Строение нуклеиновых кислот и АТФ

Кодификатор ЕГЭ: 2.2 · Линии ЕГЭ: 3, 5-8, 24 · kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/stroenie-nukleinovyh-kislot

КОРОТКО

- ДНК и РНК - нуклеиновые кислоты, нерегулярные биополимеры из нуклеотидов. Нуклеотид = азотистое основание + пятиуглеродный сахар + остаток фосфорной кислоты.
- ДНК - двойная спираль из двух антипараллельных цепей. Цепи держатся на водородных связях между комплементарными основаниями: А - Т (две связи), Г - Ц (три).
- ДНК хранит и передаёт наследственную информацию. РНК её реализуют: иРНК несёт копию гена, тРНК доставляет аминокислоты, рРНК входит в состав рибосом.
- В РНК вместо дезоксирибозы - рибоза, вместо тимина - урацил, и цепь обычно одна.
- АТФ - тоже нуклеотид: аденин + рибоза + три остатка фосфорной кислоты. Две макроэргические связи делают АТФ универсальным источником энергии клетки.

Что такое нуклеиновые кислоты

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Нуклеиновые кислоты

Биополимеры, мономерами которых служат нуклеотиды. Два вида: ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) и РНК (рибонуклеиновая кислота). Хранят и реализуют наследственную информацию.

Впервые их выделили из ядер клеток - отсюда и название: «нуклеус» значит «ядро». Как и белки, нуклеиновые кислоты - **нерегулярные** полимеры: порядок мономеров не повторяется, именно в их последовательности и записана информация.

Нуклеотид - мономер нуклеиновых кислот

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Нуклеотид

Мономер нуклеиновых кислот. Состоит из трёх частей: азотистого основания, пятиуглеродного сахара (пентозы) и остатка фосфорной кислоты.

Разберём части нуклеотида.

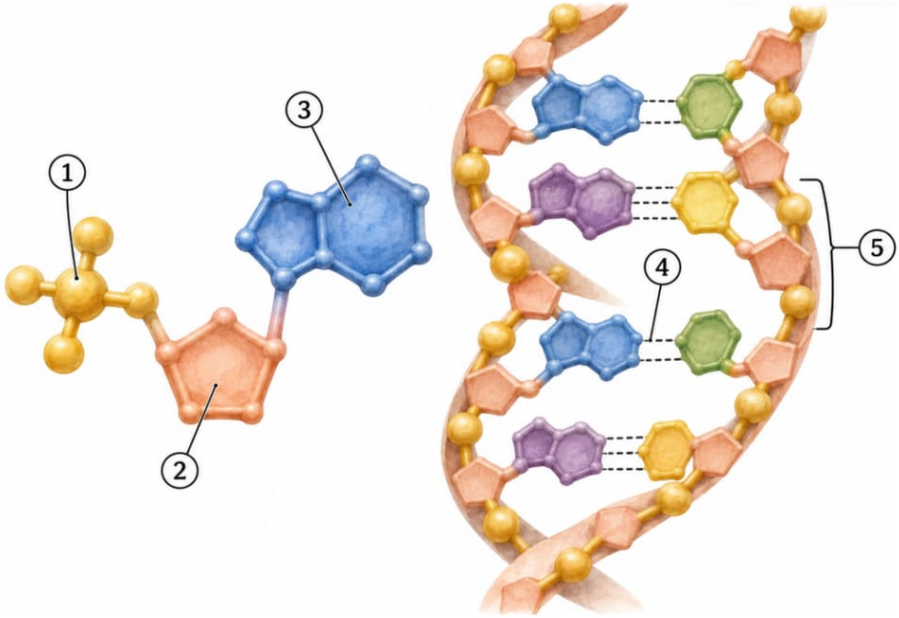
1. **Азотистое основание.** В ДНК их четыре: аденин (А), тимин (Т), гуанин (Г), цитозин (Ц). В РНК вместо тимина - **урацил (У)**. Аденин и гуанин - крупные, из двух колец - называются **пуриновыми**; тимин, цитозин и урацил - из одного кольца - **пиримидиновыми**.
2. **Пентоза.** В ДНК - **дезоксирибоза**, в РНК - **рибоза** (у неё на один атом кислорода больше). Атомы углерода сахара нумеруют со штрихом: с 1' по 5'.
3. **Остаток фосфорной кислоты** присоединён к 5'-углероду сахара.

Конспект скачан с сайта kursteam.ru

Нуклеотиды соединяются в цепь **фосфодиэфирными связями**: фосфат одного нуклеотида связывается с 3'-углеродом сахара предыдущего. Получается **сахаро-фосфатный остов**, от которого внутрь отходят основания. У любой цепи есть два разных конца:

- **5'-конец** - там, где свободен фосфат;
- **3'-конец** - там, где свободен 3'-углерод сахара.

Новые нуклеотиды при синтезе присоединяются только к 3'-концу, поэтому любая нуклеиновая кислота растёт в направлении 5' → 3'. Это пригодится в темах про репликацию и транскрипцию.

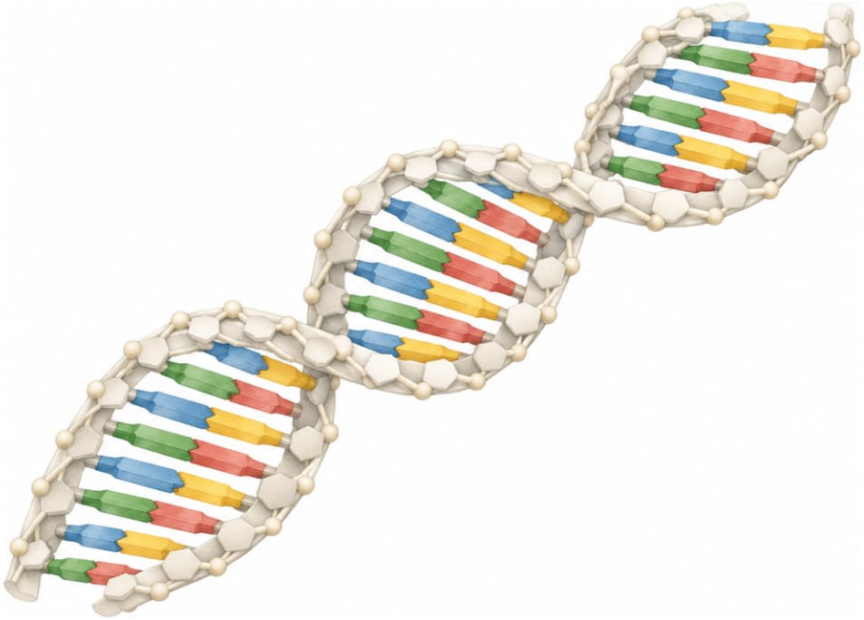


1 - Остаток фосфорной кислоты
2 - Дезоксирибоза (в РНК - рибоза)
3 - Азотистое основание
4 - Водородные связи между основаниями
5 - Сахаро-фосфатный остов

Нуклеотид и фрагмент ДНК. Цепи антипараллельны: напротив 5'-конца одной - 3'-конец другой.

ДНК - двойная спираль

Модель строения ДНК предложили Дж. Уотсон и Ф. Крик в 1953 году. Главные черты молекулы:



Двойная спираль ДНК: основания стоят внутри парами, как ступеньки винтовой лестницы - А с Т, Г с Ц.

- **Две цепи**, закрученные в двойную спираль. Сахаро-фосфатные остовы - снаружи, основания - внутри.
- **Комплементарность.** Напротив аденина всегда тимин, напротив гуанина - цитозин. Пары скреплены **водородными связями**: А - Т - двумя, Г - Ц - тремя. Поэтому по одной цепи всегда можно восстановить вторую.
- **Антипараллельность.** Цепи направлены навстречу друг другу: напротив 5'-конца одной цепи лежит 3'-конец другой.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Комплементарность

Взаимное соответствие оснований: пурин связывается с пиримидином так, что пары А - Т и Г - Ц подходят друг к другу по размеру и числу водородных связей. На комплементарности основаны репликация, транскрипция и трансляция.

ЗАПОМНИ

Водородные связи между основаниями слабые по одной, но их много - вместе они держат двойную спираль. Связи А - Т - **две**, Г - Ц - **три**, поэтому чем больше в ДНК пар Г - Ц, тем прочнее молекула.

Функции ДНК: хранение наследственной информации, её передача дочерним клеткам при делении (через репликацию) и реализация - с ДНК информация переписывается на РНК.

Где находится ДНК. У эукариот основная часть - в ядре: линейные молекулы ДНК в комплексе с белками-гистонами образуют хромосомы. Своя кольцевая ДНК есть в митохондриях и пластидах - поэтому их называют полуавтономными органоидами. У прокариот одна кольцевая молекула ДНК лежит прямо в цитоплазме - эту зону называют нуклеоидом; бывают и маленькие добавочные кольца - плазмиды.

От хромосомы до атома: иерархия структур

В заданиях линии 8 просят расставить структуры по размеру. Запомни цепочку от большого к малому:

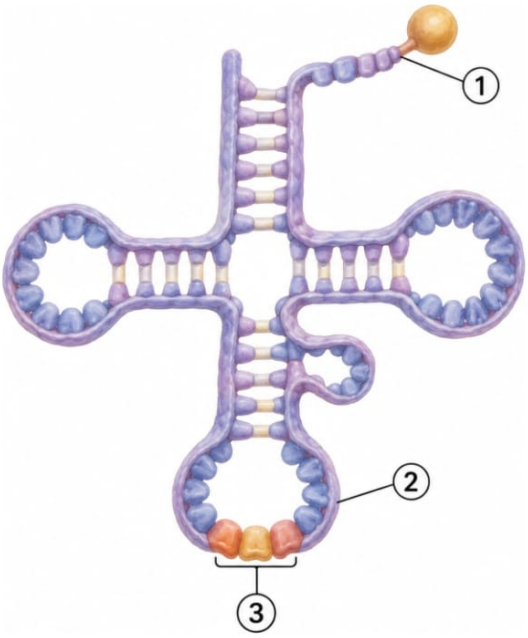
1. **Хромосома** - молекула ДНК вместе с белками, самая крупная структура.
2. **Молекула ДНК** - одна в каждой хроматиде.
3. **Оперон** - у прокариот несколько соседних генов работают как единый блок; он меньше всей ДНК, но больше одного гена.
4. **Ген** - участок ДНК, кодирующий одну молекулу белка или РНК.
5. **Экзон** - кодирующий кусочек гена эукариот (между экзонами лежат интроны).
6. **Триплет** - три подряд идущих нуклеотида.
7. **Нуклеотид** - один мономер.
8. **Части нуклеотида** - азотистое основание (аденин, гуанин...), рибоза или дезоксирибоза, фосфат.
9. **Атом** (кислорода, углерода...) - мельче всего.

Та же логика работает для тРНК: вся молекула тРНК больше своей центральной петли, петля больше антикодона (это три нуклеотида), антикодон больше рибозы одного нуклеотида, а рибоза больше атома кислорода.

Виды РНК

РНК обычно **одноцепочечная**, но может складываться сама на себя: комплементарные участки одной цепи слипаются, и получаются петли и шпильки. Все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице при транскрипции. Три главных вида:

Вид	Доля в клетке	Строение	Функция
иРНК (информационная, она же мРНК - матричная)	около 5 %	линейная цепь	несёт копию гена от ДНК к рибосоме, служит матрицей для сборки белка
тРНК (транспортная)	около 10 %	самая короткая (70-90 нуклеотидов), «клеверный лист»	доставляет аминокислоты к рибосоме; антикодон узнаёт кодон иРНК
рРНК (рибосомная)	около 85 % - её больше всех	длинные цепи со сложной укладкой	вместе с белками образует рибосомы

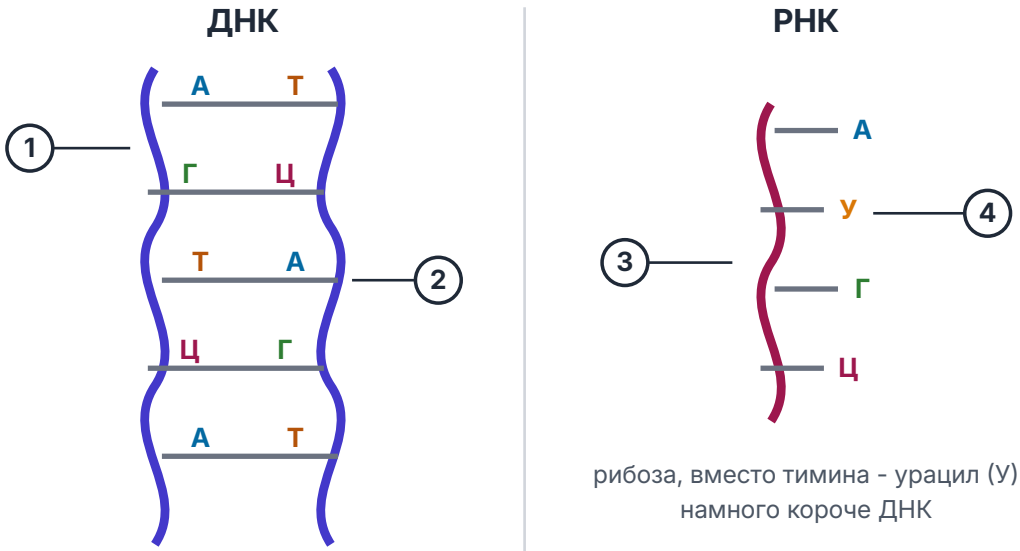


1 - Акцепторный 3'-конец (ЦЦА) - место прикрепления аминокислоты **2** - Центральная (антикодоновая) петля
3 - Антикодон - триплет, комплементарный кодону иРНК

тРНК: одна цепь, сложенная в «клеверный лист» за счёт комплементарных участков.

Сравнение ДНК и РНК

Признак	ДНК	РНК
Сахар	дезоксирибоза	рибоза
Основания	А, Т, Г, Ц	А, **У**, Г, Ц
Число цепей	две, двойная спираль	одна (с петлями и шпильками)
Размер	очень длинная, миллионы нуклеотидов	намного короче
Где находится	ядро (хромосомы), митохондрии, пластиды; у прокариот - нуклеоид	ядрышко, цитоплазма, рибосомы
Способна ли удваиваться	да, репликация	нет
Функции	хранение и передача наследственной информации	реализация информации: синтез белка



1 - ДНК: две антипараллельные цепи (двойная спираль)
2 - Пары оснований А - Т и Г - Ц; сахар - дезоксирибоза
3 - РНК: одна цепь, может складываться в петли
4 - Вместо тимина - урацил; сахар - рибоза

ДНК - две цепи и тимин, РНК - одна цепь и урацил.

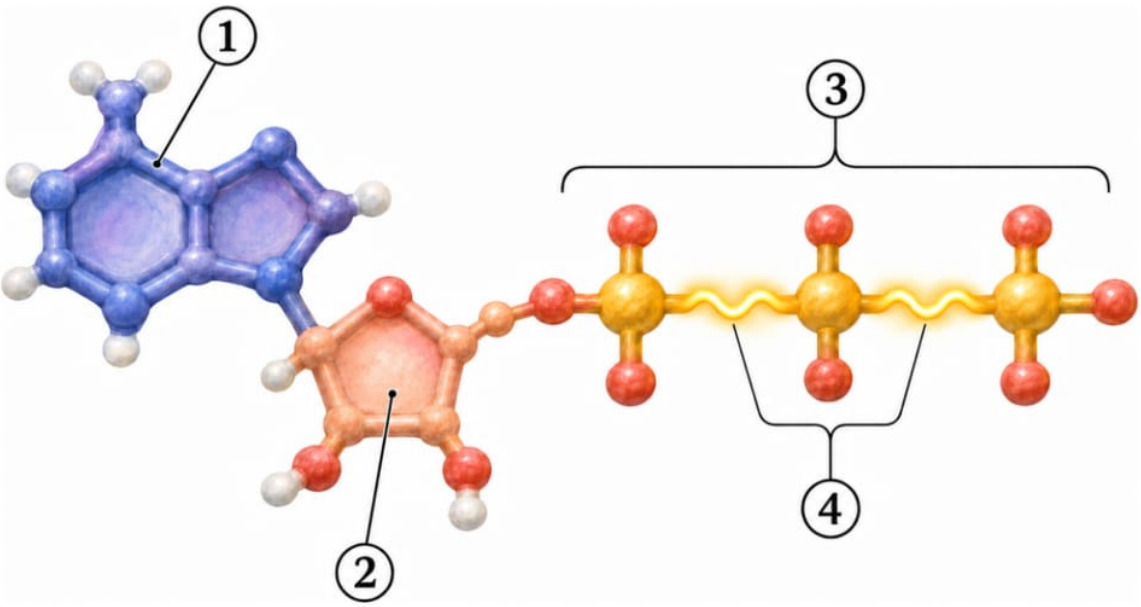
АТФ - универсальный источник энергии

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

АТФ (аденозинтрифосфат)

Нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и трёх остатков фосфорной кислоты. Связи между остатками фосфорной кислоты - макроэргические: при их разрыве выделяется около 40 кДж энергии.

Конспект скачан с сайта kursteam.ru



1 - Аденин (азотистое основание)
2 - Рибоза
3 - Остатки фосфорной кислоты
4 - Макроэргические связи

АТФ. Волнистая линия - макроэргическая связь, их в молекуле две.

Обрати внимание: в АТФ сахар - **рибоза**, как в РНК, хотя работает АТФ по всей клетке.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Макроэргическая связь

Связь между остатками фосфорной кислоты, при разрыве которой выделяется много энергии - около 40 кДж на моль. В молекуле АТФ таких связей две.

Клетка пользуется АТФ как разменной монетой:

1. При гидролизе АТФ отщепляется концевой фосфат: АТФ → АДФ + Ф + энергия (около 40 кДж). Может оторваться и второй: АДФ → АМФ + Ф.
2. Обратная реакция - запасание энергии: АДФ + Ф → АТФ. Она идёт при клеточном дыхании в митохондриях (окислительное фосфорилирование), при гликолизе в цитоплазме и в световой фазе фотосинтеза в хлоропластах (фотофосфорилирование).
3. Запас АТФ в клетке мал, молекула живёт меньше минуты: АТФ всё время расходуется и синтезируется заново.

Функции АТФ: универсальный источник энергии для синтеза веществ, активного транспорта, движения, деления, проведения нервного импульса; остатки АТФ входят в состав нуклеиновых кислот и коферментов.

Конспект скачан с сайта kursteam.ru

Как это спрашивают на ЕГЭ

- **Линия 3 - расчётные задачи**: процент нуклеотидов и число водородных связей считаются по правилу Чаргаффа - смотри отдельную статью «Правило Чаргаффа».
- **Линия 5 - рисунок**: фрагмент ДНК, нуклеотид, тРНК или АТФ. «Каким номером обозначено макроэргическое соединение», «назови часть молекулы, обозначенную цифрой». Узнавай по форме: двойная спираль - ДНК, клеверный лист - тРНК, аденин + рибоза + три фосфата - АТФ.
- **Линия 6 - соответствие** «признак → ДНК или РНК»: число цепей, сахар, урацил или тимин, способность к репликации, виды и функции.
- **Линия 7 - выбор трёх из шести**: какие утверждения верны про ДНК (две антипараллельные цепи, А - Т и Г - Ц, дезоксирибоза) или про АТФ (нуклеотид, рибоза, макроэргические связи).
- **Линия 8 - последовательность по размеру**: хромосома → ДНК → ген → экзон → триплет → нуклеотид → основание → атом; у тРНК: молекула → центральная петля → антикодон → рибоза → атом.
- **Линия 24** - текст с ошибками про нуклеиновые кислоты или АТФ.

Ключевые слова: нуклеотид, комплементарность, антипараллельность, водородные связи, двойная спираль, дезоксирибоза, урацил, антикодон, макроэргическая связь.

Ловушки

ЛОВУШКА ЕГЭ

Урацил - только в РНК, тимин - только в ДНК. Если в последовательности встретился У - перед тобой РНК. Остальные три основания (А, Г, Ц) общие для обеих кислот.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Нуклеотиды ДНК и РНК отличаются не только основанием, но и сахаром. В ДНК - дезоксирибоза, в РНК и в АТФ - рибоза.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Комплементарные основания соединены водородными связями, а нуклеотиды в одной цепи - прочными ковалентными (фосфодиэфирными). Не путай: вдоль цепи - ковалентные связи через сахаро-фосфатный остов, между цепями - водородные.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Макроэргических связей в АТФ две, а не три. Остатков фосфорной кислоты три, но макроэргические связи - только между ними: первый фосфат присоединён к рибозе обычной связью.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Антикодон - у тРНК, кодон - у иРНК. Антикодон комплементарен кодону. У ДНК нет ни кодонов в работе рибосомы, ни антикодонов - там триплеты.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Хромосома крупнее молекулы ДНК. Хромосома - это ДНК плюс белки-гистоны, поэтому в заданиях на «иерархию» она стоит первой, а уже за ней молекула ДНК.

ЛОВУШКА ЕГЭ

РНК не удваивается. Репликация - свойство ДНК. Все виды РНК синтезируются заново на ДНК-матрице при транскрипции.

Как писать ответ

В линии 24 дают текст с ошибками: нужно назвать номера неверных предложений и **исправить каждое**, а не просто указать на ошибку. Типичные «подмены», которые прячут в текст про нуклеиновые кислоты:

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Найдите ошибки в тексте о нуклеиновых кислотах (как устроен разбор)

1. «В состав нуклеотида РНК входит дезоксирибоза» - ошибка: в состав нуклеотида РНК входит **рибоза**.
2. «Цепи ДНК соединены пептидными связями» - ошибка: цепи ДНК соединены **водородными** связями между комплементарными основаниями.
3. «Аденин комплементарен гуанину» - ошибка: аденин комплементарен **тимину** (в РНК - урацилу), а гуанин - цитозину.
4. «В молекуле АТФ три макроэргические связи» - ошибка: макроэргических связей **две**, между остатками фосфорной кислоты.
5. «иРНК доставляет аминокислоты к рибосоме» - ошибка: аминокислоты доставляет **тРНК**, а иРНК служит матрицей для сборки белка.

В ответе: номер предложения + верная формулировка. За три исправленные ошибки - полный балл.

Проверь себя

1. Из каких трёх частей состоит нуклеотид ДНК?

Ответ: Азотистое основание (А, Т, Г или Ц), сахар дезоксирибоза и остаток фосфорной кислоты.

2. Чем нуклеотиды РНК отличаются от нуклеотидов ДНК?

Ответ: Сахар - рибоза вместо дезоксирибозы, а вместо тимина - урацил. Аденин, гуанин и цитозин общие.

3. Сколько водородных связей в парах А - Т и Г - Ц?
Ответ: А - Т - две, Г - Ц - три. Поэтому участки ДНК, богатые Г и Ц, прочнее.

4. Какая РНК доставляет аминокислоты к рибосоме и чем она узнаёт своё место на иРНК?
Ответ: тРНК. Аминокислота прикрепляется к её 3'-концу, а антикодон центральной петли по комплементарности связывается с кодоном иРНК.

5. Между какими частями молекулы АТФ находятся макроэргические связи?
Ответ: Между остатками фосфорной кислоты. Их две: при отрыве каждого концевого фосфата выделяется около 40 кДж.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ
Тестовая часть, развёрнутые задания и все задания по теме - на сайте, с проверкой и разбором: kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/stroenie-nukleinovyh-kislot

© 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.