахмал)
**3** - Гликоген: разветвлён сильнее всего
**4** - Целлюлоза: прямые цепи собраны в прочное волокно
**5** - Клеточная стенка растения из волокон целлюлозы

Полисахариды построены из одних и тех же звеньев, но по-разному.

Функции углеводов: **энергетическая** (при расщеплении 1 г - 17,6 кДж; глюкоза - главное «топливо» клетки), **запасающая** (крахмал, гликоген), **строительная** (целлюлоза, хитин, муреин), **рецепторная** (углеводы гликокаликса), входят в состав нуклеотидов ДНК, РНК и АТФ.

## Липиды

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

**Липиды**

Сборная группа гидрофобных веществ: жирные кислоты, жиры (триглицериды), фосфолипиды, воски, стероиды. Не растворяются в воде, но растворяются в органических растворителях - эфире, бензине, хлороформе.

### Жиры

**Жиры (триглицериды)** - сложные эфиры глицерина и трёх жирных кислот. **Насыщенные** жирные кислоты (без двойных связей) делают жир твёрдым - таковы жиры наземных животных. **Ненасыщенные** (с двойными связями) - жидким: растительные масла, жир рыб и животных холодных вод.

### Фосфолипиды

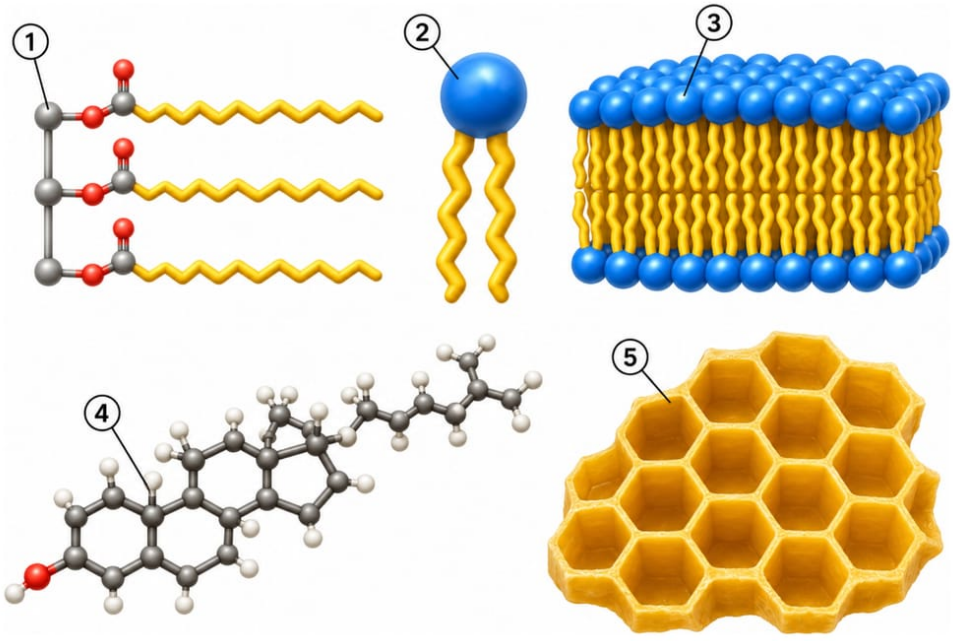
Глицерин, две жирные кислоты и остаток фосфорной кислоты. Молекула двойственна: **гидрофильная головка** (остаток фосфорной кислоты) и **гидрофобные хвосты** (жирные кислоты). Поэтому в воде фосфолипиды сами выстраиваются в двойной слой - бислой, основу всех клеточных мембран.

### Воски

Сложные эфиры жирных кислот и спиртов, очень гидрофобные. Восковой налёт на листьях и плодах уменьшает испарение воды. Из воска, который выделяют железы брюшка, пчёлы строят соты.

### Стероиды

Основа молекулы - четыре сросшихся кольца, жирных кислот нет. **Холестерин** делает мембраны животных клеток жёстче. Из него образуются **стероидные гормоны** (половые - тестостерон, эстрадиол; гормон надпочечников кортизол), **желчные кислоты** (эмульгируют жиры при пищеварении) и **витамин D**.




**1** - Жир: глицерин и три жирные кислоты

**2** - Фосфолипид: гидрофильная головка и два гидрофобных хвоста

**3** - Бислой фосфолипидов - основа мембраны

**4** - Стероид холестерин: четыре сросшихся кольца

**5** - Воск: пчелиные соты

Основные группы липидов.

Функции липидов: **энергетическая** (1 г жира - 38,9 кДж, вдвое больше, чем у углеводов и белков), **запасающая** (жировая ткань, капли масла в семенах), **строительная** (мембраны), **защитная и теплоизоляционная** (подкожный жир), **регуляторная** (стероидные гормоны, жирорастворимые витамины), **источник метаболической воды** - при окислении 100 г жира образуется около 105 мл воды.




**1** - Теплоизоляция: толстый подкожный жир тюленя

**2** - Источник воды: жир в горбе верблюда при окислении даёт воду

**3** - Запас энергии на зиму: медведь в спячке

**4** - Запас энергии в семенах подсолнечника

**5** - Защита: жировая смазка не даёт перьям намокнуть

Функции жиров у разных организмов.

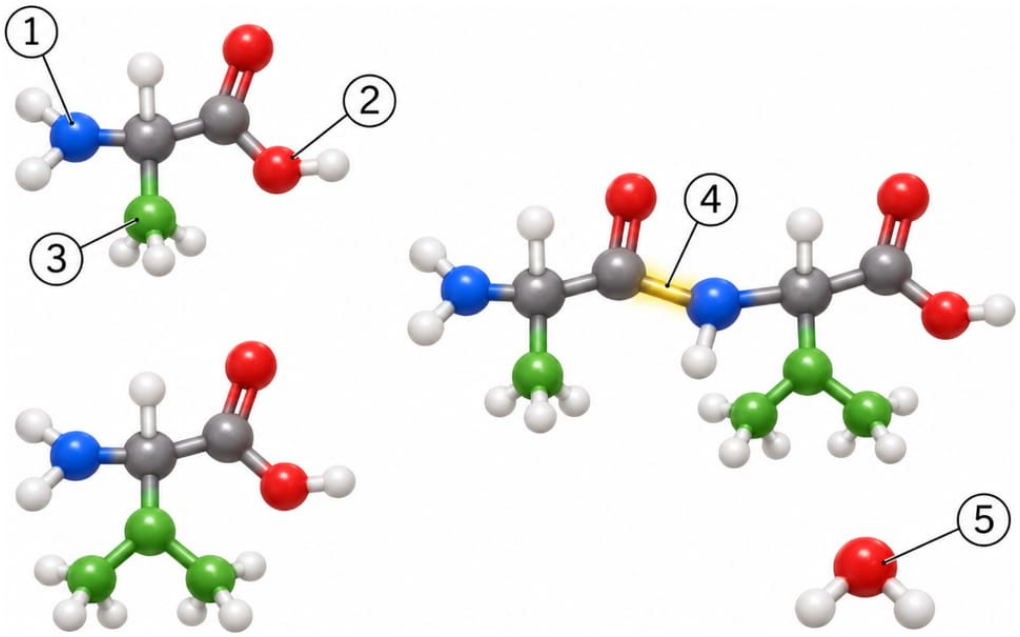
## Белки

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ**

**Белки**

Нерегулярные биополимеры, мономеры которых - аминокислоты. В состав белков входит 20 видов аминокислот; их последовательность определяется генами, поэтому белки каждого организма специфичны.

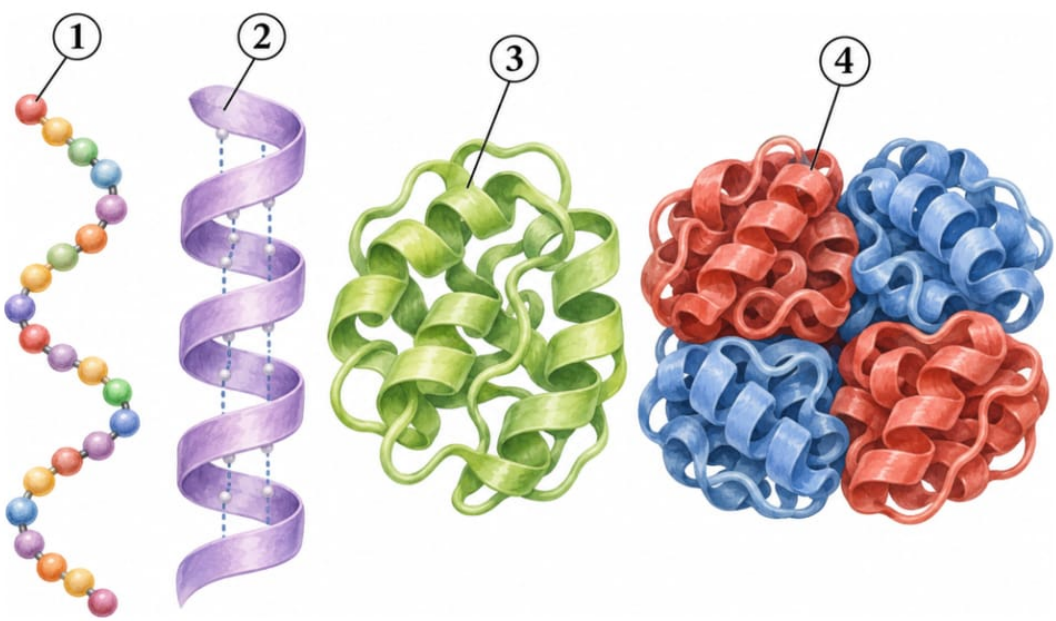
Каждая аминокислота имеет **аминогруппу** (основные свойства), **карбоксильную группу** (кислотные свойства) и боковой **радикал**, который у всех аминокислот разный. Благодаря двум группам аминокислоты **амфотерны** и работают буфером. **Незаменимые** аминокислоты не синтезируются в организме человека и должны поступать с пищей; белки, в которых их нет, называют неполноценными. Аминогруппа одной аминокислоты соединяется с карбоксильной группой другой, при этом отщепляется молекула воды - возникает **пептидная связь**.




**1** - Аминогруппа
**2** - Карбоксильная группа
**3** - Радикал - у каждой аминокислоты свой
**4** - Пептидная связь
**5** - Молекула воды, отщепившаяся при образовании связи

Аминокислоты соединяются пептидной связью, при этом выделяется вода.

## Структуры белка




**1** - Первичная структура - цепь аминокислот (пептидные связи)
**2** - Вторичная структура - спираль (водородные связи)
**3** - Третичная структура - глобула (дисульфидные, ионные, гидрофобные связи)
**4** - Четвертичная структура - несколько глобул (например, гемоглобин)

Уровни организации белковой молекулы.

1. **Первичная** - последовательность аминокислот в цепи. Связи **пептидные**, ковалентные, очень прочные. Именно первичная структура задаёт все остальные и свойства белка; образуется на рибосомах.
2. **Вторичная** - спираль или складчатый слой; держится **водородными связями** между витками.
3. **Третичная** - глобула (клубок); держится **дисульфидными мостиками (S-S)**, **ионными** и **гидрофобными** взаимодействиями. Связи слабые, поэтому форма легко нарушается.
4. **Четвертичная** - комплекс из нескольких полипептидных цепей (глобул). Есть не у всех белков; классический пример - **гемоглобин** из четырёх цепей.

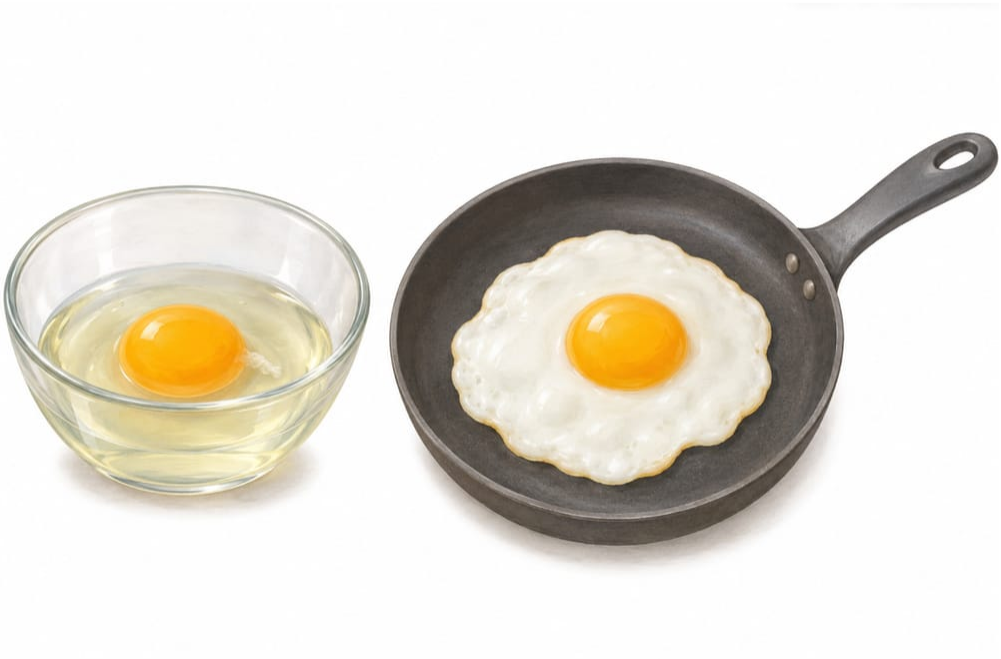
По размеру (для линии 8): четвертичная структура больше полипептидной цепи, цепь больше аминокислоты, аминокислота больше аминогруппы, аминогруппа больше атома азота.

## Денатурация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

**Денатурация**

Нарушение природной (вторичной, третичной, четвертичной) структуры белка под действием высокой температуры, кислот, щелочей, облучения; первичная структура при этом сохраняется. Если воздействие слабое и кратковременное, возможна ренатурация - восстановление формы; если сильное - денатурация необратима.



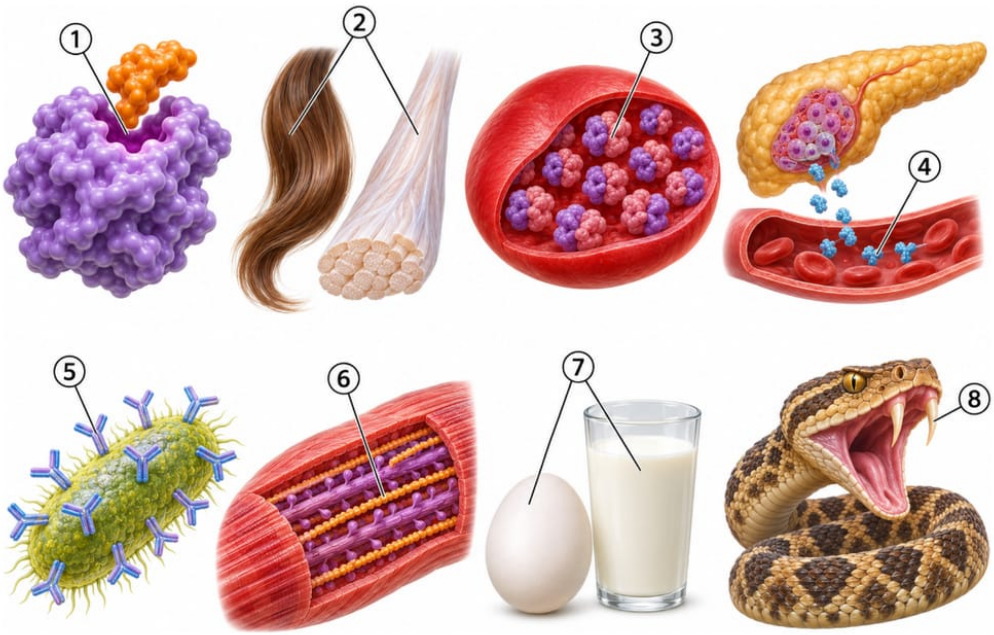
Белок сырого яйца прозрачный, при жарке он белеет и твердеет - это необратимая денатурация.

## Классификация белков

По форме молекулы белки делят на **глобулярные** (свёрнуты в клубок: ферменты, гемоглобин, антитела) и **фибриллярные** (вытянутые нити: коллаген, кератин, фибрин); по составу - на **простые** (только аминокислоты) и **сложные** (с небелковой частью, как гем в гемоглобине).

## Функции белков

| Функция | Примеры |
|---|---|
| **Каталитическая** | ферменты: амилаза, липаза, ДНК-полимераза |
| **Строительная** | кератин волос, коллаген сухожилий и хрящей, белки мембран |
| **Транспортная** | гемоглобин ($O_2$ и $CO_2$), белки-переносчики мембран |
| **Регуляторная** | гормоны: инсулин, глюкагон |
| **Защитная** | антитела, интерферон, фибриноген (свёртывание крови) |
| **Двигательная** | актин и миозин мышц |
| **Запасная** | казеин молока, альбумин яйца |
| **Энергетическая** | 1 г - 17,6 кДж (расходуются в последнюю очередь) |
| **Токсины** | змеиный нейротоксин |




**1** - Каталитическая: фермент и субстрат
**2** - Строительная: кератин волос, коллаген сухожилий
**3** - Транспортная: гемоглобин в эритроците
**4** - Регуляторная: гормон инсулин из поджелудочной железы
**5** - Защитная: антитела связывают бактерию
**6** - Двигательная: актин и миозин мышечного волокна
**7** - Запасная: альбумин яйца, казеин молока
**8** - Токсины: яд змеи

Функции белков - по одному примеру на каждую.

# Ферменты

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

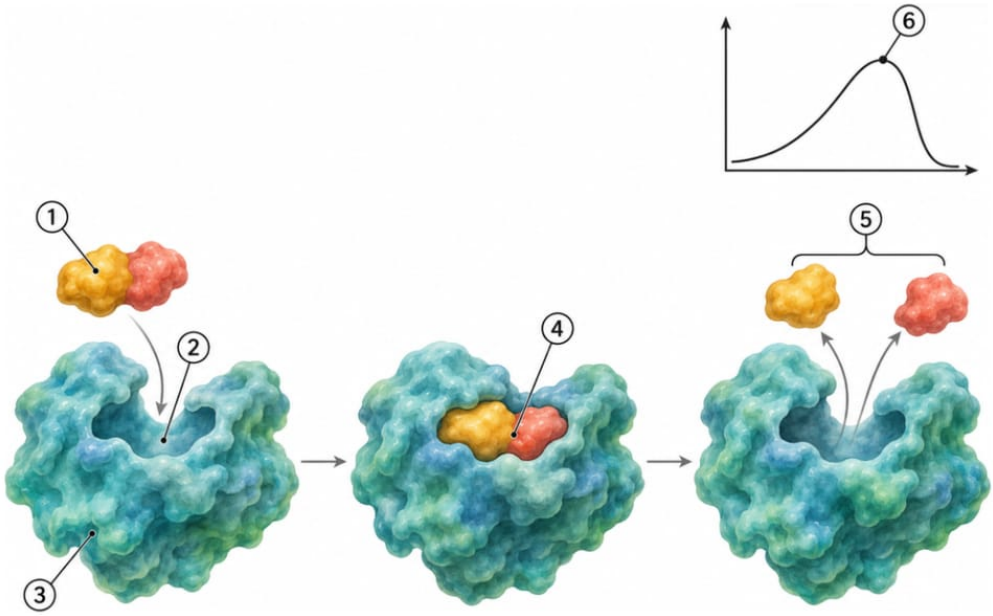
**Ферменты**

Белки-катализаторы: ускоряют химические реакции в клетке, но сами в них не расходуются. Вещество, которое превращает фермент, называется субстратом.

Механизм работы:

1. Субстрат присоединяется к **активному центру** фермента - участку, форма которого точно соответствует субстрату (принцип **«ключ-замок»**).
2. Образуется **фермент-субстратный комплекс**, в нём субстрат превращается в продукт.
3. Продукты покидают активный центр, фермент не изменяется и готов к следующему субстрату.

Некоторым ферментам для работы нужны небелковые помощники - **коферменты**: ими часто служат витамины и их производные, а также ионы металлов ($Mg^{2+}$, $Zn^{2+}$).




**1** - Субстрат
**2** - Активный центр
**3** - Фермент
**4** - Фермент-субстратный комплекс
**5** - Продукты реакции
**6** - Оптимум температуры (у человека около 37 °C)

Слева - принцип «ключ-замок», справа - зависимость скорости реакции от температуры.

Отличия ферментов от неорганических катализаторов:

- **специфичность**: один фермент - один субстрат или один тип реакции (неорганический катализатор ускоряет многие реакции);
- **эффективность**: ускоряют реакции в миллионы раз сильнее;
- работают в **мягких условиях** - при температуре тела и физиологическом pH;
- **белковая природа**: при нагревании денатурируют и теряют активность;
- активность **регулируется** клеткой.

Зависимость скорости ферментативной реакции:

- **от температуры**: до оптимума (у ферментов человека около 37 °C) скорость растёт, выше оптимума резко падает - белок денатурирует, активный центр разрушается. При охлаждении фермент не разрушается: активность падает обратимо и восстанавливается при нагревании до оптимума.
- **от pH**: у каждого фермента свой оптимум. Пепсин желудка работает в сильнокислой среде, трипсин кишечника - в слабощелочной, ферменты слюны - в нейтральной.

- **от концентраций**: чем больше субстрата и фермента, тем быстрее реакция - пока все активные центры не окажутся заняты.

## Как это спрашивают на ЕГЭ

- **Линия 5-6 - рисунок молекулы или схема.** Узнай структуру белка по картинке: цепь - первичная, спираль - вторичная, глобула - третичная, несколько глобул - четвертичная.
- **Линии 5-6 - соответствия**: вещество - группа (моно-, ди- или полисахарид; жир, фосфолипид, воск или стероид) или вещество - функция (гемоглобин - транспортная, коллаген - строительная, крахмал - запасающая).
- **Линия 7 - выбор трёх из шести про белки.** Выбирай «словарь белков»: аминокислота, пептидная связь, дисульфидный мостик, водородная связь, глобула, полипептидная цепь, третичная структура. Отбрасывай «словарь нуклеиновых кислот»: нуклеотид, триплет, антикодон, азотистое основание, фосфодиэфирная связь, моносахарид.
- **Линия 8 - последовательность по размеру**: атом азота → аминогруппа → аминокислота → полипептидная цепь → четвертичная структура (или в обратном порядке - читай условие).
- **Линия 21 - график или таблица**: скорость реакции от температуры или pH; умение читать оптимум.
- **Линии 22-23 - эксперимент с ферментами**: объяснить, почему реакция остановилась при нагревании, при изменении pH, назвать переменные и контроль.

Ключевые слова: органогены, макро-, микро- и ультрамикроэлементы, гидрофильность, регулярные и нерегулярные полимеры, пептидная связь, денатурация, ренатурация, глобула, активный центр, фермент-субстратный комплекс, специфичность, кофермент, оптимум температуры и pH.

## Ловушки

ЛОВУШКА ЕГЭ

**Каждой структуре белка - свои связи.** Первичная - пептидные, вторичная - водородные, третичная - дисульфидные, ионные, гидрофобные. «Глобула» - это третичная структура, а гемоглобин с четырьмя цепями - четвертичная.

ЛОВУШКА ЕГЭ

**Нуклеотид, триплет, антикодон и фосфодиэфирная связь не описывают белок.** Это словарь нуклеиновых кислот. В заданиях «выберите понятия о молекуле белка» такие варианты - ловушка.

ЛОВУШКА ЕГЭ

**Денатурация не разрушает первичную структуру.** Рвутся связи вторичной, третичной и четвертичной структур, пептидные связи целы - и при обратимой, и при необратимой денатурации. Разрыв пептидных связей - это уже разрушение (гидролиз) белка до аминокислот, а не денатурация.

ЛОВУШКА ЕГЭ

**Жиры энергетически богаче, но главное «топливо» - глюкоза.** В 1 г жира 38,9 кДж, в 1 г углеводов 17,6 кДж, однако клетка в первую очередь расщепляет углеводы: они быстрее окисляются и растворимы.

ЛОВУШКА ЕГЭ

**Жир - не полимер.** Полимеры - белки, нуклеиновые кислоты и полисахариды. Жир - эфир глицерина и трёх жирных кислот, при гидролизе он даёт глицерин и жирные кислоты, а не одинаковые мономеры.

ЛОВУШКА ЕГЭ

**Запасные и строительные полисахариды не путать.** Запас: крахмал (растения), гликоген (животные и грибы). Строительные: целлюлоза (растения), хитин (грибы и членистоногие), муреин (бактерии).

ЛОВУШКА ЕГЭ

**Хитин - углевод, а не белок,** хотя образует твёрдые покровы. Это полисахарид, близкий к целлюлозе.

ЛОВУШКА ЕГЭ

**При охлаждении фермент не денатурирует.** Активность просто падает и восстановится при возвращении к оптимуму. Денатурация - только при перегреве, сильных кислотах и щелочах.

ЛОВУШКА ЕГЭ

**Фермент не расходуется в реакции** и не входит в состав продуктов: после реакции он освобождается и работает снова. Поэтому ферментов нужно немного.

## Как писать ответ

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

**Почему при температуре выше 40-45 °C скорость ферментативной реакции резко падает?**

1. Ферменты имеют белковую природу.
2. При перегреве белок денатурирует - разрушаются высшие структуры молекулы.
3. Изменяется форма активного центра, он перестаёт соответствовать субстрату.
4. Фермент-субстратный комплекс не образуется, и реакция прекращается.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

**Эксперимент: в пробирки с пероксидом водорода опустили кусочек сырого и кусочек варёного картофеля. Объясни результаты**

1. В пробирке с сырым картофелем выделяются пузырьки газа (кислорода): фермент каталаза расщепляет пероксид водорода на воду и кислород.
2. В пробирке с варёным картофелем пузырьков нет.
3. При варке фермент денатурировал: разрушился активный центр, каталаза не работает.
4. Независимая переменная - обработка картофеля (сырой или варёный), зависимая - выделение кислорода (интенсивность образования пузырьков).

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

**Почему белковая пища не теряет питательной ценности после варки, хотя белки денатурируют?**

1. Питательная ценность белка - это его аминокислоты.
2. При денатурации разрушаются только высшие структуры, а пептидные связи и аминокислотный состав сохраняются.
3. В пищеварительной системе любой белок всё равно расщепляется до аминокислот, из которых организм строит собственные белки (денатурированный белок даже легче переваривается).

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

**Почему жир в горбе верблюда помогает ему переносить засуху?**

1. Жир - запасное вещество: при его окислении освобождается много энергии (38,9 кДж на 1 г).
2. При окислении жира образуется вода: из 100 г жира - около 105 мл.
3. Эта метаболическая вода частично восполняет недостаток питьевой воды в пустыне.

## Проверь себя

**1. Какие связи удерживают каждую структуру белка?**

Ответ: Первичную - пептидные (прочные ковалентные), вторичную - водородные, третичную - дисульфидные, ионные и гидрофобные, четвертичную - те же слабые связи между несколькими цепями.

**2. Чем обратимая денатурация отличается от необратимой?**

Ответ: В обоих случаях разрушаются вторичная, третичная и четвертичная структуры, а первичная (пептидные связи) цела. После обратимой белок восстанавливает форму - ренатурация; после необратимой - нет (белок сваренного яйца).

**3. Почему пепсин перестаёт работать в двенадцатиперстной кишке?**

Ответ: Каждый фермент активен в своём диапазоне pH. Пепсин работает в кислой среде желудка, а в двенадцатиперстной кишке среда слабощелочная - его активный центр меняет форму.

**4. Назови запасные углеводы растений, животных и грибов.**
Ответ: У растений - крахмал, у животных и грибов - гликоген.

**5. Почему ионы $Mg^{2+}$ важны для растения, а $Fe^{2+}$ - для человека?**
Ответ: Магний входит в состав хлорофилла, без него нарушается фотосинтез. Железо входит в состав гемоглобина, который переносит кислород.

**ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ**
Тестовая часть, развёрнутые задания и все задания по теме - на сайте, с проверкой и разбором:
kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/himicheskiy-sostav-kletki

© 2026 Мустафаев Р. И. (Kursteam). Материал принадлежит автору и охраняется авторским правом. Копирование, перепечатка и распространение без письменного разрешения автора запрещены; при цитировании обязательна ссылка на kursteam.ru.