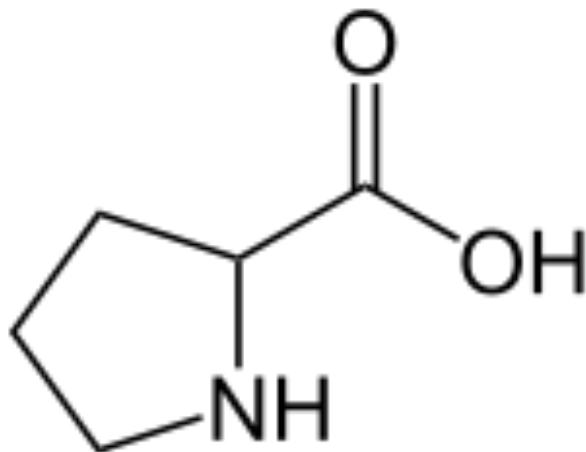


Как на самом деле устроены и функционируют нуклеиновые КИСЛОТЫ

Ошибки в учебниках, заданиях ЕГЭ и сборниках задач.

Все ли канонические аминокислоты являются аминокислотами?

- Аминокислотой мы называется вещество, которое одновременно содержит аминогруппу $-NH_2$ и карбоксильную группу $-COOH$.
- В пролине вместо аминогруппы присутствует иминогруппа, поэтому пролин правильней называть иминокислотой.



Что такое вторичная и третичная структура белка?

- Под **вторичной структурой** белка понимают положение в пространстве основной цепи полипептида.
- Так и в третичной структуре то же самое!

Некорректно заданное задание

Из ЕГЭ 2012 (Демоверсии) (Часть 3, С5).

«Фрагмент молекулы иРНК имеет следующую последовательность нуклеотидов фрагмента молекулы ДНК, на которой синтезирована иРНК...

Определите последовательность нуклеотидов фрагмента молекулы ДНК, на которой синтезирована иРНК: ЦУААГГУЦЦ»

1. Задание составлено неграмотно, некорректно.
2. НЕВЕРНЫЙ ОТВЕТ: ГАТТССАСС

Почему задание составлено некорректно?

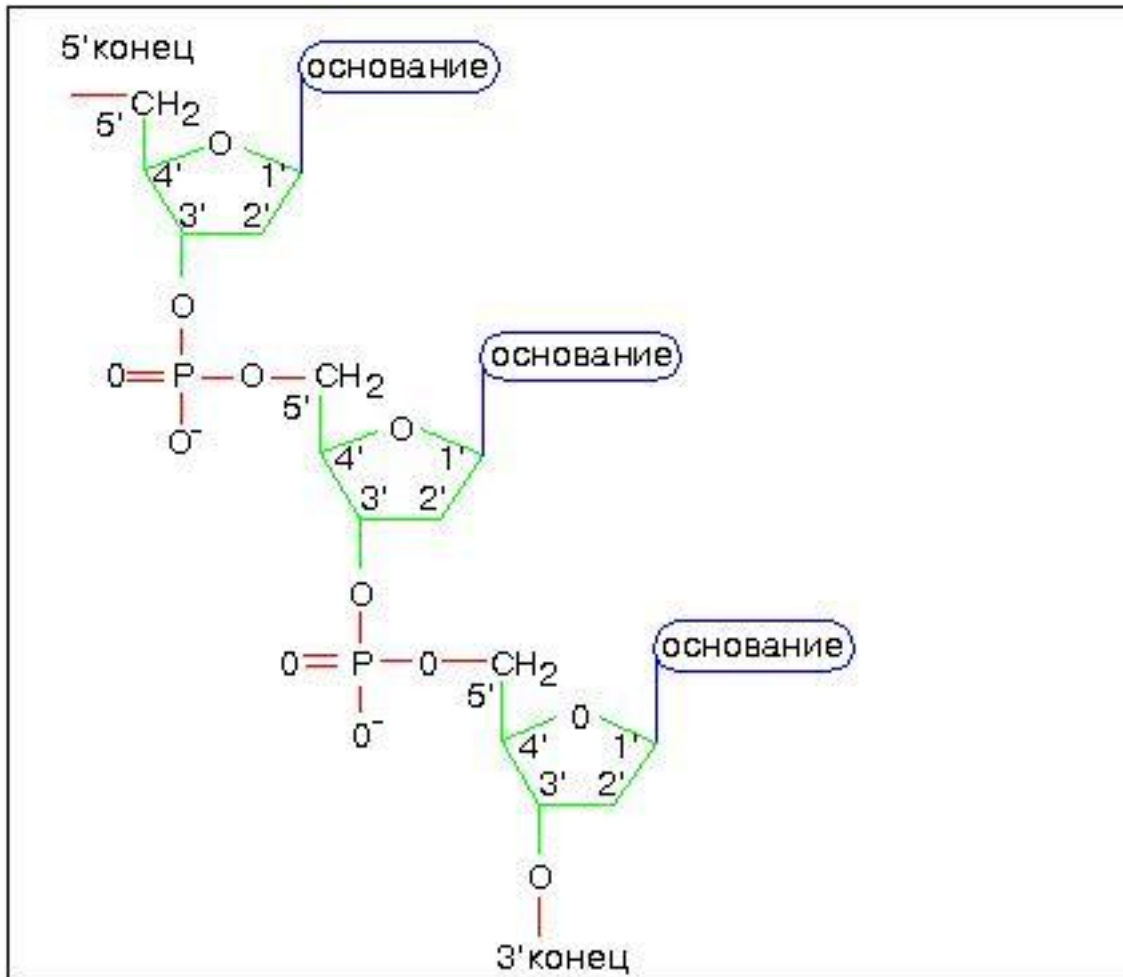
- Когда задаётся последовательность ДНК, то должен обязательно указываться 5'-конец.
- Иногда (довольно редко) в научной литературе допускается не указывать 5'-конец, однако ПОДРАЗУМЕВАЕТСЯ, что последовательность указывают с этого 5'-конец.
- Поэтому, если ДОДУМЫВАТЬ за составителей ЕГЭ, тестов, задач, то правильный ответ должен быть ДРУГОЙ: 5-ГГАССТТАС-3' (для ЦУААГГУЦЦ)

Непонимание структуры двойной спирали

- Двойная спираль ДНК
АНТИПАРАЛЛЕЛЬНА.
- Игнорирование этого факта приводит к ГРУБЕЙШИМ ошибкам при изложении школьного материала и составлении вопросов ЕГЭ, тестов, задач, экзаменационных вопросов.

Ошибка

- Молекулы ДНК и РНК несимметричны.



- Цепи имеют 5'- и 3'-концы

Написать комплементарную цепь.

??? AACGTTACTG ???

- Неправильный ответ:

TTGCAATGAC

- Правильный ответ

CAGTAACGTT

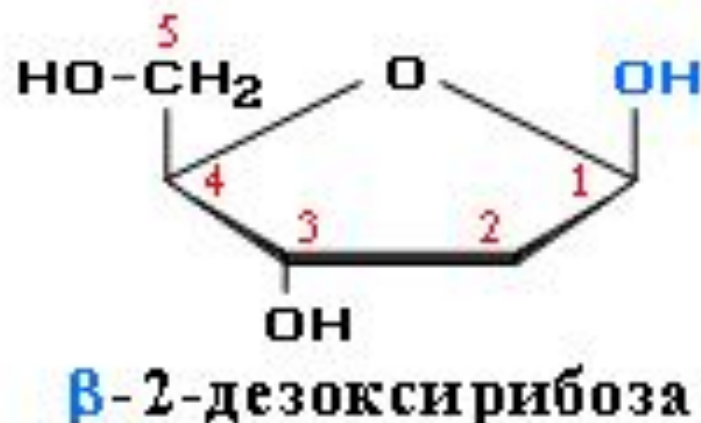
5' - AACGTTACTG - 3'

3' - CAGTAACGTT - 5'

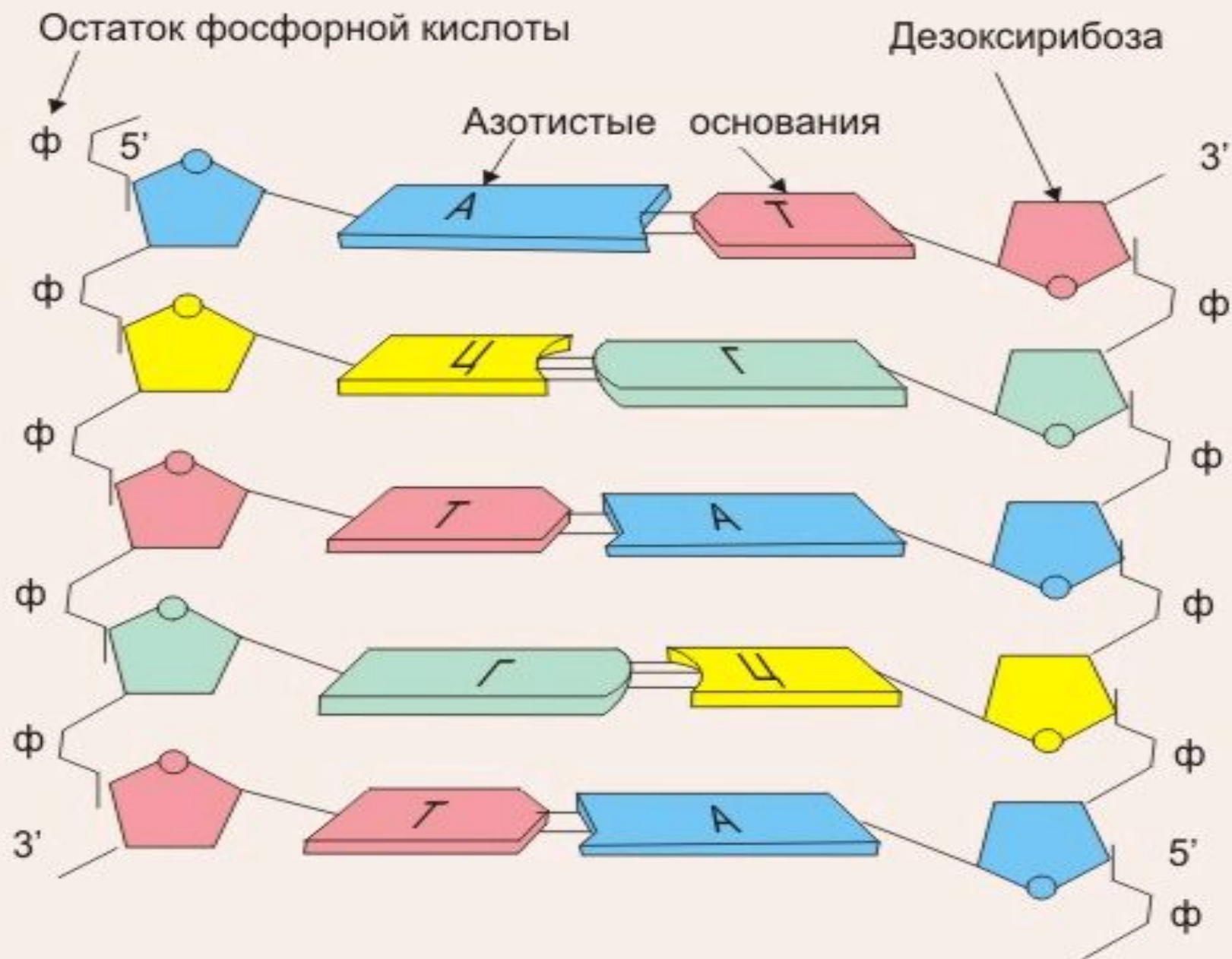
Строение рибозы и дезоксирибозы



В сокращенных формулах связи C-H
не изображаются:







Смогут ли школьники вычислить антикодон?

Пользуясь таблицей генетического кода определите последовательность нуклеотидов на иРНК, антикодоны тРНК и последовательность аминокислот фрагмента молекулы белка, если фрагмент цепи ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов: ЦГЦГЦЦГАТАТГ.

Генетический код (иРНК)

| Первое основание | Второе основание | | | | Третье основание |
|------------------|------------------|-----|-----|-----|------------------|
| | У | Ц | А | Г | |
| У | Фен | Сер | Тир | Цис | У |
| | Фен | Сер | Тир | Цис | Ц |
| | Лей | Сер | - | - | А |
| | Лей | Сер | - | Три | Г |
| Ц | Лей | Про | Гис | Арг | У |
| | Лей | Про | Гис | Арг | Ц |
| | Лей | Про | Глн | Арг | А |
| | Лей | Про | Глн | Арг | Г |

Об одном распространённом заблуждении, связанном с синтезом белка

- Из Биологии 10-11 под ред. В.К. Шумного и Г.М. Дымшица. Ч.1. (стр. 102).
- *«В клетке имеется столько же разных тРНК, сколько кодонов, шифрующих аминокислоты»*

Один антикодон чаще узнает несколько триплетов.

- Для митохондриальных тРНК достаточно 23 антикодона для узнавания 61-62 смысловых кодонов мРНК, у бактерий обычно около 43 тРНК.
- У человека около 50 различных тРНК (антикодонов кстати ещё меньше) обеспечивают включение аминокислот в белок.

A33 Антикодону ААГ на тРНК соответствует триплет на ДНК

- 1) ААГ
- 2) ТЦУ
- 3) ЦЦУ
- 4) УУЦ

- В первом положении антикодона А никогда не обнаруживается
- Вместо него чаще бывает инозин
- Безграмотность вопроса вопиющая ещё и потому, что составители ЕГЭ не имеют представления о 3' и 5'-концах ДНК и РНК
- Молекулы ДНК и РНК антипараллельны

Кодон-антикодоновое взаимодействие



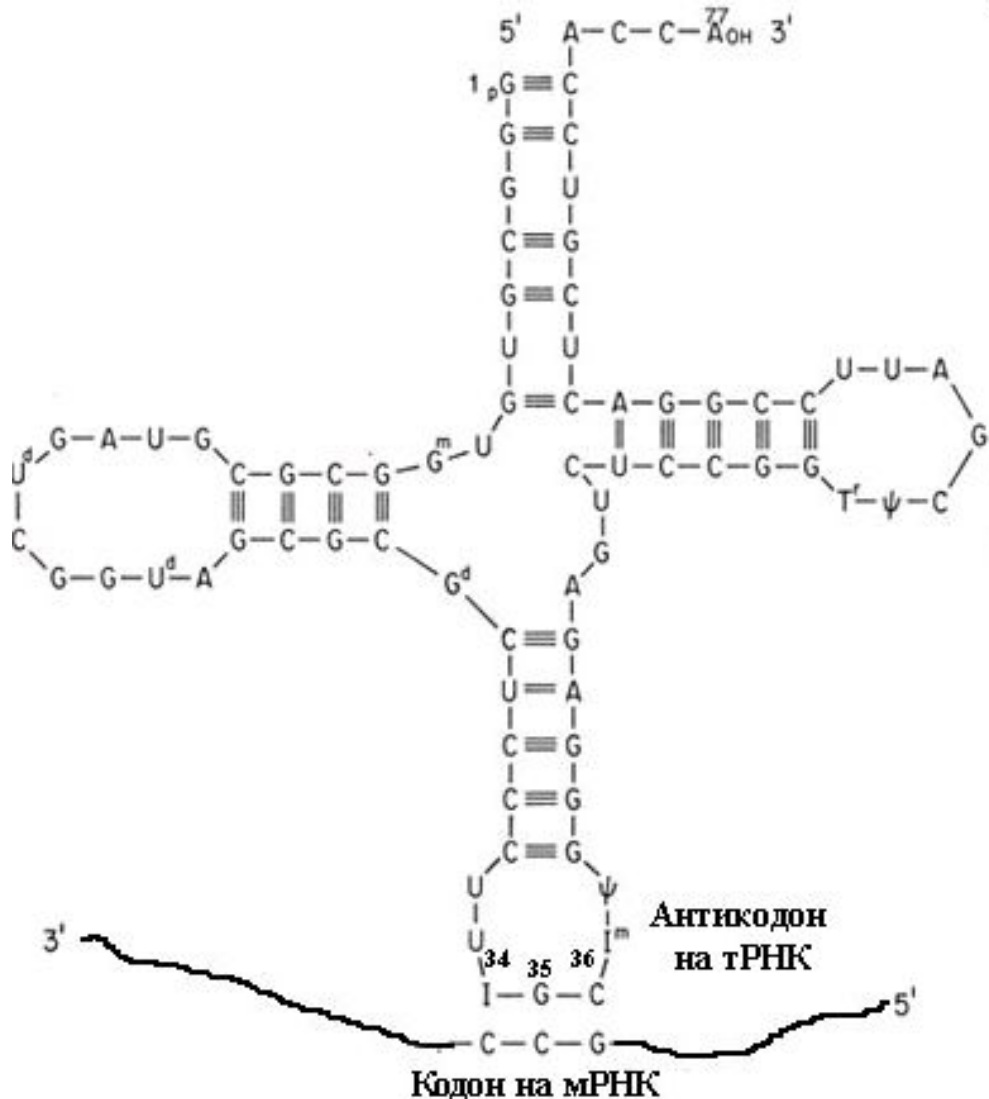
Один антикодон чаще узнает несколько триплетов.

Вот пример, иллюстрирующий неправильность ответа - почему для кодона **AUU** обязательно НЕ будет AAU

Аденин в первом положении антикодона не присутствует. Но он может и не присутствовать даже и в двойной цепи ДНК, на которой кодируется соответствующая тРНК.

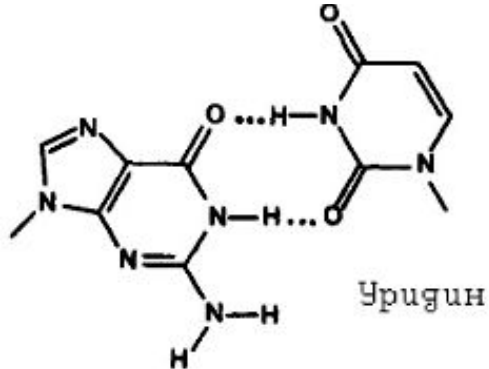
Например, третий нуклеотид кодона U может узнаваться и гуанином в первом положении, то есть кодон AUU будет узнаваться антикодоном GAU, но НИКОГДА AAU

Механизмы обеспечения вырожденности кода



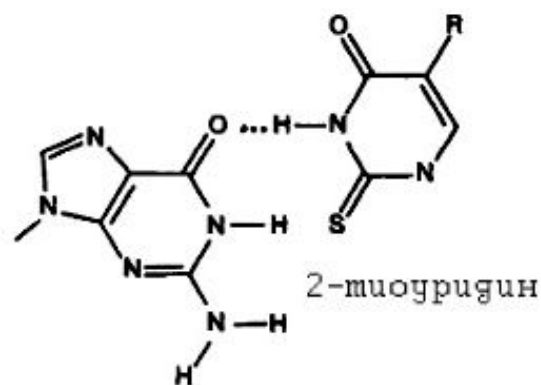
- Третий нуклеотид кодона взаимодействует с неканоническим **первым** основанием антикодона **ИНОЗИНОМ (I)**

- U в антикодоне узнаёт как A, так и G в кодоне;
- C в антикодоне узнаёт только G в кодоне;
- A в антикодоне узнаёт только U в кодоне;
- G в антикодоне узнаёт C или U в кодоне.
- **Однозначно узнавать уникальные кодоны возможно тогда, когда третьим основанием является G или U: UGG и AUG**

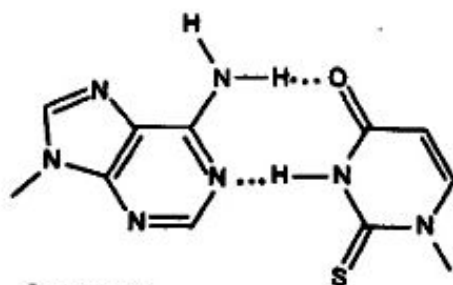


Гуанин

Уридин может образовывать пару не только с аденином, но и с гуанином. Эта пара часто участвует в образовании не только кодон-антикодоновой пары, но и в образовании вторичной структуры мРНК

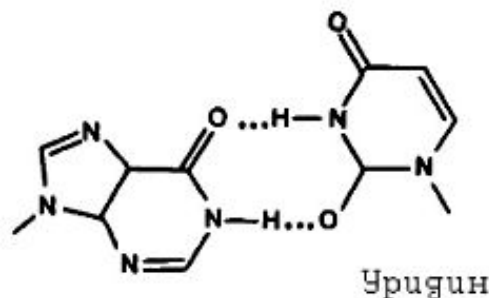


Гуанин

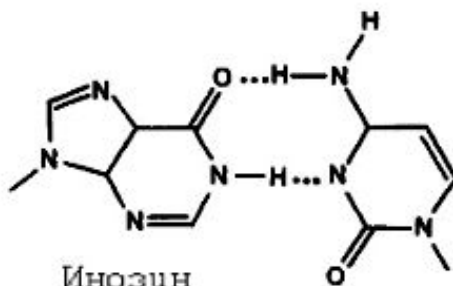


2-тиоуридин

2-тиоуридин образует пару только с аденином, но не с гуанином.

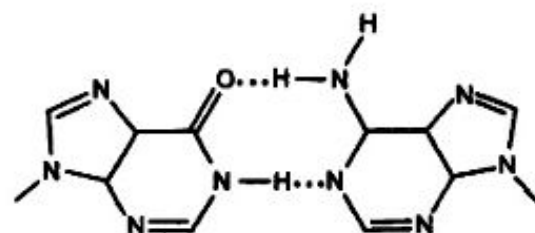


Инозин



Инозин

Аденин



Инозин

Аденин

Инозин может образовывать три различные пары

Почему А не бывает в первом положении антикодона?

- Когда А находится в третьем положении кодона, при помощи обычных оснований невозможно образовать однозначную пару, так как любая тРНК, у которой имеется в антикодоне U будет узнавать AUG так же, как и AUA.
- Проблема может быть решена только благодаря использованию инозина в первом положении антикодона.

Стартовых кодонов может быть несколько

- Чаще всего в бактериях стартовыми кодонами являются АУГ и ГУГ, реже – СУГ, УУГ и АУУ.
- Все эти кодоны могут узнаваться ОДНОЙ И ТОЙ ЖЕ формилметиониновой тРНК

Все 3 изолейциновых кодона
могут узнаваться одной и той же
тРНК

5'-АУУ-3'

5'-АУС-3'

5'-АУА-3'

3'-УАІ-5'

3'-УАІ-5'

3'-УАІ-5'

Одна и та же тРНК может узнавать до 6 разных кодонов.

- Антикодон УАГ узнаёт все 6 лейциновых кодонов: СУА, СУГ, СУС, СУУ, УУА и УУГ.

5'-СУА-3'

5'-СУГ-3'

5'-СУС-3'

3'-ГАУ-5'

3'-ГАУ-5'

3'-ГАУ-5'

5'-СУУ-3'

5'-УУА-3'

5'-УУГ-3'

3'-ГАУ-5'

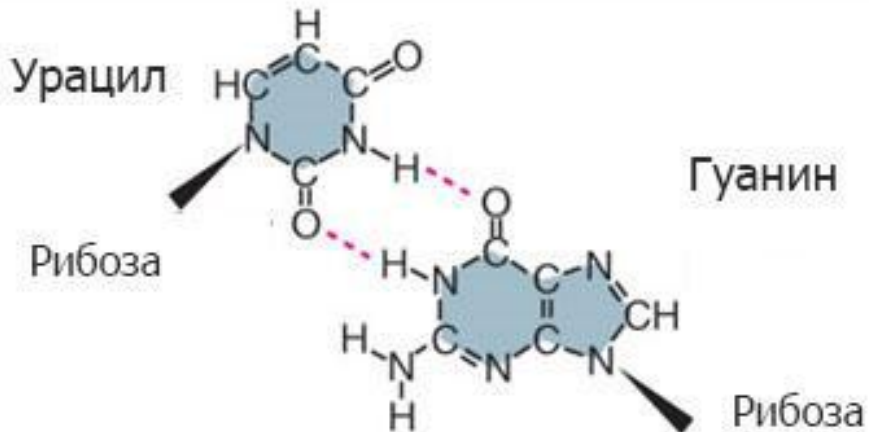
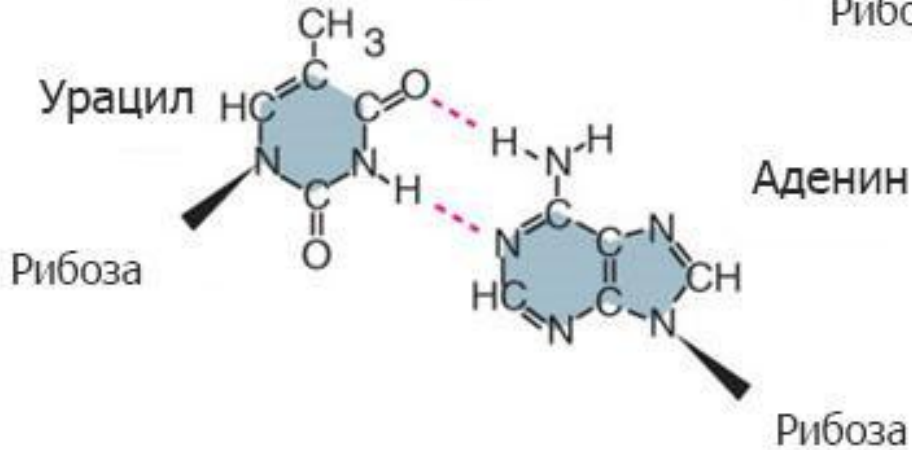
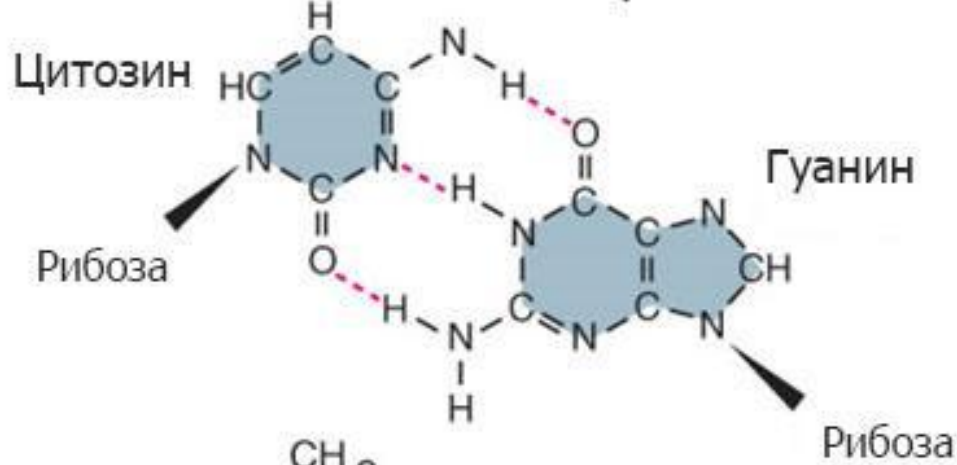
3'-ГАУ-5'

3'-ГАУ-5'

Двойная спираль РНК образована не только уотсон- криковскими связями

В биологически активных РНК только 60% оснований принимает участие в уотсон-криковских связях (N.B. Leontis and E. Westhof 2001).

Канонические пары



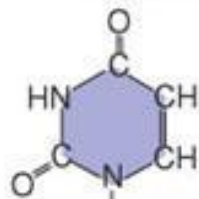
- Взаимодействие между первым основанием антикодона и третьим кодона может варьировать от стандартного Уотсон-Криковского спаривания до специфических взаимодействий.

Пара G-U может формироваться между третьим основанием кодона и первым основанием антикодона

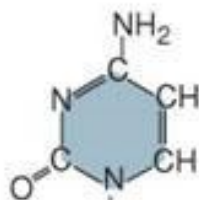
Транспортные РНК содержат модифицированные основания

- Известно более 80 вариантов модифицированных оснований в тРНК.
- Модифицироваться может любое из 4 канонических оснований.
- **Модификация** обычно включает прямое изменение азотистого основания в тРНК, однако в некоторых случаях основание вырезается и замещается другим.

Канонические основания



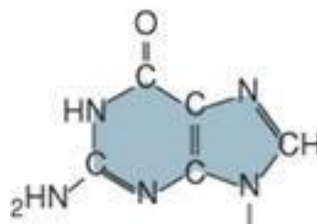
Уридин



Цитидин



Аденозин



Гуанозин

Модифицированные основания



Риботимидин (Т)



Дигидроуридин (D)



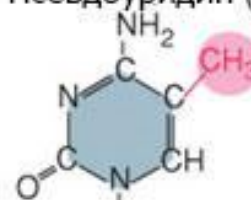
Псевдоуридин (ψ)



4-тиоуридин



3-метилцитидин



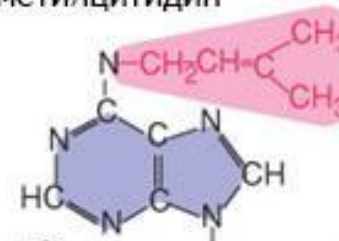
5-метилцитидин



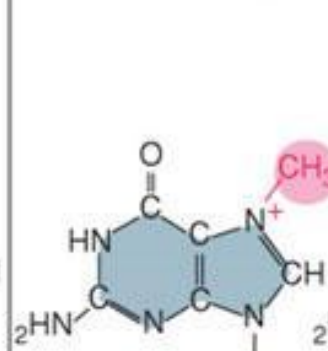
Инозин



N⁶-метиладенозин (m⁶A)



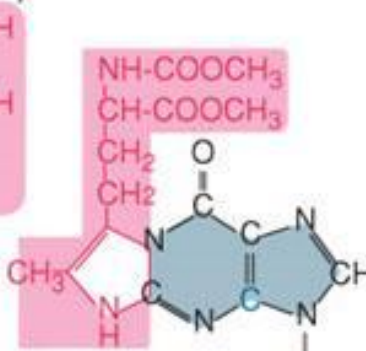
N⁶-изопентениладенозин



7-метилгуанозин

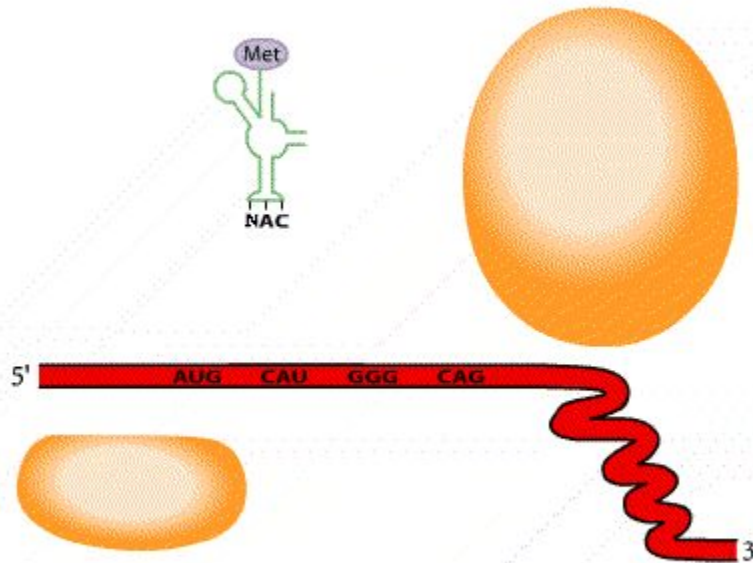


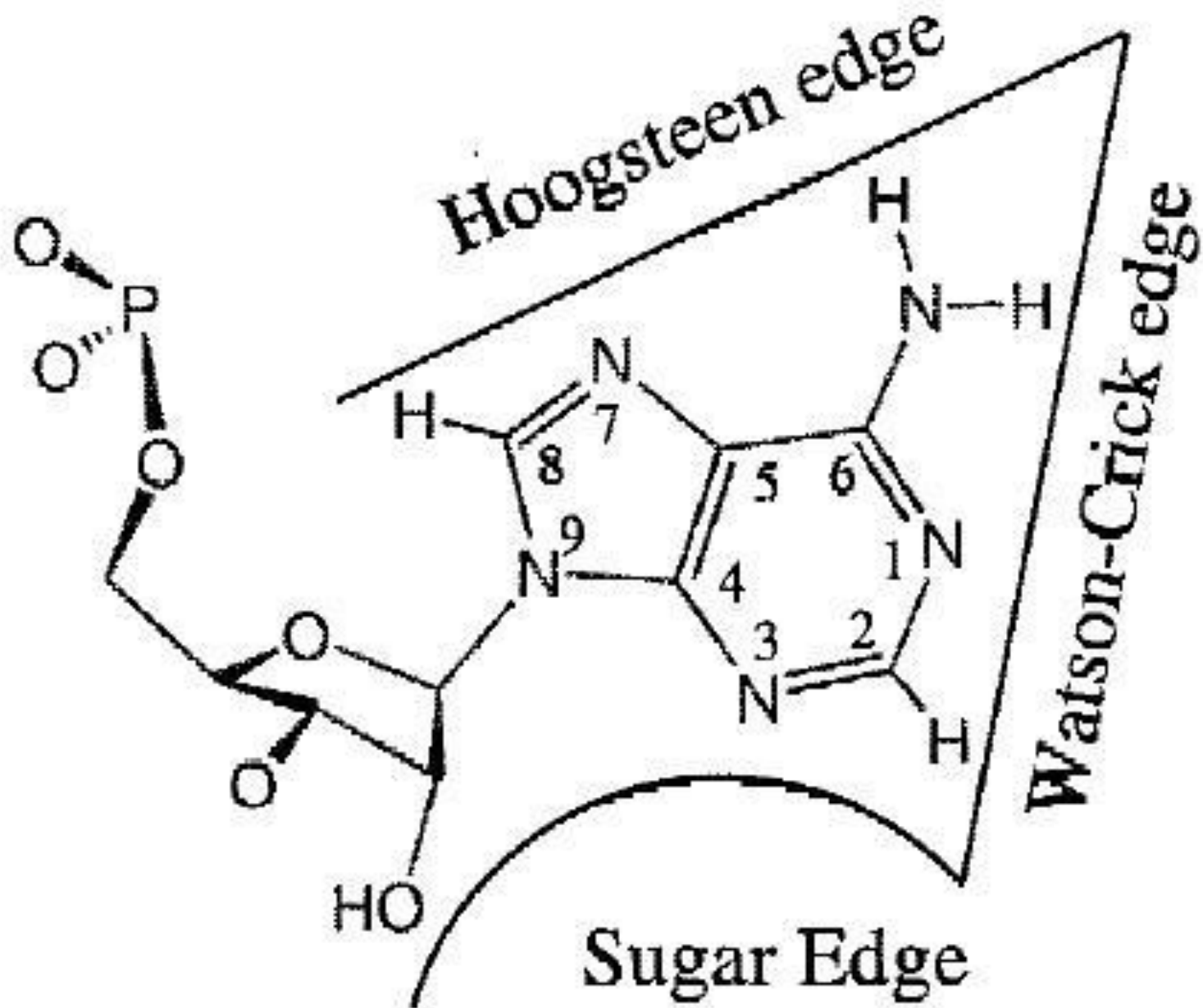
Квеуозин (Q)



Виозин (Y)

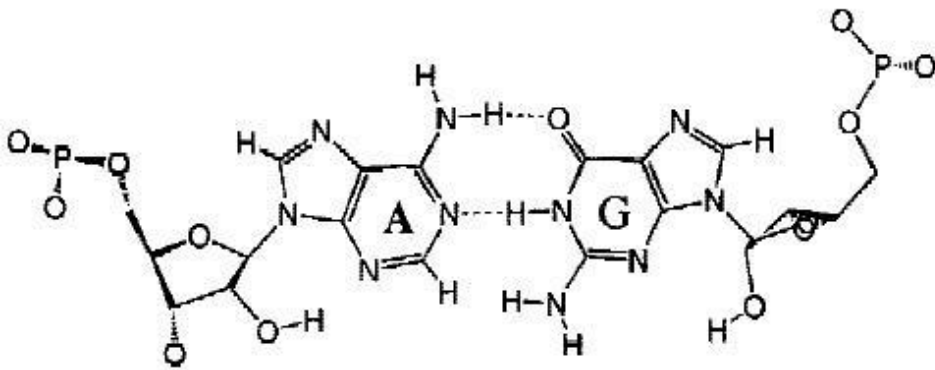
Анимация трансляции с учётом кодон-антикодонового взаимодействия



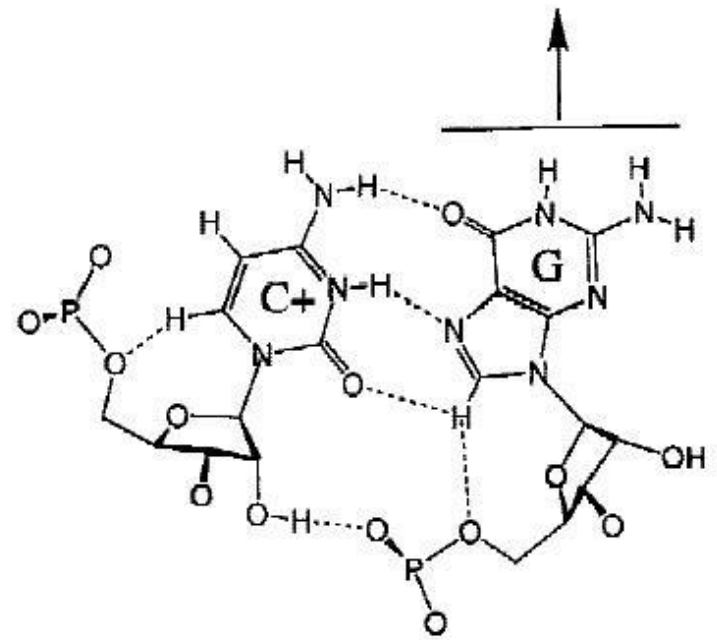


Неканонические взаимодействия

Watson-Crick/Watson Crick

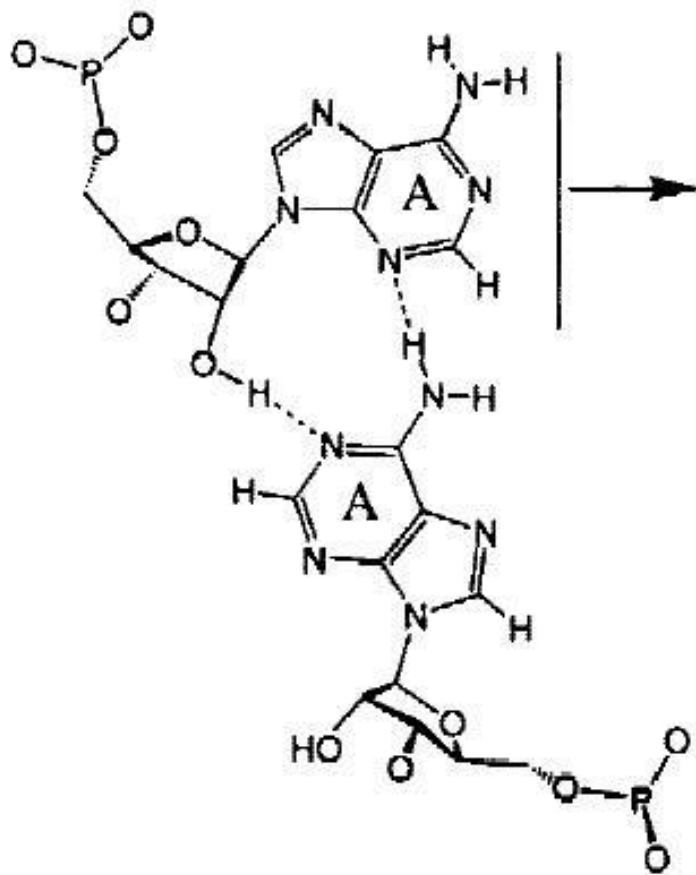


Watson-Crick/Hoogsteen

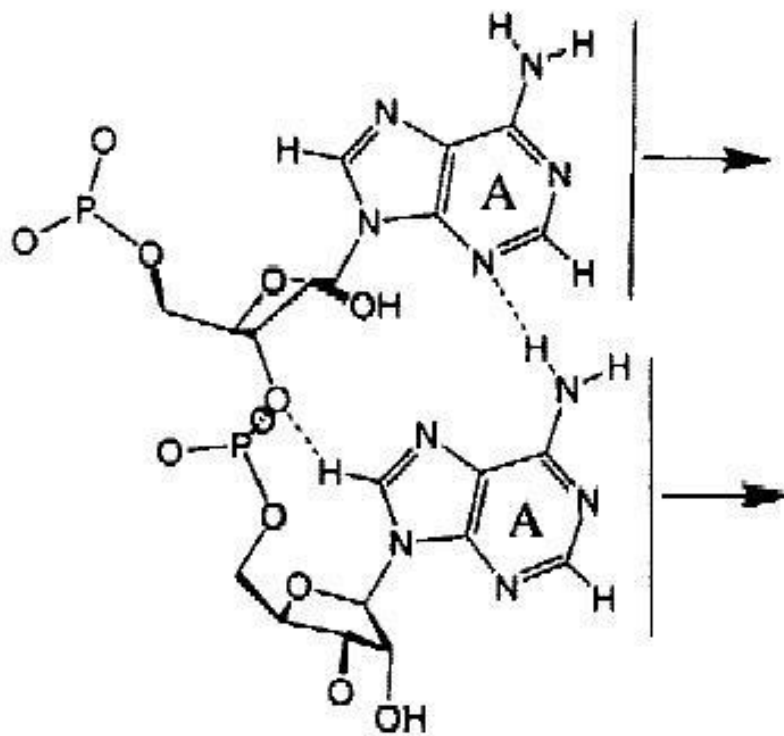


Неканонические взаимодействия

Watson-Crick/Sugar Edge

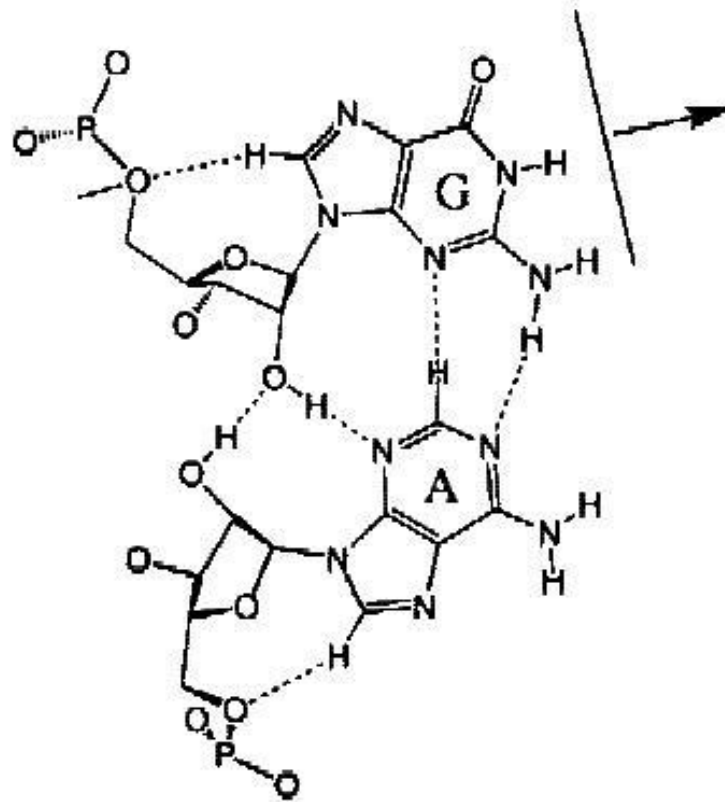


Hoogsteen/Sugar Edge

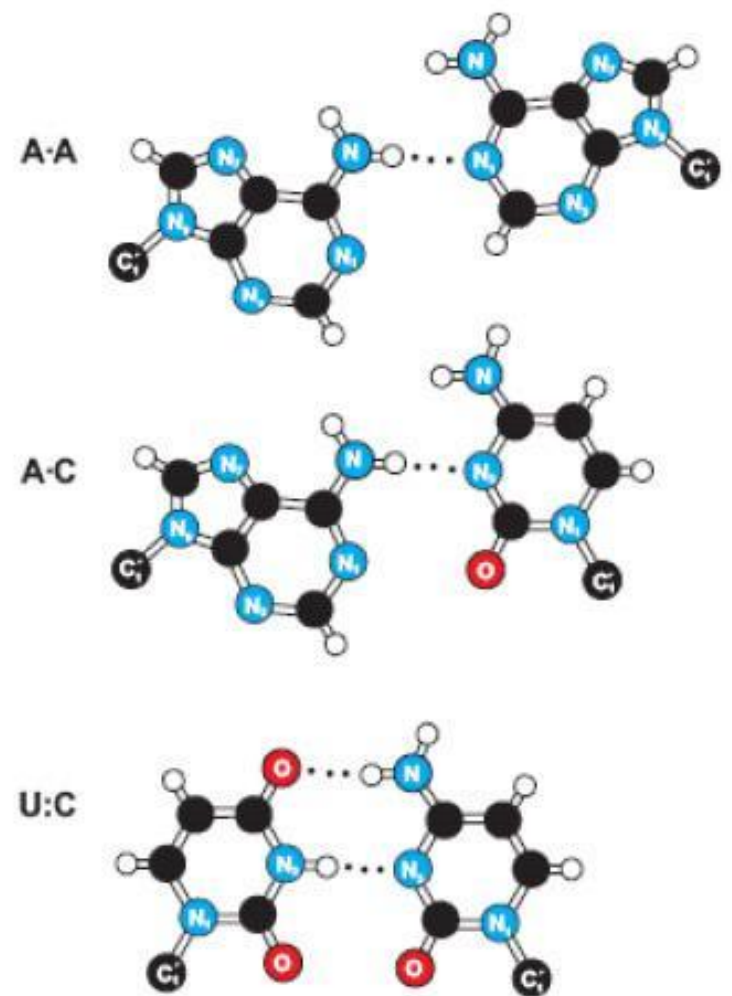
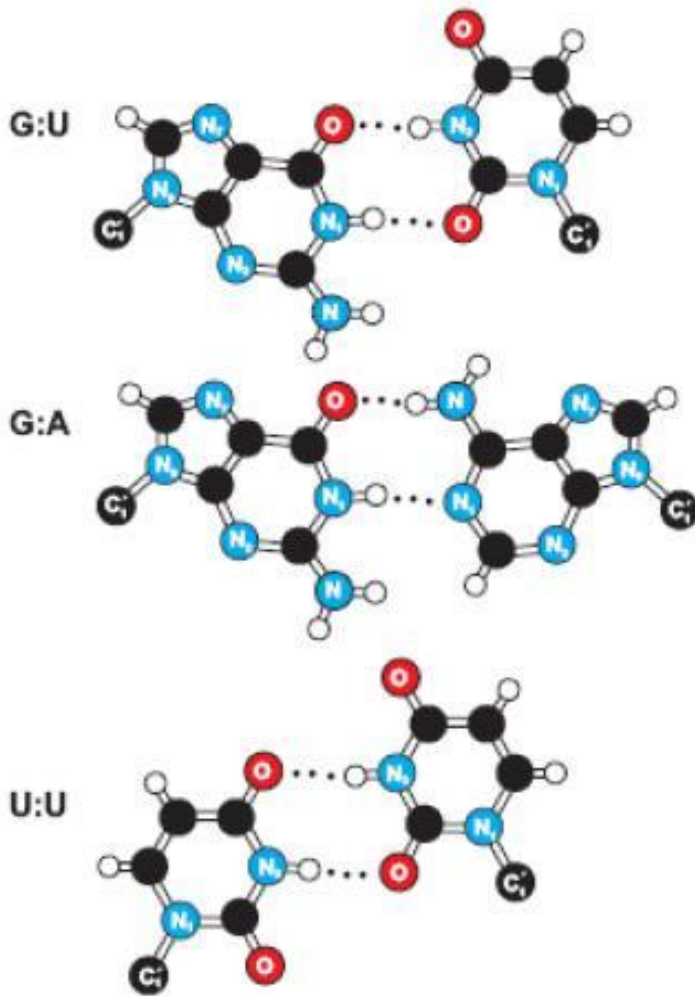


Неканонические взаимодействия

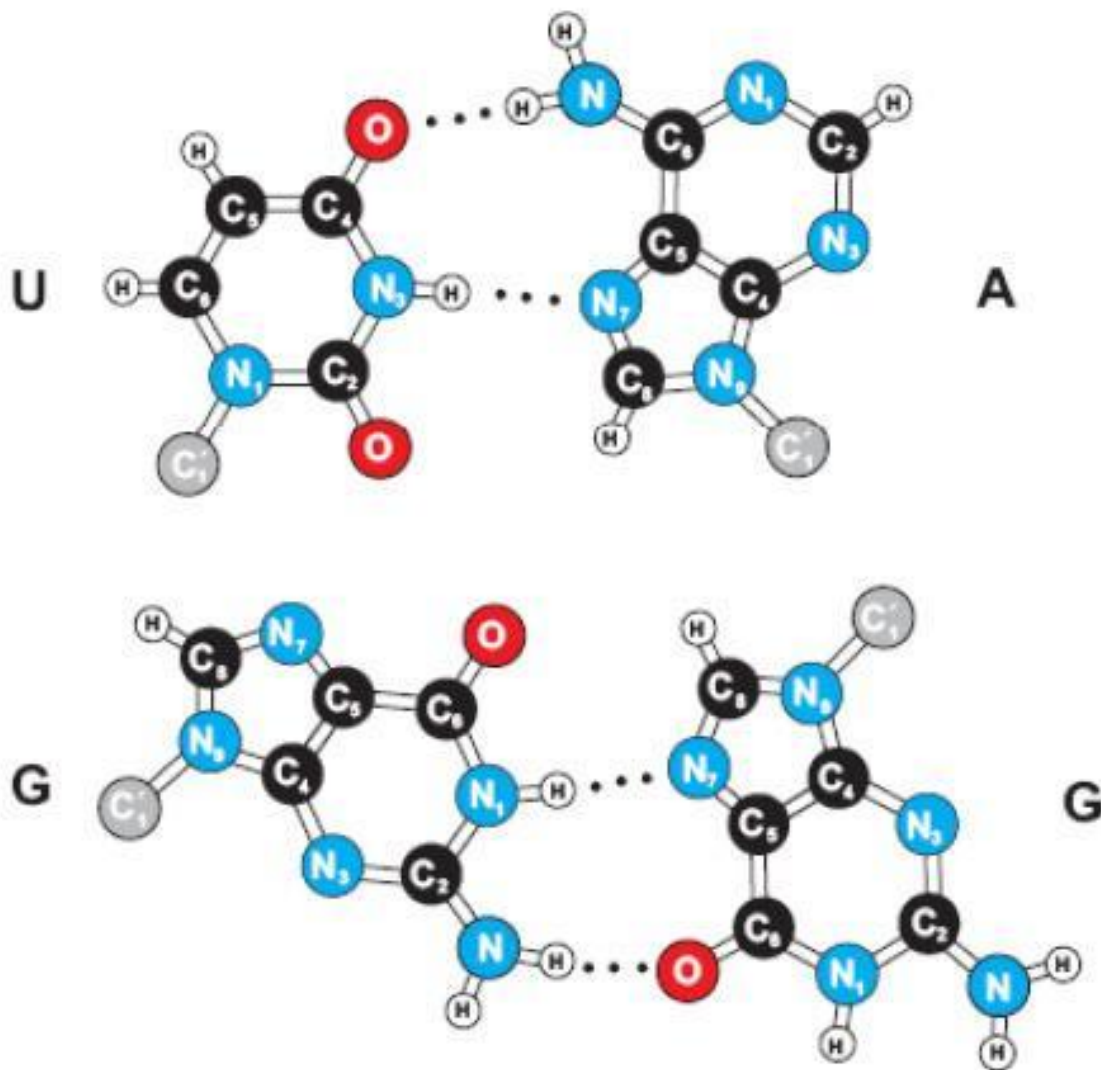
Sugar Edge/Sugar Edge



Неканонические пары в спиральных участках РНК



Неканонические пары оснований с участием N7 пуринового кольца (Hoogsteen pairs).





В результате мутации в фрагменте молекулы белка человека произошла замена аминокислоты глицина (Гли) на аспарагиновую кислоту (Асп). Определите аминокислотный состав фрагментов молекулы белка больного человека и здорового человека, возможные фрагменты иРНК больного человека, если в норме этому фрагменту белка соответствует следующий фрагмент иРНК: УУУУЦУУУАЦААГГУЦАУАЦУ. Ответ поясните.

| Первое основание | Второе основание | | | | Третье основание |
|------------------|------------------|-----|-----|-----|------------------|
| | У | Ц | А | Г | |
| У | Фен | Сер | Тир | Цис | У |
| | Фен | Сер | Тир | Цис | Ц |
| | Лей | Сер | — | — | А |
| | Лей | Сер | — | Три | Г |
| Ц | Лей | Про | Гис | Арг | У |
| | Лей | Про | Гис | Арг | Ц |
| | Лей | Про | Гли | Арг | А |
| | Лей | Про | Гли | Арг | Г |
| А | Иле | Тре | Асп | Сер | У |
| | Иле | Тре | Асп | Сер | Ц |
| | Иле | Тре | Лиз | Арг | А |
| | Мет | Тре | Лиз | Арг | Г |
| Г | Вал | Ала | Асп | Гли | У |
| | Вал | Ала | Асп | Гли | Ц |
| | Вал | Ала | Глу | Гли | А |
| | Вал | Ала | Глу | Гли | Г |

