

## Молекулярные основы наследственности

**ЗАДАНИЕ 1. Ознакомьтесь с понятиями нуклеиновые кислоты, ДНК, РНК, нуклеотиды, принцип комплементарности, видовая специфичность молекулы ДНК, репликация, единица наследственности, биосинтез белка, ген, генетический код**

Установление молекулярной структуры нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), изучение их роли в передаче наследственных свойств, установление принципиальной схемы биосинтеза белка и его регуляции позволяет анализировать наследственность на молекулярном уровне.

**Хромосома** представляет собой нуклеопротеидную структуру – дезоксирибонуклеопротеид (ДНП), в состав которой входит дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), основные белки-гистоны, негистоновые белки и небольшое количество рибонуклеиновой кислоты (РНК).

Наследственность всех организмов обуславливается функциями нуклеиновых кислот. **Нуклеиновые кислоты** – сложные нерегулярные биополимеры, состоящие из более простых соединений – **нуклеотидов**.

Каждый нуклеотид в свою очередь состоит из трех компонентов:

- пятиатомного сахара дезоксирибозы у молекулы ДНК и рибозы у молекулы РНК,
- остатка фосфорной кислоты,
- азотистого основания.

В молекуле ДНК содержатся азотистые основания аденин, гуанин, цитозин и тимин, а в молекуле РНК – аденин, гуанин, цитозин и урацил. Поскольку специфичность каждого нуклеотида определяется азотистым основанием, то нуклеотиды принято называть начальными буквами, входящими в состав оснований – А, Г, Ц, Т, У.

Молекулярная масса одного нуклеотида в среднем равна 330, одной полинуклеотидной цепочки ДНК – 100 млн. углеродных единиц. Отсюда легко установить количество нуклеотидов в молекуле ДНК.

Характерной особенностью нуклеиновых кислот, обеспечивающих реакции матричного синтеза, является **принцип комплементарности** при построении двойной спирали молекулы ДНК в процессах редупликации, синтеза и-РНК (транскрипция), построения полипептидной цепочки на основании взаимодействия кодонов и антикодонов (трансляция).

По принципу комплементарности аденин соединяется с тиминем двойной водородной связью (А=Т), гуанин с цитозином – тройной (Г≡Ц). Этот принцип базируется на физико-химических ограничениях: пуриновые основания (аденин и гуанин) имеют длину углеродного кольца 12 Å, пиримидиновые (тимин и цитозин) – 8 Å. Таким образом, принцип комплементарности обеспечивает постоянный диаметр двойной спирали ДНК 20 Å и дает возможность по одной полинуклеотидной цепочке ДНК достраивать другую.

**Видовая специфичность молекулы ДНК** обуславливается числом нуклеотидов и порядком их чередования в данной молекуле. Видовую специфичность молекулы ДНК определяют по коэффициенту специфичности, по соотношению оснований (формула 1).

$$КС = \frac{А + Т}{Г + Ц}, \quad (1)$$

где А – количество адениновых нуклеотидов;

Т – количество тиминового нуклеотида;

Г – количество гуаниновых нуклеотидов;

Ц – количество цитозиновых нуклеотидов.

Пространственную модель молекулы ДНК установили в 1953 г. Уотсон и Крик (рис. 1): молекула ДНК состоит из двух комплементарных цепочек нуклеотидов, имеет вид праввинтовой спирали диаметром около 2 нм (20 Å); азотистые основания ориентированы к центру спирали, расстояние между нуклеотидами равно 0,34 нм (3,4 Å).

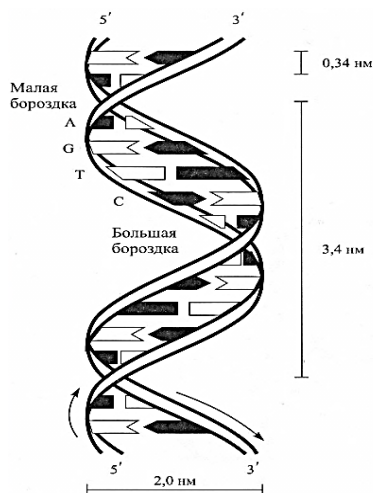


Рис. 1. Строение молекулы ДНК.

Одним из важнейших свойств молекулы ДНК является ее способность к самовоспроизведению (репликации). **Репликация** – процесс самоудвоения ДНК, в котором роль матрицы играет сама молекула ДНК.

Реализация наследственной информации, закодированной в молекуле ДНК, осуществляется на всех этапах жизнедеятельности клетки в процессе **синтеза белка – биосинтеза**. Образующиеся при биосинтезе белка полипептидные цепи определяют признаки клетки и организма в целом, формируя белковые структуры или управляя процессами метаболизма в качестве ферментов.

В современном понимании **единица наследственности** – генфункциональная единица ДНК, содержащая информацию для синтеза полипептида или р-РНК, или т-РНК. Средняя длина гена около 1000 пар нуклеотидов, последовательность которых в каждом гене уникальна.

Процесс реализации наследственной информации в биосинтезе осуществляется с участием трех видов РНК:

- информационной (и-РНК);
- транспортной (т-РНК);
- рибосомальной (р-РНК).

Процесс биосинтеза белка сложный и состоит из нескольких этапов:

Первый этап – транскрипция. **Транскрипция** – перенос (переписывание) информации о нуклеотидном строении с ДНК на РНК.

Второй этап осуществляется в цитоплазме при участии транспортных т-РНК.

Третий этап – трансляция (перенесение, передача). **Трансляция** – синтез полипептидной цепи на рибосоме.

Следовательно, ДНК, входя в состав ядра клетки и благодаря свойству самоудвоения молекул, сохраняет свое количественное постоянство при делении клеток, определяет структуру и регулирует синтез образующихся в клетке белков. Но молекулы ДНК не являются непосредственно матрицами в самом процессе синтеза белка. Сначала происходит перенос генетической информации о нуклеотидном строении ДНК на РНК. Затем последняя сама становится матрицей и в соответствии с информацией, полученной от ДНК, определяет последовательность соединения аминокислот в белковой молекуле (рис. 2).

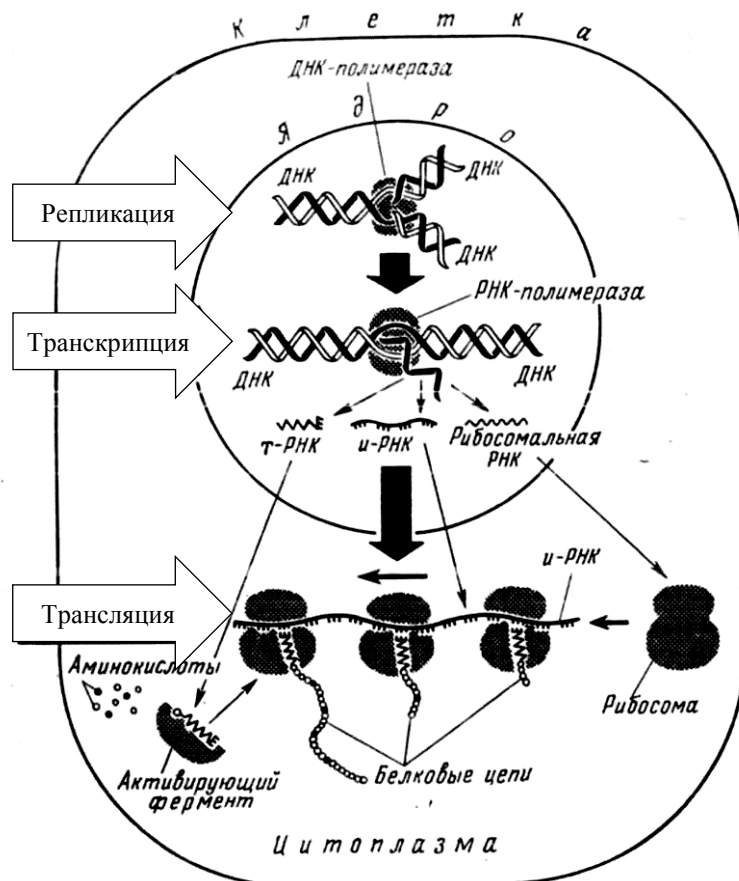


Рис. 2. Схема процессов репликации, транскрипции и трансляции в клетке.

Молекула и-РНК обычно работает сразу на нескольких (5–20) рибосомах, соединенных в полисомы. Последовательность аминокислот в полипептидной цепи определяется последовательностью кодонов в и-РНК.

Таким образом, первичная структура белковой молекулы – полипептидная цепочка – кодируется ДНК и синтезируется на рибосоме информационной и-РНК. Она не зависит ни от строения рибосомы, ни от т-РНК.

**Ген** – это участок большой самовоспроизводящейся молекулы ДНК, контролирующей последовательность аминокислот в одной полипептидной цепи белковой молекулы.

М. Ниренберг, Дж. Маттеи, а затем С. Очоа и другие ученые к 1962 г. полностью расшифровали **генетический код**, установив для всех 20 аминокислот, входящих в белковые молекулы, состав нуклеиновых триплетов – кодонов, определяющих в процессе трансляции последовательность аминокислот в данной полипептидной цепи (табл. 1 и 2).

Таблица 1. Последовательность нуклеотидов в кодонах и-РНК для разных аминокислот.

|                             |          | Второе положение нуклеотида |                     |                                |                       |          |
|-----------------------------|----------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|----------|
|                             |          | <b>У</b>                    | <b>Ц</b>            | <b>А</b>                       | <b>Г</b>              |          |
| Первое положение нуклеотида | <b>У</b> | УУУ – Фенилаланин (фен)     | УЦУ – Серин (сер)   | УАУ – Тирозин (тир)            | УГУ – Цистеин (цис)   | <b>У</b> |
|                             |          | УУЦ – Фенилаланин (фен)     | УЦЦ – Серин (сер)   | УАЦ – Тирозин (тир)            | УГЦ – Цистеин (цис)   | <b>Ц</b> |
|                             |          | УУА – Лейцин (лей)          | УЦА – Серин (сер)   | УАА – Охра                     | УГА – Опал            | <b>А</b> |
|                             |          | УУГ – Лейцин (лей)          | УЦГ – Серин (сер)   | УАГ – Амбер                    | УГГ – Триптофан (три) | <b>Г</b> |
|                             | <b>Ц</b> | ЦУУ – Лейцин (лей)          | ЦЦУ – Пролин (про)  | ЦАУ – Гистидин (гис)           | ЦГУ – Аргинин (арг)   | <b>У</b> |
|                             |          | ЦУЦ – Лейцин (лей)          | ЦЦЦ – Пролин (про)  | ЦАЦ – Гистидин (гис)           | ЦГЦ – Аргинин (арг)   | <b>Ц</b> |
|                             |          | ЦУА – Лейцин (лей)          | ЦЦА – Пролин (про)  | ЦАА – Глутамин (глун)          | ЦГА – Аргинин (арг)   | <b>А</b> |
|                             |          | ЦУГ – Лейцин (лей)          | ЦЦГ – Пролин (про)  | ЦАГ – Глутамин (глун)          | ЦГГ – Аргинин (арг)   | <b>Г</b> |
|                             | <b>А</b> | АУУ – Изолейцин (илей)      | АЦУ – Треонин (тре) | ААУ – Аспарагин (аспн)         | АГУ – Серин (сер)     | <b>У</b> |
|                             |          | АУЦ – Изолейцин (илей)      | АЦЦ – Треонин (тре) | ААЦ – Аспарагин (аспн)         | АГЦ – Серин (сер)     | <b>Ц</b> |
|                             |          | АУА – Метионин (мет)        | АЦА – Треонин (тре) | ААА – Лизин (лиз)              | АГА – Аргинин (арг)   | <b>А</b> |
|                             |          | АУГ – Метионин (мет)        | АЦГ – Треонин (тре) | ААГ – Лизин (лиз)              | АГГ – Аргинин (арг)   | <b>Г</b> |
|                             | <b>Г</b> | ГУУ – Валин (вал)           | ГЦУ – Аланин (ала)  | ГАУ – Аспарагиновая к-та (асп) | ГГУ – Глицин (гли)    | <b>У</b> |
|                             |          | ГУЦ – Валин (вал)           | ГЦЦ – Аланин (ала)  | ГАЦ – Аспарагиновая к-та (асп) | ГГЦ – Глицин (гли)    | <b>Ц</b> |
|                             |          | ГУА – Валин (вал)           | ГЦА – Аланин (ала)  | ГАА – Глутаминовая к-та (глу)  | ГГА – Глицин (гли)    | <b>А</b> |
|                             |          | ГУГ – Валин (вал)           | ГЦГ – Аланин (ала)  | ГАГ – Глутаминовая к-та (глу)  | ГГГ – Глицин (гли)    | <b>Г</b> |

Третье положение нуклеотида

**Таблица 2. Последовательность нуклеотидов в кодонах и-РНК  
для разных аминокислот.**

| №<br>п/п | Аминокислота                | Кодоны |     |     |     |     |     |
|----------|-----------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
|          |                             | 1      | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| 1        | Фенилаланин (фен)           | УУУ    | УУЦ |     |     |     |     |
| 2        | Лейцин (лей)                | УУА    | УУГ | ЦУУ | ЦУЦ | ЦУА | ЦУГ |
| 3        | Изолейцин (илей)            | АУУ    | АУЦ | АУА |     |     |     |
| 4        | Метионин (мет)              | АУГ    |     |     |     |     |     |
| 5        | Валин (вал)                 | ГУУ    | ГУЦ | ГУА | ГУГ |     |     |
| 6        | Серин (сер)                 | УЦУ    | УЦЦ | УЦА | УЦГ |     |     |
| 7        | Пролин (про)                | ЦЦУ    | ЦЦЦ | ЦЦА | ЦЦГ |     |     |
| 8        | Треонин (тре)               | АЦУ    | АЦЦ | АЦА | АЦГ |     |     |
| 9        | Аланин (ала)                | ГЦУ    | ГЦЦ | ГЦА | ГЦГ |     |     |
| 10       | Тирозин (тир)               | УАУ    | УАЦ |     |     |     |     |
| 11       | Гистидин (гис)              | ЦАУ    | ЦАЦ |     |     |     |     |
| 12       | Аспарагиновая кислота (асп) | ГАУ    | ГАЦ |     |     |     |     |
| 13       | Лизин (лиз)                 | ААА    | ААГ |     |     |     |     |
| 14       | Глутамин (глун)             | ЦАА    | ЦАГ |     |     |     |     |
| 15       | Цистеин (цис)               | УГУ    | УГЦ |     |     |     |     |
| 16       | Триптофан (три)             | УГГ    |     |     |     |     |     |
| 17       | Аргинин (арг)               | ЦГУ    | ЦГЦ | ЦГА | АГА | ЦГГ | АГГ |
| 18       | Аспарагин (аспн)            | ААУ    | ААЦ |     |     |     |     |
| 19       | Глутаминовая кислота (глу)  | ГАА    | ГАГ |     |     |     |     |
| 20       | Глицин (гли)                | ГГУ    | ГГЦ | ГГА | ГГГ |     |     |
| 21       | Охра                        | УАА    |     |     |     |     |     |
| 22       | Амбер                       | УАГ    |     |     |     |     |     |
| 23       | Опал                        | УГА    |     |     |     |     |     |
| 24       | Инициатор синтеза           | АУГ    |     |     |     |     |     |

В процессе изучения биосинтеза были установлены основные свойства генетического кода:

1. Код универсален для всех живых организмов.
2. Код триплетен.
3. Код вырожденный.
4. Код непрерывающийся.
5. Кодон АУГ, находящийся на конце 5' молекулы и-РНК, является инициатором синтеза полипептидной цепочки.
6. Кодоны УАГ (амбер), УАА (охра) и УГА (опал) являются терминаторами синтеза.

Таким образом, в каждой клетке в молекулах ДНК закодирована вся генетическая информация, которая может быть реализована в онтогенезе через синтез белка в виде морфологических признаков, физиологических и биохимических процессов.

Зная структуру белка, можно расшифровать строение молекулы ДНК и, наоборот, зная изменения в молекуле ДНК, можно предусмотреть соответствующие изменения в структуре белка.





Длина фрагмента молекулы ДНК составляет 9,18 нм (27 нуклеотидов · расстояние между двумя нуклеотидами 0,34 нм).

4. Пользуясь принципом комплементарности, по кодонам и-РНК выписываем антикодоны всех т-РНК, принимавших участие в синтезе:

т-РНК: ГУУ, ЦЦА, ЦУА, ЦАА, АУА, ЦАА, ГГА, ЦАА, ГУА.

5. Определяем коэффициент специфичности для фрагмента ДНК.

Коэффициент специфичности, рассчитанный по формуле 1, для данной молекулы составит 1,6:

$$КС = \frac{17 + 17}{10 + 10} = 1,7.$$

### ЗАДАНИЕ 3. Конкретизируйте понятия кодон, антикодон, нуклеотидные цепочки ДНК

**Кодон** (триплет) – единица генетического кода в молекуле ДНК или информационной РНК (и-РНК). В и-РНК он состоит из трех оснований (отсюда название «триплет»), характеризующих определенную аминокислоту как часть полипептидной цепи, из которой образуется белок. Некоторые кодоны несут программу действий (например, «запуска» или «остановки»), связанных с построением белка

**Антикодон** – участок транспортной РНК (т-РНК), состоящий из трех нуклеотидов. Специфически связывается с кодоном (тройкой нуклеотидов) информационной РНК, что обеспечивает правильную расстановку каждой аминокислоты в полипептидной цепи при биосинтезе белка (трансляции).

**Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)** – макромолекула, обеспечивающая хранение, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития и функционирования живых организмов. Основная роль ДНК в клетках – долговременное хранение информации о структуре РНК и белков.

С химической точки зрения ДНК – это длинная полимерная молекула, состоящая из повторяющихся блоков – нуклеотидов. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, сахара (дезоксирибозы) и фосфатной группы. Связи между нуклеотидами в цепи образуются за счёт дезоксирибозы и фосфатной группы. В подавляющем большинстве случаев макромолекула ДНК состоит из двух цепей, ориентированных азотистыми основаниями друг к другу. Эта двухцепочечная молекула спирализована. В целом структура молекулы ДНК получила название «двойной спирали». Имея участок одной из цепочек молекулы ДНК, можно по принципу комплементарности определить последовательность нуклеотидов соответствующего участка второй цепочки той же молекулы ДНК.

### МАТЕРИАЛ

1. Таблица генетического кода, схемы редупликации ДНК, транскрипции и-РНК и биосинтеза белка.
2. Карточки с индивидуальными заданиями.
3. Тестовые задания по теме.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Расскажите о пространственной модели молекулы ДНК, предложенной Дж. Уотсоном и Ф. Криком.
2. Что такое правило Чаргаффа?
3. Как проходит репликация молекулы ДНК?
4. Расскажите о строении молекулы РНК и ее отличиях от молекулы ДНК.
5. Назовите типы РНК.
6. Что такое транскрипция?
7. Что такое трансляция?
8. Расскажите о синтезе белка в клетке.
9. Что такое генетический код наследственности?
10. Назовите свойства генетического кода.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет такое чередование нуклеотидов: 5' Ц-А-Ц-Г-Т-Ц-Ц-Т-А-А-Ц-Ц-Т-Т-Т-Т-Г-А-Ц-Г-А-А-Ц-А-Ц-Г-А-Т-Г-А-Т-Г-А-А-Ц-Т- ... 3'.

1. Постройте комплементарную цепочку данной молекулы ДНК. Сколько нуклеотидов, содержащих аденин, в ней будет?
2. Постройте и-РНК на данной цепочке ДНК. Сколько нуклеотидов, содержащих урацил, в ней будет?
3. Постройте полипептидную цепь. Сколько молекул триптофана в ней может содержаться?
4. Выпишите все т-РНК, участвующие в данном биосинтезе. Сколько разных типов т-РНК принимает в нем участие?
5. Сколько всего аминокислот в данном белке?

2. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет такое чередование нуклеотидов: 5' Т-А-Ц-Ц-Т-А-А-А-А-Г-Ц-А-Ц-Т-Т-А-Ц-А-Ц-Т-Т-Т-Т-Т-Т-А-А-А-Ц-А-Т-А-Г-А-Ц-А-А-Т-Т- ... 3'.

1. Постройте комплементарную цепочку молекулы ДНК. Сколько нуклеотидов, содержащих аденин, в ней будет?
2. Постройте по данной цепочке ДНК молекулу и-РНК. Сколько нуклеотидов, содержащих цитозин, в ней будет?
3. Постройте участок полипептидной цепи, кодируемый данной ДНК. Сколько разных аминокислот он будет содержать?
4. Какие и сколько разных типов т-РНК будет участвовать в синтезе данной цепи полипептида?
5. Сколько всего аминокислот в данном белке?

3. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет такое чередование нуклеотидов: 5' Ц-А-Ц-Ц-Г-А-Ц-Ц-А-Ц-Т-Т-Г-Т-А-Ц-Т-А-Т-Т-Т-Г-Г-А-А-Г-А-Т-Т-Т-А-А-А-А-Т-Т- ... 3'.

1. Постройте комплементарную цепочку данной молекулы ДНК. Сколько нуклеотидов тимина она будет содержать?

2. Постройте на данной цепочке ДНК молекулу и-РНК. Сколько нуклеотидов аденина она будет содержать?

3. Постройте полипептидную цепь, которая может транслироваться на полученной и-РНК. Сколько молекул аминокислоты тирозина она будет содержать?

4. Выпишите т-РНК, участвующие в трансляции. Сколько разных типов т-РНК участвуют в этом процессе?

5. Сколько всего аминокислот в данном белке?

4. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет такую последовательность нуклеотидов: 5' Т-А-Ц-А-Т-А-А-Ц-Ц-А-Ц-А-Ц-Т-А-Т-Т-Т-Ц-Т-Т-Г-Т-Т-Ц-Т-Т-А-А-А-Г-Г-А-Ц-Т-Т-А-Т-Ц- ... 3'.

1. Постройте комплементарную цепочку молекулы ДНК. Сколько нуклеотидов гуанина она будет содержать?

2. Сколько нуклеотидов урацила будет содержать и-РНК, полученная на данном участке ДНК в процессе транскрипции?

3. Постройте полипептидную цепь, кодируемую данной цепочкой ДНК. Сколько молекул аминокислоты глутамина она будет содержать?

4. Сколько разных аминокислот содержит белковая молекула?

5. Сколько разных типов и-РНК должны участвовать в процессе трансляции.

5. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет такое чередование нуклеотидов: 5' Ц-А-Ц-Г-Г-А-А-Ц-Ц-Ц-Т-Т-Т-Т-Ц-Т-А-Ц-Г-А-Ц-Т-А-А-Т-А-А-Ц-А-А-Т-А-А-Т-Ц- ... 3'.

1. Постройте комплементарную цепочку данной молекулы ДНК. Сколько нуклеотидов гуанина она будет содержать?

2. Сколько нуклеотидов аденина будет содержать и-РНК, образующаяся в результате транскрипции на данной цепочке ДНК?

3. Постройте полипептидную цепь, кодируемую данным участком ДНК. Сколько молекул глутамина она содержит?

4. Выпишите все типы т-РНК, участвующие в процессе трансляции. Сколько разных антикодонов они содержат?

5. Сколько аминокислот будет участвовать в синтезе белка?

6. В цепи А инсулина в начале полипептидной цепочки имеется такое чередование аминокислот: глицин – изолейцин – валин – глутамин – глутамин – цистеин – цистеин – треонин – глицин – изолейцин – цистеин.

1. Выпишите все кодоны и-РНК, детерминирующие данный порядок полипептидной цепи. Сколько цитозиновых нуклеотидов входит в ее состав?

2. Выпишите все т-РНК, участвующие в данном синтезе. Сколько разных типов т-РНК принимает участие в данном синтезе?

3. Постройте фрагмент ДНК, кодирующий данный участок белковой молекулы. Расстояние между двумя нуклеотидами ДНК равно 0,34 нм. Какова длина фрагмента, кодирующего данный участок инсулина?

4. Выпишите фрагмент и-РНК, кодирующий цепочку аминокислот, при замене 8-й аминокислоты аланином, 9-й – серином и 10-й – валином. Сколько цитозиновых нуклеотидов она содержит?

5. Постройте фрагмент основной цепи ДНК, кодирующий измененный участок инсулина. Сколько тиминовых нуклеотидов он содержит?

7. В цепи В инсулина первые 10 аминокислот располагаются следующим образом: фенилаланин – валин – аспарагиновая кислота – глутамин – гистидин – лейцин – цистеин – глицин – серин – гистидин.

1. Постройте участок и-РНК, кодирующий данную цепь инсулина. Сколько нуклеотидов и-РНК она содержит?

2. Сколько урациловых нуклеотидов входит в состав данного участка и-РНК?

3. Выпишите т-РНК, участвующие в данном синтезе. Сколько разных типов т-РНК принимает участие в данном синтезе?

4. Выпишите основную цепочку нуклеотидов ДНК, кодирующих данный участок инсулина. Сколько тиминовых нуклеотидов она содержит?

5. Расстояние между двумя нуклеотидами составляет 0,34 нм. Какова длина фрагмента ДНК, кодирующего данный участок полипептидной цепочки?

8. Цепочка полипептида в нормальном гемоглобине А состоит из следующих аминокислот: валин – гистидин – лейцин – треонин – пролин – глутаминовая кислота – глутаминовая кислота – лизин.

1. Постройте участок и-РНК, кодирующий данную цепь гемоглобина А. Сколько цитозиновых нуклеотидов она содержит?

2. Сколько урациловых нуклеотидов входит в состав данного участка и-РНК?

3. Выпишите т-РНК, участвующие в данном синтезе. Сколько разных типов т-РНК принимает участие в данном синтезе?

4. Выпишите основную цепочку нуклеотидов ДНК, кодирующих данный участок гемоглобина А. Сколько тиминовых нуклеотидов она содержит?

5. Определите длину данного фрагмента ДНК, если расстояние между двумя нуклеотидами равняется 0,34 нм.

9. Фрагмент и-РНК содержит следующую последовательность нуклеотидов: ААА-ЦАУ-УАА-УГГ-ГАА-ГЦУ-АУГ-АУУ-УАУ.

1. Смоделируйте трансляцию.

2. Определите, сколько аминокислот участвует в биосинтезе.

3. Выпишите все т-РНК, участвующие в биосинтезе.

4. Постройте молекулу ДНК.

5. Определите количественные параметры ДНК (длину структурного гена и коэффициент специфичности).

10. Участок цепи ДНК, кодирующий первичную структуру полипептида, состоит из 56 нуклеотидов.

1. Определите число нуклеотидов в молекуле и-РНК, кодирующих аминокислоты.

2. Определите число аминокислот в полипептидной молекуле.

3. Определите количество т-РНК, необходимых для переноса этих аминокислот к месту синтеза белка.

4. Сколько нуклеотидов аденина будет в комплементарной цепочке ДНК, если основная цепочка содержит 5 нуклеотидов гуанина, 6 – цитозина и 13 тимина?

5. В молекуле и-РНК содержится 100 нуклеотидов. Сколько аминокислот будет содержать белок, синтезированный на данной и-РНК?