Трансляция - биосинтез белка

Кодификатор ЕГЭ: 2.5 · Линии ЕГЭ: 3, 5-8, 24, 27 · kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/translyatsiya

КОРОТКО

- Трансляция - синтез белка на рибосоме по программе иРНК: порядок кодонов иРНК задаёт порядок аминокислот в белке.
- Генетический код триплетен: одну аминокислоту кодируют три нуклеотида. Код однозначен, вырожден (избыточен), универсален, неперекрываем и непрерывен.
- тРНК приносит аминокислоту и узнаёт кодон антикодоном - по принципу комплементарности и антипараллельности.
- Этапы трансляции: инициация (сборка рибосомы на старт-кодоне АУГ), элонгация (рост цепи по триплетам), терминация (стоп-кодон). Энергию даёт АТФ.
- Стоп-кодонам УАА, УАГ и УГА не соответствует ни одна аминокислота и ни одна тРНК - их узнаёт белок - фактор освобождения.

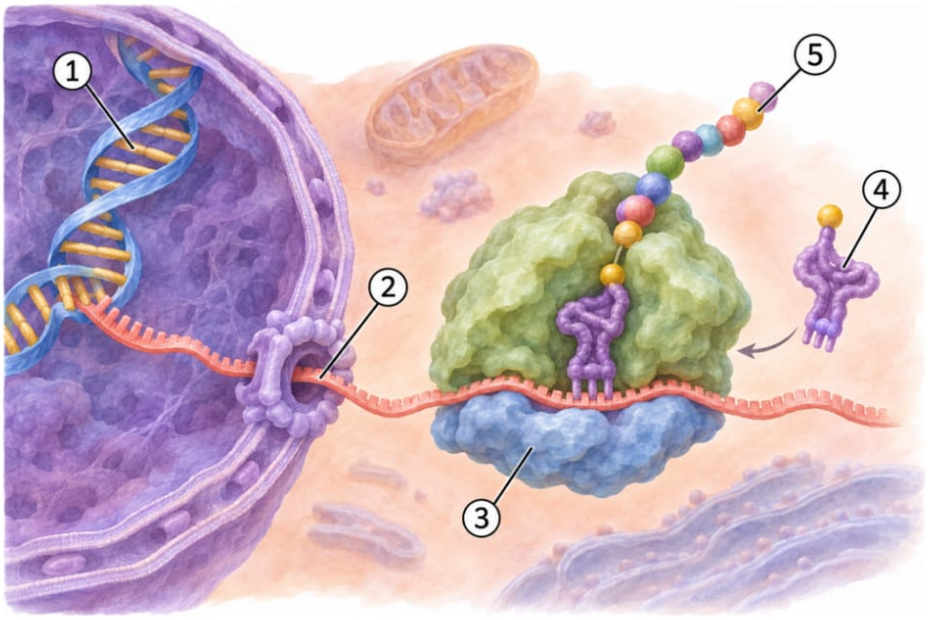
Что такое трансляция

Наследственная информация реализуется в два шага: сначала ген переписывается в иРНК (транскрипция), затем по иРНК собирается белок (трансляция). Вместе эти процессы называют биосинтезом белка.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Трансляция

Синтез белка на рибосоме: последовательность кодонов иРНК переводится в последовательность аминокислот полипептида. Это реакция матричного синтеза (матрица - иРНК), идёт в цитоплазме, относится к пластическому обмену.



1 - ДНК - хранит информацию о белке

2 - иРНК - синтезируется на ДНК (транскрипция) и выносит информацию из ядра

3 - Рибосома - движется по иРНК от 5'- к 3'-концу

4 - тРНК с аминокислотой

5 - Растущая полипептидная цепь

Биосинтез белка: транскрипция в ядре, трансляция в цитоплазме.

У эукариот иРНК сначала созревает в ядре (получает кэп на 5'-конце и поли(А)-хвост на 3'-конце) и только потом выходит через ядерную пору к рибосомам. У бактерий ядра нет, поэтому рибосомы садятся на иРНК ещё во время транскрипции.

Генетический код

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Генетический код

Система записи информации о последовательности аминокислот белка в виде последовательности нуклеотидов. Единица кода - триплет (кодон) - три стоящих подряд нуклеотида.

Свойства генетического кода:

1. **Триплетность.** Одну аминокислоту кодируют три нуклеотида. Триплет иРНК называют кодоном.
2. **Однозначность.** Один триплет кодирует только одну аминокислоту.
3. **Вырожденность (избыточность).** Одну аминокислоту могут кодировать несколько разных триплетов (всего смысловых кодонов 61, а аминокислот 20). Только метионин и триптофан закодированы единственным триплетом.
4. **Универсальность.** Код един почти для всех организмов: один и тот же триплет кодирует одну и ту же аминокислоту у бактерии, мухи и человека. На этом основана генная инженерия.
5. **Неперекрываемость.** Один нуклеотид входит в состав только одного триплета: рамка сдвигается сразу на три нуклеотида.

Конспект скачан с сайта kursteam.ru

6. **Непрерывность.** Внутри рамки считывания нет «знаков препинания»: триплеты читаются подряд, без пропусков.

Особые кодоны:

- **Старт-кодон АУГ** - с него начинается синтез; он же кодирует метионин.
- **Стоп-кодоны УАА, УАГ, УГА** - не кодируют аминокислот и завершают синтез. Их ещё называют нонсенс-кодонами.

Таблица генетического кода и как ей пользоваться

Таблица всегда составлена по иРНК: кодоны записаны от 5'- к 3'-концу. Если в задаче дана ДНК, сначала перепиши её в иРНК.

1-е основание	У	Ц	А	Г	3-е основание
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
У	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
У	Лей	Сер	стоп	стоп	А
У	Лей	Сер	стоп	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
Ц	Лей	Про	Глн	Арг	А
Ц	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
А	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
А	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
А	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
Г	Вал	Ала	Глу	Гли	А
Г	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

Как читать: у кодона 5'-ГЦУ-3' первое основание Г - выбираем четыре нижние строки, второе основание Ц - столбец «Ц», третье основание У - строка с «У» в последнем столбце. Получаем Ала (аланин). Потренироваться с таблицей можно в тренажёре «Трансляция».

ЗАПОМНИ

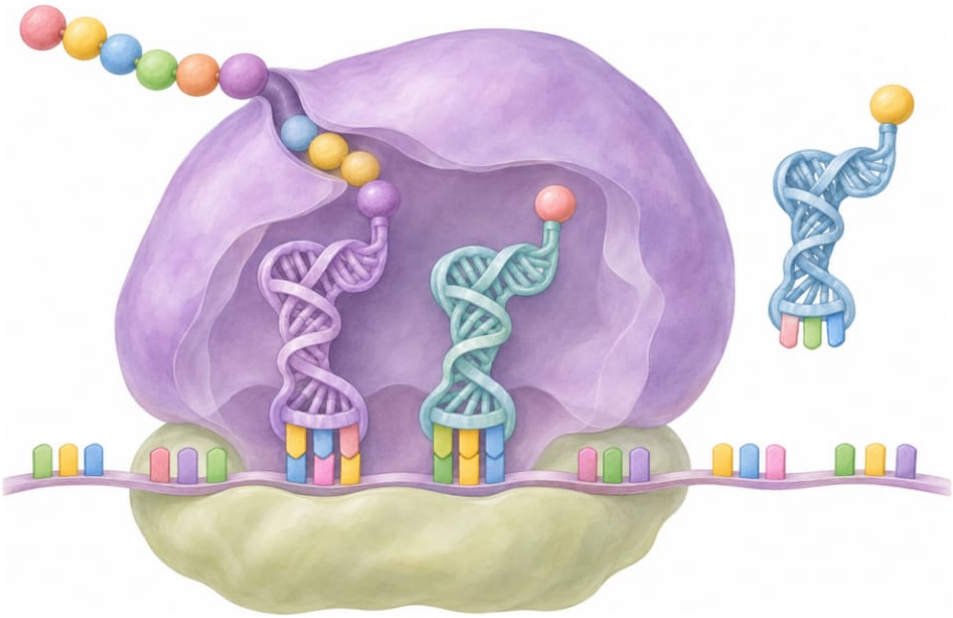
Смысловая (кодирующая) цепь ДНК совпадает с иРНК (только вместо урацила - тимин), а строится иРНК на матричной (транскрибируемой) цепи. Запись из задачи:

смысловая цепь: 5'-АТГГЦА-3'
матричная цепь: 3'-ТАЦЦГТ-5'
иРНК: 5'-АУГГЦА-3'

Что нужно для синтеза белка

Условия биосинтеза белка - классический вопрос ЕГЭ. Нужны:

- **иРНК** - матрица с программой;
- **аминокислоты** - строительный материал;
- **тРНК** - переносчики аминокислот;
- **рибосомы** - место сборки белка;
- **АТФ** - источник энергии;
- **ферменты** (например, фермент, присоединяющий аминокислоту к тРНК).



Трансляция: рибосома движется по иРНК, тРНК приносят аминокислоты, цепочка белка растёт.

тРНК - переносчик аминокислот

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Транспортная РНК (тРНК)

Самая короткая РНК (около 80 нуклеотидов). За счёт комплементарных участков цепь складывается в форму клеверного листа с тремя петлями. В центральной петле находится антикодон - триплет, комплементарный кодону иРНК. К 3'-концу (триплет ЦЦА) с затратой АТФ присоединяется «своя» аминокислота.

Как и все виды РНК, тРНК синтезируется на ДНК - на матричной цепи гена. Для каждой аминокислоты есть своя тРНК (а часто несколько - по числу кодонов этой аминокислоты).

ЗАПОМНИ

Антикодон соединяется с кодоном по двум принципам сразу: **комплементарность** (А-У, Г-Ц) и **антипараллельность** - напротив 5'-конца кодона стоит 3'-конец антикодона. Кодону 5'-АУГ-3' соответствует антикодон 3'-УАЦ-5'.

Рибосома - машина сборки

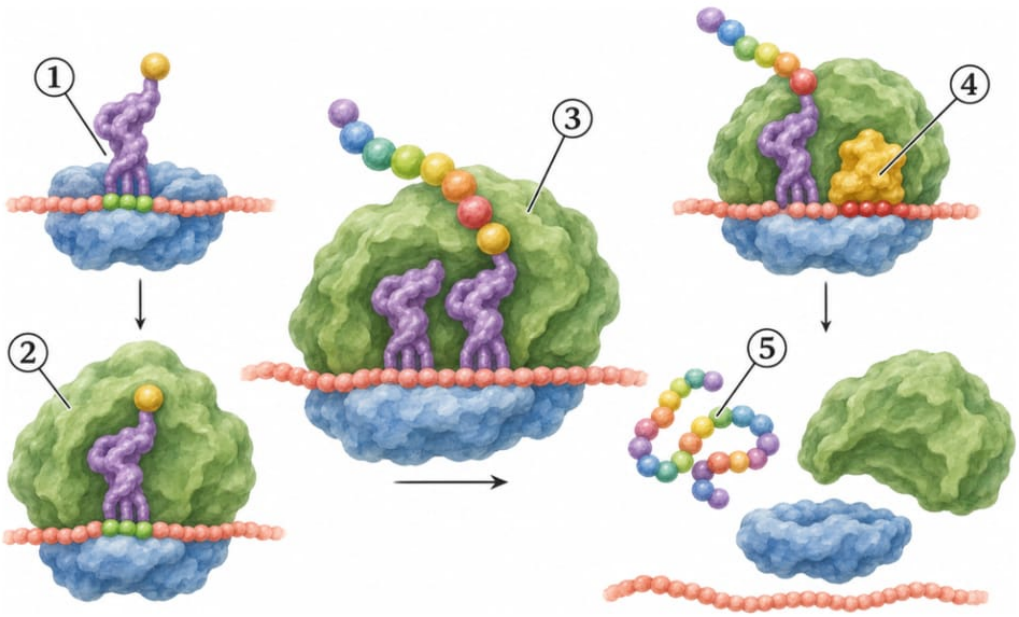
Рибосома состоит из **двух субъединиц** - большой и малой; каждая построена из рРНК и белков. Субъединицы объединяются только на время синтеза - на иРНК. В собранной рибосоме два центра:

- **П-центр (пептидильный)** - здесь стоит тРНК с растущей цепью;
- **А-центр (аминоацильный)** - сюда входит тРНК со следующей аминокислотой.

Пептидную связь между аминокислотами образует фермент большой субъединицы.

Этапы трансляции

Все три этапа - на одном рисунке, дальше - каждый по шагам.



1 - Инициация: малая субъединица нашла старт-кодон АУГ, на нём - тРНК с метионином
2 - Большая субъединица присоединяется - рибосома собрана
3 - Элонгация: тРНК приносят аминокислоты, растёт цепь, рибосома сдвигается на триплет к 3'-концу
4 - Фактор освобождения (белок) узнаёт стоп-кодон
5 - Терминация: белок отделяется, субъединицы расходятся

Трансляция по этапам: инициация, элонгация, терминация.

Инициация - начало

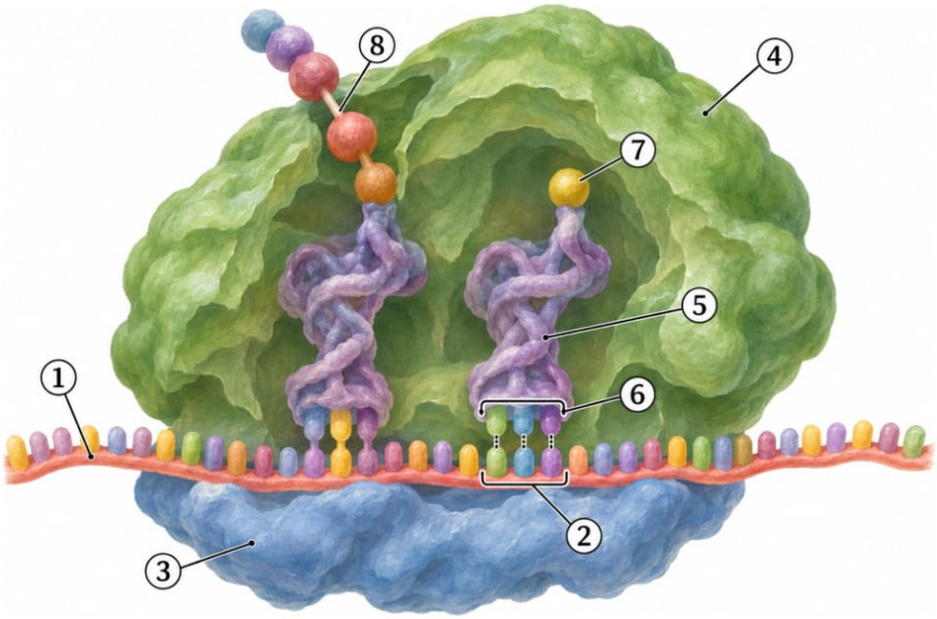
1. Зрелая иРНК выходит из ядра через ядерную пору в цитоплазму.
2. **Малая субъединица** рибосомы присоединяется к 5'-концу иРНК (там кэп) и движется по ней, пока не найдёт **старт-кодон АУГ**.
3. К старт-кодону комплементарно присоединяется **инициаторная тРНК с метионином** (антикодон 3'-УАЦ-5').
4. Присоединяется **большая субъединица** - рибосома собрана. тРНК с метионином оказывается в П-центре, А-центр свободен.

Элонгация - рост цепи

Дальше на каждый триплет повторяются три шага:

1. В А-центр входит тРНК, антикодон которой комплементарен очередному кодону, - она приносит свою аминокислоту.
2. Образуется **пептидная связь**: цепь переходит на тРНК в А-центре.
3. Рибосома сдвигается ровно на **один триплет** к 3'-концу. тРНК с цепью оказывается в П-центре, а освободившаяся тРНК уходит в цитоплазму за новой аминокислотой - её можно использовать снова.

Так цепь удлиняется на одну аминокислоту за каждый кодон. Энергию для работы рибосомы и присоединения аминокислот к тРНК даёт **АТФ**.



1 - иРНК (читается от 5'- к 3'-концу)
2 - Кодон - триплет иРНК
3 - Малая субъединица рибосомы
4 - Большая субъединица рибосомы
5 - тРНК
6 - Антикодон (3'-УАЦ-5' напротив кодона 5'-АУГ-3')
7 - Аминокислота
8 - Пептидная связь

Элонгация: в рибосоме две тРНК, между их аминокислотами возникает пептидная связь.

Терминация - окончание

Когда в А-центр входит **стоп-кодон** (УАА, УАГ или УГА), ни одна тРНК к нему не подходит. Стоп-кодон узнаёт белок - **фактор освобождения**: связь между последней тРНК и цепью гидролизуется, белок освобождается, субъединицы рибосомы расходятся и могут начать новый синтез. Готовый полипептид сворачивается - приобретает вторичную и третичную структуры.

Одну иРНК одновременно читают несколько рибосом - такой комплекс называют **полисомой**. Чем ближе рибосома к 3'-концу, тем раньше она начала синтез и тем длиннее её цепь.

Транскрипция и трансляция: сравнение

	Транскрипция	**Трансляция**
Что синтезируется	РНК (из нуклеотидов, включается урацил)	белок (из аминокислот)
Матрица	матричная цепь ДНК	иРНК
Кто ведёт синтез	фермент РНК-полимераза	рибосома
Где идёт	в ядре (у эукариот)	в цитоплазме, на рибосомах
Какие связи образуются	между нуклеотидами	пептидные - между аминокислотами
Узнавание	комплементарность нуклеотидов ДНК и РНК	кодон иРНК + антикодон тРНК

Как это спрашивают на ЕГЭ

- **Линия 3 - расчётные задачи.** Правила простые: 1 аминокислота = 1 кодон = 3 нуклеотида иРНК = 3 нуклеотида одной цепи ДНК; число тРНК = числу аминокислот. Примеры: белок из 30 аминокислот закодирован 90 нуклеотидами иРНК; участок одной цепи ДНК из 150 нуклеотидов кодирует 50 аминокислот; если на иРНК 24 кодона, аминокислоты принесли 24 тРНК. Если в условии дано число нуклеотидов в двух цепях ДНК (во фрагменте целиком), сначала раздели его на 2.
- **Линии 5 и 6 - рисунок биосинтеза.** Нужно узнать участников: молекула, с которой идёт транскрипция, - ДНК; матрица для белка, носитель кодонов - иРНК; переносит аминокислоты, имеет три петли и антикодон - тРНК; состоит из двух субъединиц и образует пептидные связи - рибосома. Экзоны и интроны есть у незрелой иРНК эукариот; дезоксирибоза, две цепи и ДНК-полимераза (репликация) - признаки ДНК.
- **Линия 6 - транскрипция против трансляции.** Используй таблицу сравнения выше: РНК-полимераза и включение урацила - транскрипция; рибосома, пептидные связи, кодон с антикодоном - трансляция.
- **Линия 7 - выбор понятий.** Биосинтез белка описывают: рибосома, полисома, кодон, антикодон, тРНК, пептидная связь, полипептидная цепь. Не описывают: репликация, клеточный центр, полисахарид.
- **Линия 8 - последовательность процессов.** Полный порядок биосинтеза: разрыв водородных связей между цепями ДНК → синтез иРНК по принципу комплементарности (РНК-полимераза) → созревание и выход иРНК из ядра → соединение иРНК с рибосомой → инициация (рибосома соединяется с иРНК и с антикодоном тРНК, несущей метионин) → тРНК приносит вторую аминокислоту → пептидная связь → связывание стоп-кодона с активным центром рибосомы → расхождение субъединиц → образование третичной структуры белка.

- **Линии 24 и 27.** Найти ошибки в тексте о биосинтезе (см. «Ловушки») и решить задачу на биосинтез белка (см. «Как писать ответ»).

Ловушки

ЛОВУШКА ЕГЭ

Антикодон не копирует кодон. Он комплементарен и антипараллелен ему: напротив А стоит У, напротив Г - Ц, а 3'-конец антикодона - напротив 5'-конца кодона. Кодону 5'-АУГ-3' соответствует антикодон 3'-УАЦ-5', а не АУГ.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Вырожденность работает только в одну сторону. Несколько кодонов могут кодировать одну аминокислоту, но один кодон никогда не кодирует разные аминокислоты (это уже однозначность). Из-за вырожденности замена нуклеотида не всегда меняет белок.

ЛОВУШКА ЕГЭ

тРНК синтезируется на ДНК. Все виды РНК - продукты транскрипции. В задачах участок тРНК списывают с матричной цепи гена точно так же, как иРНК.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Стоп-кодонам не соответствует ни аминокислота, ни тРНК. Их узнаёт белок - фактор освобождения. Поэтому аминокислот в белке всегда на одну меньше, чем триплетов в рамке со стоп-кодоном.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Без направления цепи ответ не засчитают. иРНК читается рибосомой от 5'- к 3'-концу, таблица кода составлена для записи 5'→3'. В каждой последовательности нуклеиновой кислоты помечай концы 5' и 3'.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Источник энергии трансляции - АТФ. Энергия тратится на присоединение аминокислот к тРНК и на работу рибосомы.

ЛОВУШКА ЕГЭ

иРНК совпадает со смысловой цепью ДНК, а строится на матричной. Если переписать иРНК с матричной цепи комплементарно, получится та же последовательность, что у смысловой цепи, только с У вместо Т.

Как писать ответ

В задаче 27 на биосинтез белка эксперт ждёт конкретные элементы: последовательности с указанием направлений 5' и 3', найденные старт- и стоп-кодоны, обоснование выбора рамки и итоговый полипептид. Любая последовательность без меток 5' и 3' - потерянный элемент.

Алгоритм задачи «фрагмент ДНК → белок»:

1. **Запиши иРНК.** Она строится на матричной (транскрибируемой) цепи и совпадает со смысловой цепью, только Т заменяется на У. Направление - 5'→3'.
2. **Найди все стоп-кодоны** УАА, УАГ, УГА во всех трёх положениях рамки и отметь, с какого нуклеотида каждый начинается.
3. **Выбери рамку по условию.** Фрагмент конца гена обязан заканчиваться стоп-кодоном; если сказано, что полипептид длиннее четырёх аминокислот, отбрось стоп-кодоны, которые дают фрагмент короче. Если два стоп-кодона стоят в одной рамке, синтез закончится на первом из них. Если дана полная рамка считывания, она начинается со старт-кодона АУГ и заканчивается стоп-кодоном в той же рамке - по этому признаку определяют матричную цепь ДНК (проверь обе цепи).
4. **Переведи кодоны в аминокислоты** по таблице генетического кода.
5. **Если в задаче мутация или замена тРНК** - определи новый кодон и сравни аминокислоты по таблице: из-за вырожденности кода белок может не измениться.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Разбор своей задачи: фрагмент конца гена, нижняя цепь матричная

Условие. Фрагмент конца гена имеет последовательность (нижняя цепь - матричная): 5'-ГТЦТЦГЦЦТГАЦТГГТТАА-3' и 3'-ЦАГАГЦГГАЦТГАЦЦААТТ-5'. Конечная часть полипептида длиннее четырёх аминокислот. Определи рамку считывания и фрагмент полипептида.

Элементы ответа:

1. Последовательность иРНК: 5'-ГУЦУЦГЦЦУГАЦУГГУУАА-3' (списана с матричной цепи, совпадает с верхней цепью, У вместо Т).
2. Стоп-кодоны: в иРНК два стоп-кодона - 5'-УГА-3' (с 9-го нуклеотида) и 5'-УАА-3' (с 17-го).
3. Синтез заканчивается на втором стоп-кодоне (УАА).
4. Обоснование: при завершении синтеза на первом стоп-кодоне фрагмент полипептида содержит две аминокислоты - меньше четырёх.
5. Фрагмент открытой рамки считывания: 5'-(Г)УЦУЦГЦЦУГАЦУГГУУАА-3'.
6. Последовательность полипептида: сер - арг - лей - тре - гли.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Задача: участок тРНК синтезируется на ДНК

1. Запиши последовательность тРНК по матричной цепи ДНК комплементарно и антипараллельно (с направлениями 5' и 3').
2. Выдели антикодон так, как сказано в условии (например, третий триплет или середина центральной петли).
3. Определи кодон иРНК: он комплементарен и антипараллелен антикодону.
4. Найди аминокислоту по таблице - обязательно по кодону иРНК, а не по антикодону.

Если в условии палиндром и шпилька: найди комплементарные участки в начале и конце фрагмента (они антипараллельно спариваются), нарисуй шпильку - спаренный стебель и петлю; антикодон - три нуклеотида в петле, равноудалённые от концов палиндрома. Дальше - кодон и аминокислота, как обычно.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Задача: даны антикодоны тРНК по порядку

1. Запиши кодоны иРНК: каждый комплементарен и антипараллелен своему антикодону. Следи за направлением: если антикодоны даны от 5'-конца, кодон записывается «задом наперёд» (антикодону 5'-УАУ-3' соответствует кодон 5'-АУА-3').
2. Если нужна ДНК: смысловая цепь совпадает с иРНК (У заменяется на Т), матричная - комплементарна и антипараллельна ей. Запиши обе цепи с направлениями и укажи, какая матричная, - без этого элемент не засчитывают.
3. Переведи кодоны иРНК в аминокислоты по таблице.
4. При замене одной тРНК на другую определи кодон нового антикодона и сравни аминокислоты: если кодоны кодируют одну аминокислоту (вырожденность кода), белок не изменится.

Проверь себя

1. Почему трансляцию относят к реакциям матричного синтеза?

Ответ: Новая молекула (белок) строится по готовому образцу - матрице: порядок аминокислот напрямую задан порядком кодонов иРНК.

2. Какой триплет начинает синтез белка и какая аминокислота ему соответствует?

Ответ: Старт-кодон АУГ. Его узнаёт инициаторная тРНК, которая несёт метионин.

3. Фрагмент белка содержит 30 аминокислот. Сколько нуклеотидов в кодирующем его участке иРНК и сколько тРНК доставляли аминокислоты?

Ответ: 90 нуклеотидов (30 × 3) и 30 тРНК - каждая тРНК приносит одну аминокислоту.

4. Кодон иРНК - 5'-ГУЦ-3'. Какой антикодон у тРНК, которая его узнаёт?

Ответ: 3'-ЦАГ-5': антикодон комплементарен кодону и антипараллелен ему. В записи от 5'-конца тот же антикодон - 5'-ГАЦ-3'.

5. Что происходит, когда в А-центр рибосомы попадает стоп-кодон?

Ответ: тРНК к стоп-кодону нет. Его узнаёт белок - фактор освобождения: связь белка с последней тРНК гидролизуется, белок освобождается, субъединицы рибосомы расходятся.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ

Тестовая часть, развёрнутые задания и все задания по теме - на сайте, с проверкой и разбором: kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/translyatsiya

© 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.