

В 1906 году У. Бэтсон и Р. Пеннет, проводя скрещивание растений душистого горошка и анализируя наследование формы пыльцы и окраски цветков, обнаружили, что эти признаки не дают независимого распределения в потомстве, гибриды всегда повторяли признаки родительских форм. Стало ясно, что не для всех признаков характерно независимое распределение в потомстве и свободное комбинирование.

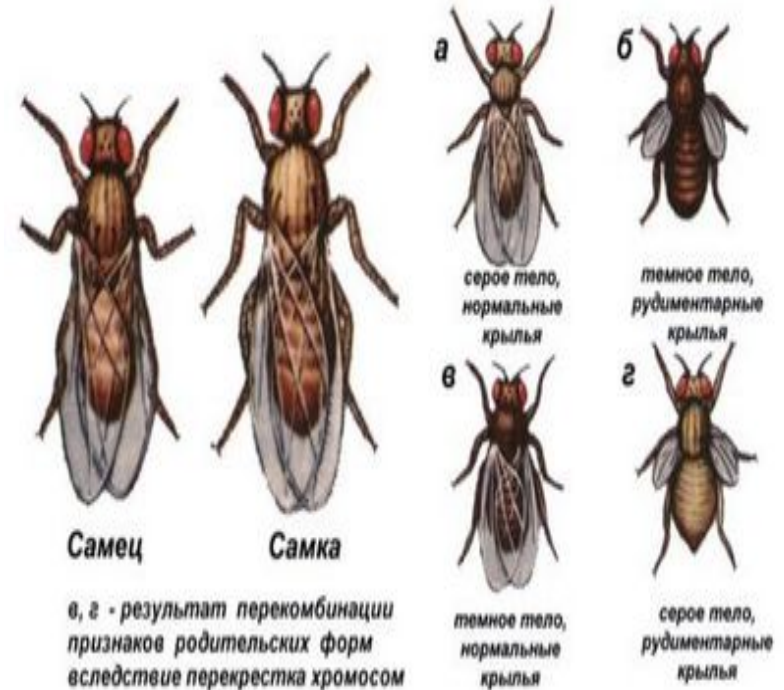
Изучением наследования признаков не дающих независимого распределения генов занимался Томас Морган и его ученики. Если Мендель проводил свои опыты на горохе, то для Моргана основным объектом стала плодовая мушка дрозофила.

Плодовая мушка является удобным объектом генетических исследований.

# Почему дрозофилы?

- Самец и самка внешне хорошо различимы — у самца брюшко меньше и темнее.
- Они имеют всего 8 хромосом в диплоидном наборе, достаточно легко размножаются в пробирках на недорогой питательной среде.
- Она начинает размножаться через две недели после своего появления на свет.
- Каждые две недели при температуре 25 °С мушка дает многочисленное потомство.
- После 12 дней приносит потомство в 1000 особей.
- Ее легко изучать в течение жизни, продолжительность которой составляет всего 3 месяца.
- Она почти ничего не стоит.
- Разнообразие признаков.

Разные наследственные формы мухи дрозофилы



# Мушка дрозофила



# Интересно...

Сначала Морган брал дрозофил в бакалейных и фруктовых магазинах. Он вылавливал их сачком, получив на это разрешение хозяев магазинов, которые потешались над чудачком-мухоловом. Тридцатипятиметровая комната для опытов, так называемая «fly-room» (мушинная комната) в Колумбийском университете, где Морган проводил свои исследования, быстро стала притчей во языцах. Всё помещение было заставлено бутылками, банками, плошками и колбами, в которых летали тысячи мух, копошились прожорливые личинки, все стекла этих сосудов были обвешаны куколками дрозофил. Бутылок не хватало, и ходили слухи, что рано утром по пути к лаборатории Морган и его студенты похищали бутылки для молока, которые жители Манхэттена выставляли вечером за двери!



## **Хромосомная теория наследственности**

1) Гены располагаются в хромосомах; различные хромосомы содержат неодинаковое число генов; набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален;

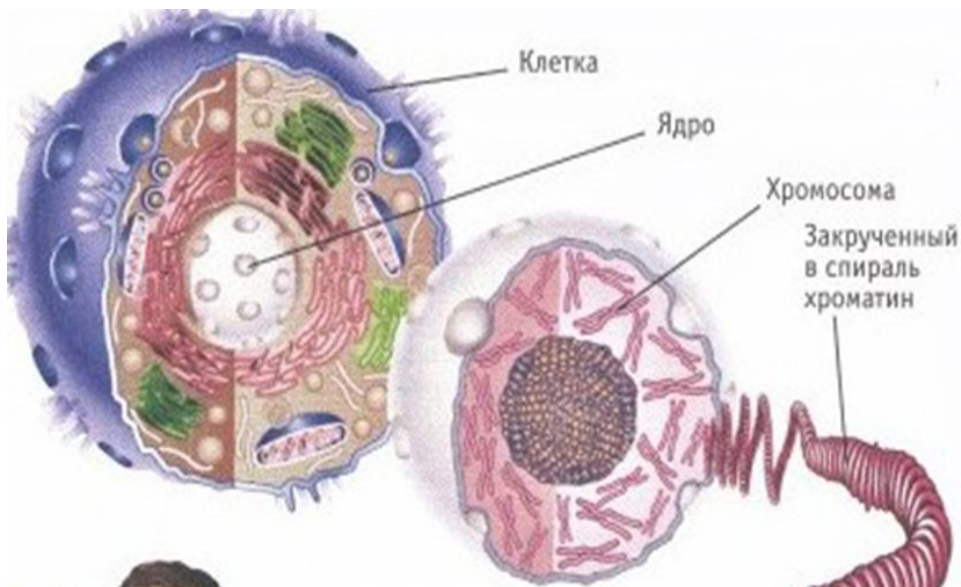
2) Каждый ген имеет определенное место (локус) в хромосоме; в идентичных локусах гомологичных хромосом находятся аллельные гены;

3) Гены расположены в хромосомах в определенной линейной последовательности;

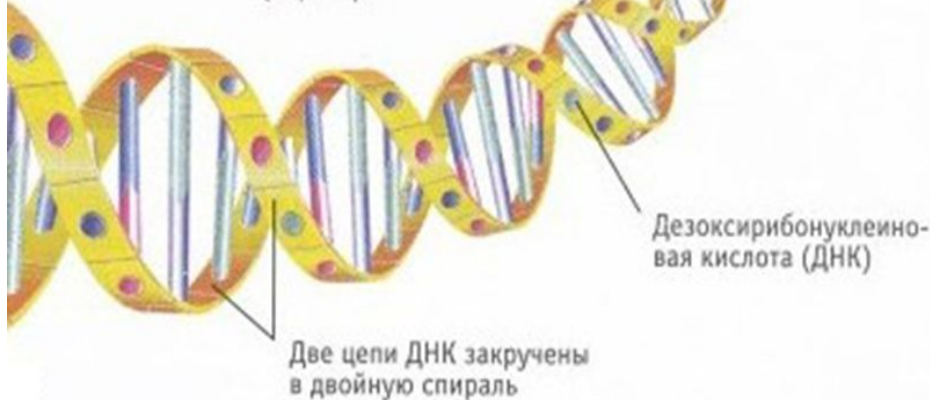
4) Гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно, образуя группу сцепления; число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом и постоянно для каждого вида организмов;

5) Сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера, что приводит к образованию рекомбинантных хромосом; частота кроссинговера зависит от расстояния между генами: чем больше расстояние, тем больше величина кроссинговера;

6) На основании частот рекомбинации определяют расстояние между генами. Что позволяет строить генетические карты хромосом.



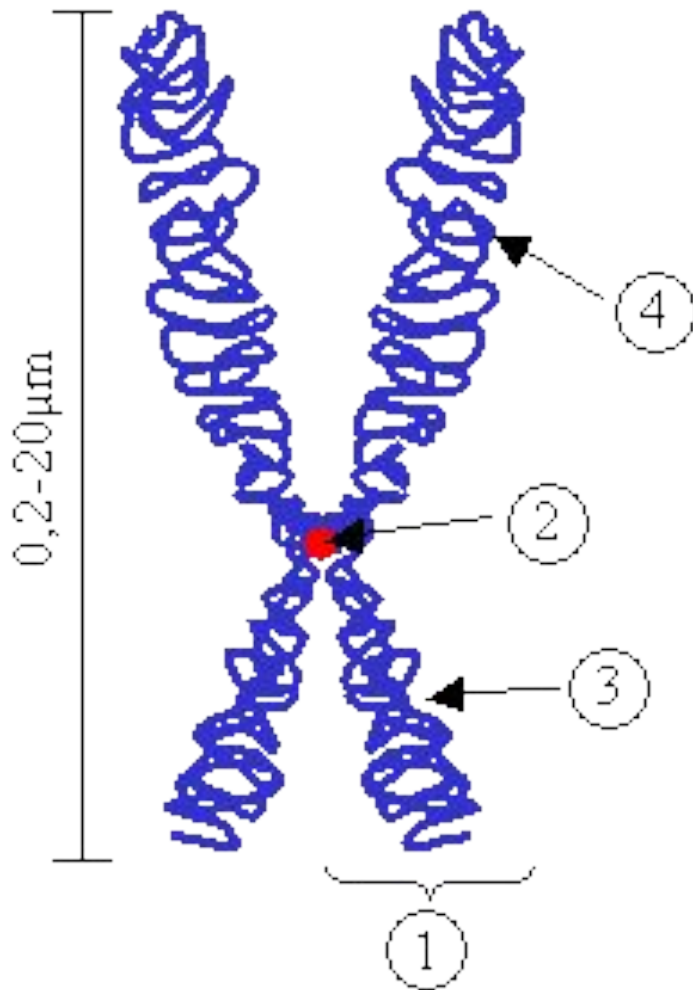
Структуру ДНК расшифровали в 1953 г. британские ученые Фрэнсис Крик (слева) и Розалинда Франклин вместе с американским биохимиком Джеймсом Уотсоном (справа).



## ХРОМОСОМА

- (от греч. *chroma* — цвет, краска + *soma* — тело) — комплекс одной молекулы ДНК с белками
- Хромосомы имеются в ядрах всех клеток.
- Каждая хромосома содержит наследственные инструкции - гены.





- Схема строения **хромосомы** в поздней профазе — метафазе митоза:

- 1—хроматида;
- 2—центромера;
- 3—короткое плечо;
- 4—длинное плечо

## **ФУНКЦИИ ХРОМОСОМ**

- Осуществляют координацию и регуляцию процессов в клетке путем синтеза первичной структуры белка, информационной и рибосомальной РНК
- Количество, размеры и форма хромосом уникальны для каждого вида.
- Совокупность всех признаков хромосомного набора, характерного для того или иного вида, называют кариотипом.

**ЦЕНТРОМЕРА** (от центр + греч. meros - часть) - специализированный участок ДНК, в районе которого в стадии профазы и метафазы деления клетки соединяются две хроматиды, образовавшиеся в результате дупликации хромосомы.

## **ЗНАЧЕНИЕ ЦЕНТРОМЕРЫ**

- Центромера играет важную роль при расположении хромосом в виде метафазной пластинки. В процессе расхождения дочерних хромосом к полюсам клетки, так как при помощи центромеры каждая хроматида соединяется с нитями веретена деления. Каждая центромера разделяет хромосому на два плеча.
- **ХРОМАТИДА** (от греч. chroma - цвет, краска + eidos - вид) — часть хромосомы от момента ее дупликации до разделения на две дочерние в анафазе, представляет собой нить молекулы ДНК соединенную с белками.
- Хроматиды образуются в результате дупликации хромосом в процессе деления клетки.



## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ ХРОМОСОМ

- **телоцентрические** (палочковидные хромосомы с центромерой, расположенной на проксимальном конце);
- **acroцентрические** (палочковидные хромосомы с очень коротким, почти незаметным вторым плечом);
- **субметацентрические** (с плечами неравной длины, напоминающие по форме букву L);
- **метацентрические** (V-образные хромосомы, обладающие плечами равной длины).

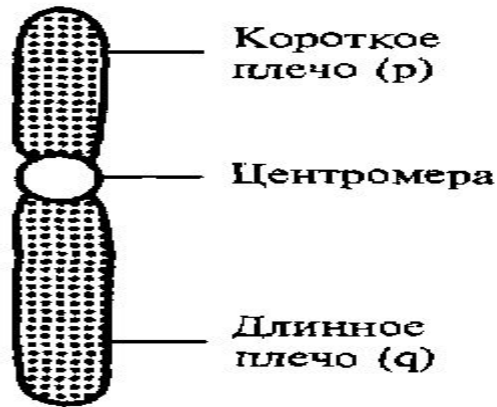


Рис. III.1. Схематическое изображение хромосомы

Рис. III.2. Зависимость формы хромосом от положения центромеры

Все клетки организма делятся на

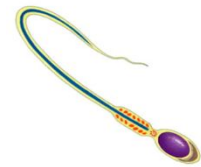
Соматические клетки или  
клетки тела

46  
хромосом

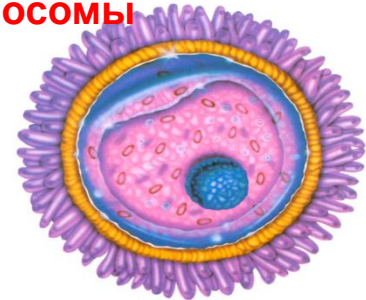
Нервные клетки, клетки  
кожи, мышечные клетки,  
клетки желудка

Половые клетки или гаметы

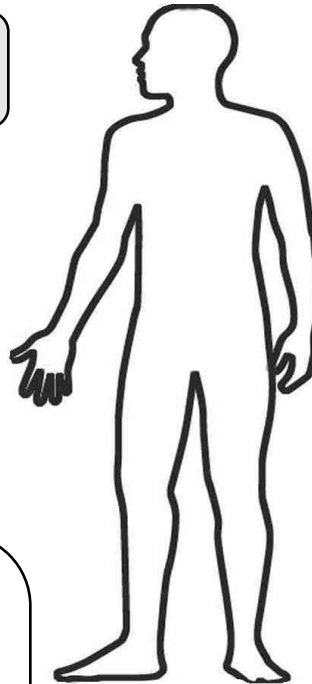
23  
хромосомы



Сперматозоид



Яйцеклетка



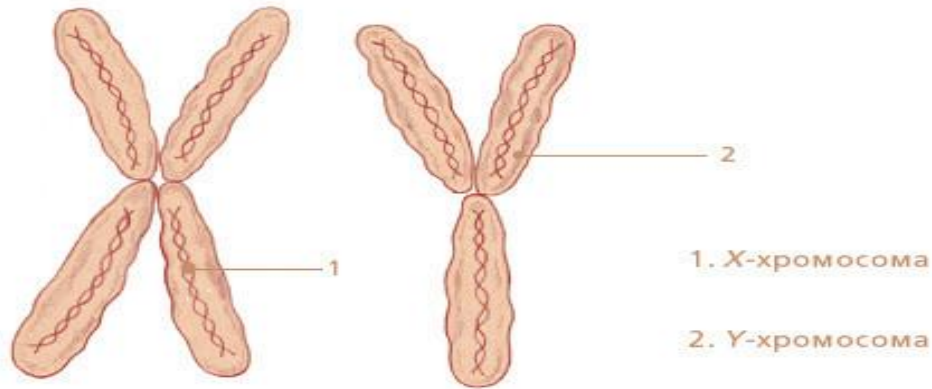
Имеют полный набор  
хромосом (кариотип)  
Он называется **диплоидный**  
Обозначается  $2n2c$   
Такой набор имеют  
соматические клетки и  
зигота

Имеют неполный набор  
хромосом, а половину от  
полного набора  
Он называется **гаплоидный**.  
Обозначается  $nc$   
Такой набор имеют половые  
клетки

$n$  – число хромосом  
 $c$  – число ДНК

# Половые хромосомы – участвуют в кодировке пола

особи



**Запомни! Пол всегда кодируется ДВУМЯ ПОЛОВЫМИ ХРОМОСОМАМИ**

## **XX – женский пол**

Набор соматических клеток  
 $46 = XX + 44$  аутосомы  
Набор половых клеток  
 $23 = X + 22$  аутосомы  
Набор зиготы  
 $46 = XX + 44$  аутосомы

## **XY – мужской пол**

Набор соматических клеток  
 $46 = XY + 44$  аутосомы  
Набор половых клеток  
 $23 = X + 22$  аутосомы  
или  
 $23 = Y + 22$  аутосомы  
Набор зиготы  
 $46 = XY + 44$  аутосомы

Хромосомы, которые не кодируют пол, называются **АУТОСОМЫ**.

Чтобы узнать число аутосом в соматической клетке и зиготе, мы **вычитаем** из диплоидного набора **2** половые хромосомы.

Чтобы узнать число аутосом в половой клетке, мы **вычитаем** из гаплоидного набора **1** половую хромосому

**ЗАПОМНИ!** В соматических клетках и зиготе **ДВЕ** половые хромосомы  
В половых клетках **ОДНА** половая хромосома

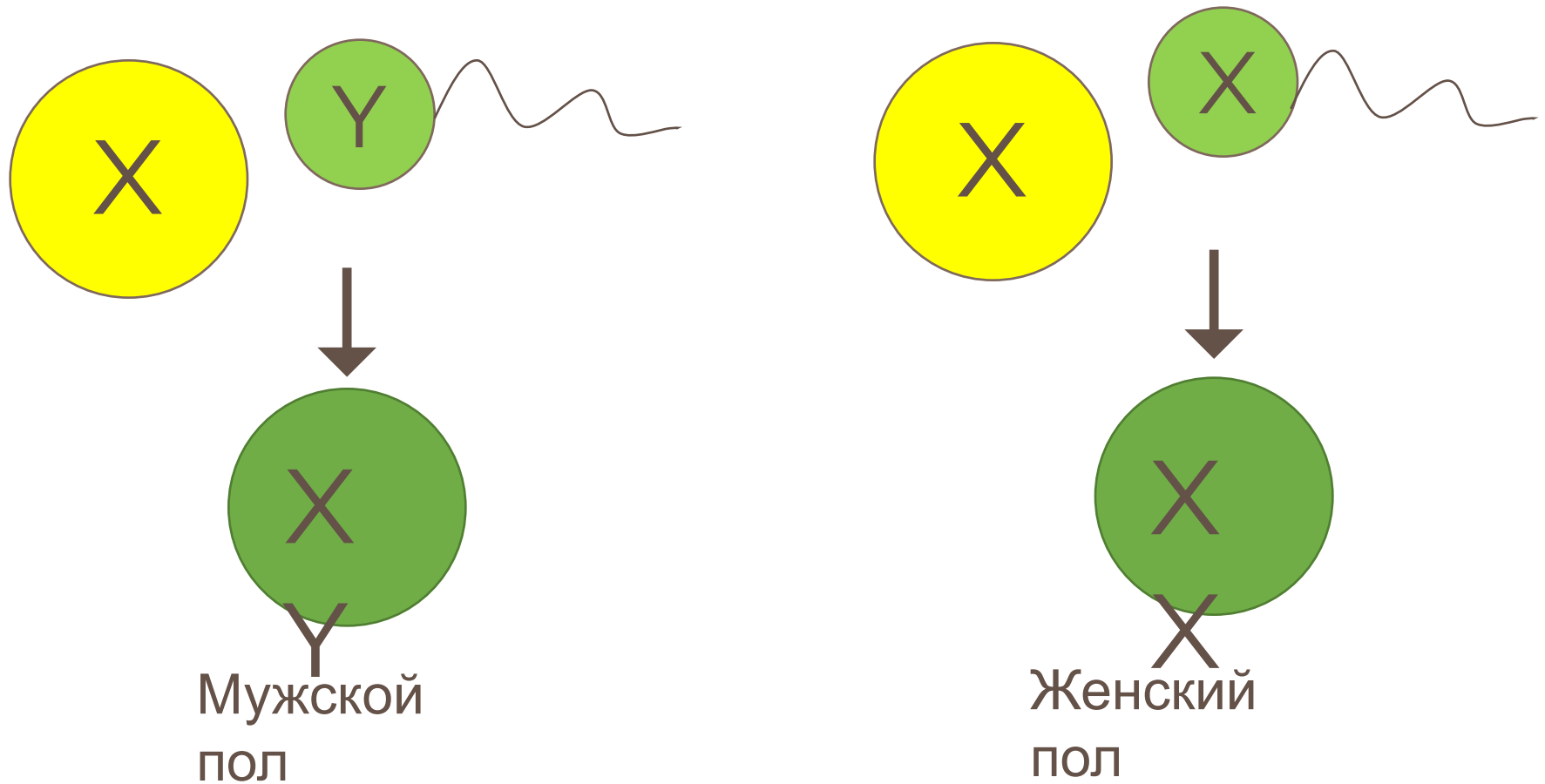
Не забывай, что **ЭНДОСПЕРМ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ** имеет **триплоидный набор** хромосом

Не забывай, что в эритроцитах нет ядра, поэтому и хромосом там **будет 0**

Не забывай, что **зигота** и **соматические** клетки имеют одинаковый набор хромосом - **диплоидный**

В результате случайного оплодотворения половина гамет получает X-хромосому, другая половина Y-хромосому.

Поэтому у раздельнополых организмов соотношение полов обычно составляет 1:1.



Организм, который содержит в своих клетках две X-хромосомы, называется гомогаметным, так как он даёт одинаковые гаметы.

Организм, который содержит и X и Y-хромосомы, образует два типа гамет и называется гетерогаметным

- У большинства организмов в соматических клетках количество хромосом в два раза больше, чем в зрелых половых клетках, т.е. все хромосомы парные, и каждая пара отличается от других хромосом. **Парные, одинаковые по размеру и форме хромосомы, несущие одинаковые гены, называют гомологичными.** Одна из гомологичных хромосом получена от матери, а другая – от отца.

# ДИПЛОИДНЫЙ НАБОР ХРОМОСОМ

## ЖИВОТНЫЕ

КОМАР – 6

ОКУНЬ – 28

ПЧЕЛА – 32

СВИНЬЯ – 38

КРОЛИК - 44

ЧЕЛОВЕК – 46

ШИМПАНЗЕ – 48

БАРАН – 54

ОСЕЛ – 62

ЛОШАДЬ – 64

КУРИЦА - 78

## РАСТЕНИЯ

ГОРОХ - 14

КРАСНАЯ СМОРОДИНА – 16

БЕРЕЗА – 18

МОЖЖЕВЕЛЬНИК – 22

ДУБ – 24

ЛЕН – 30

ВИШНЯ – 32

ЯБЛОНЯ – 34

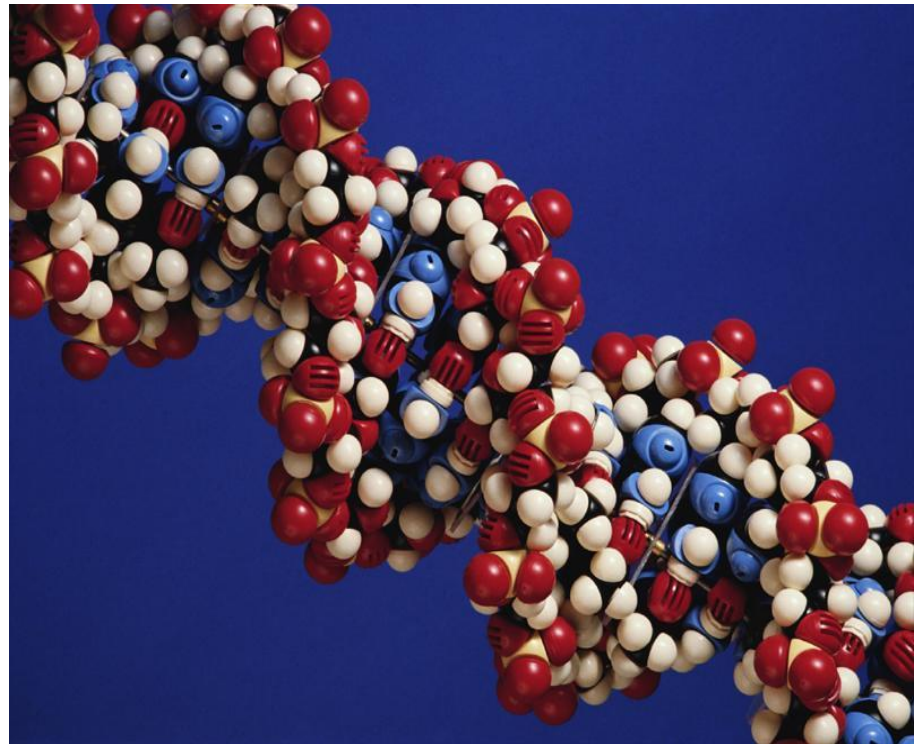
ЯСЕНЬ – 46

КАРТОФЕЛЬ – 48

ЛИПА - 82

# Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты — это **полимеры**,  
мономерами которых являются **нуклеотиды**.



# Фридрих Мишер



Швейцарский химик в 1869 г обнаружил в ядрах клеток неизвестное вещество, и назвал его **нуклеином**, от латинского слова **nucleus**, что в переводе означает «ядро».



# Альбрехт Коссель



Немецкий биохимик в 1889 г ввел термин **«нуклеиновые кислоты»**, выделил и описал 5 нуклеотидов: аденин, цитозин, гуанин, тимин, урацил. Нобелевский лауреат 1910 г в области физиологии и медицины.

# Д. Уотсон, Ф. Крик



В 1953 году американский биолог Джеймс Уотсон и английский биофизик Фрэнсис Крик установили **структуру нуклеиновых кислот.**

Нобелевские лауреаты 1962 г в области физиологии и медицины.

# Виды нуклеиновых кислот

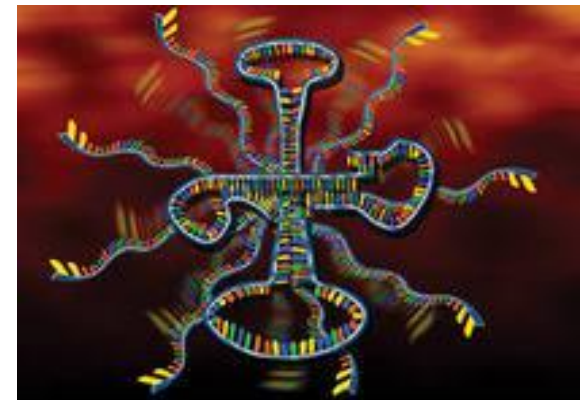
## Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)

находится в ядре,  
митохондриях,  
пластидах (хлоропластах).



## Рибонуклеиновая кислота (РНК)

находится в ядре,  
цитоплазме, рибосомах,  
митохондриях,  
пластидах (хлоропластах).



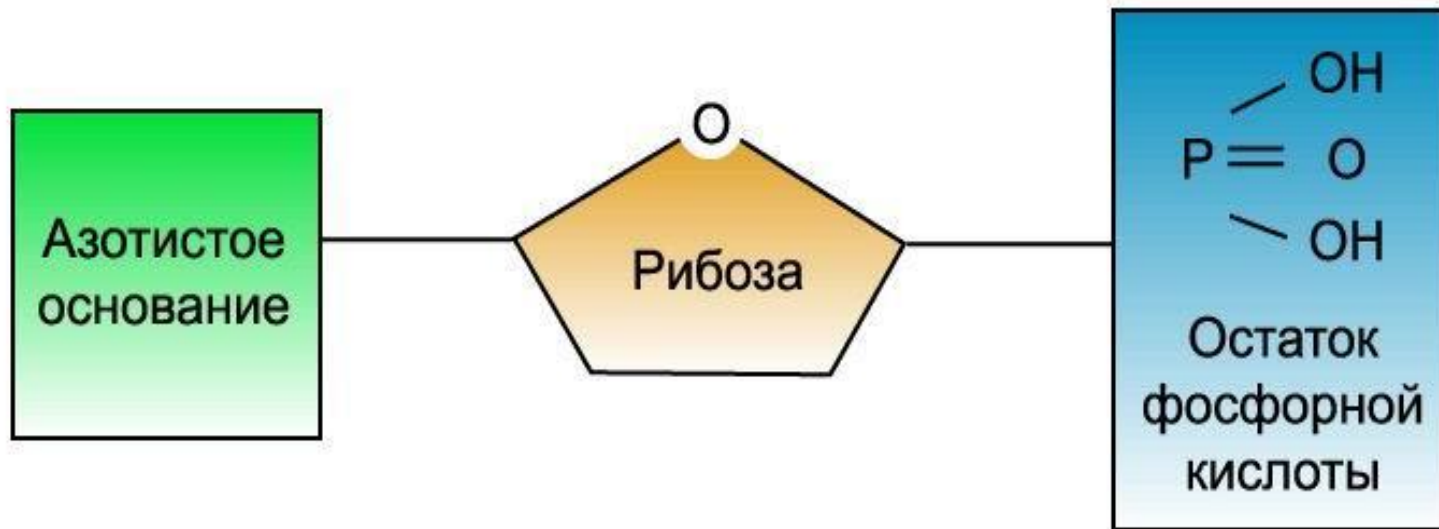
# Строение нуклеотида ДНК



**Аденин**  
**Тимин**  
**Цитозин**  
**Гуанин**

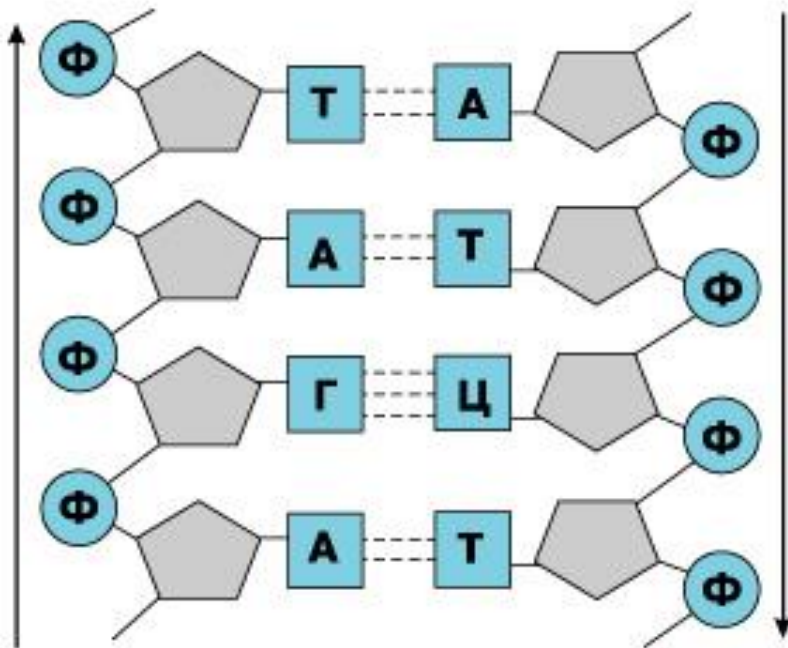
**пятиатомный**  
**углевод(пентоза)**

# Строение нуклеотида РНК



**Аденин**  
**Урацил**  
**Цитозин**  
**Гуанин**

**пятиатомный**  
**углевод(пентоза)**



Нуклеотиды соединяются друг с другом в цепь через остаток фосфорной кислоты (связь ковалентная).

Азотистые основания соединяются друг с другом водородными связями. Образуется вторая цепочка нуклеиновой кислоты.

# Комплементарность

Способность к избирательному соединению нуклеотидов, в результате чего образуются пары: **A — T(У); Ц — Г.**

## ДНК

A — T (две водородные связи)

Ц — Г (три водородные связи)

## РНК

A — У (две водородные связи)

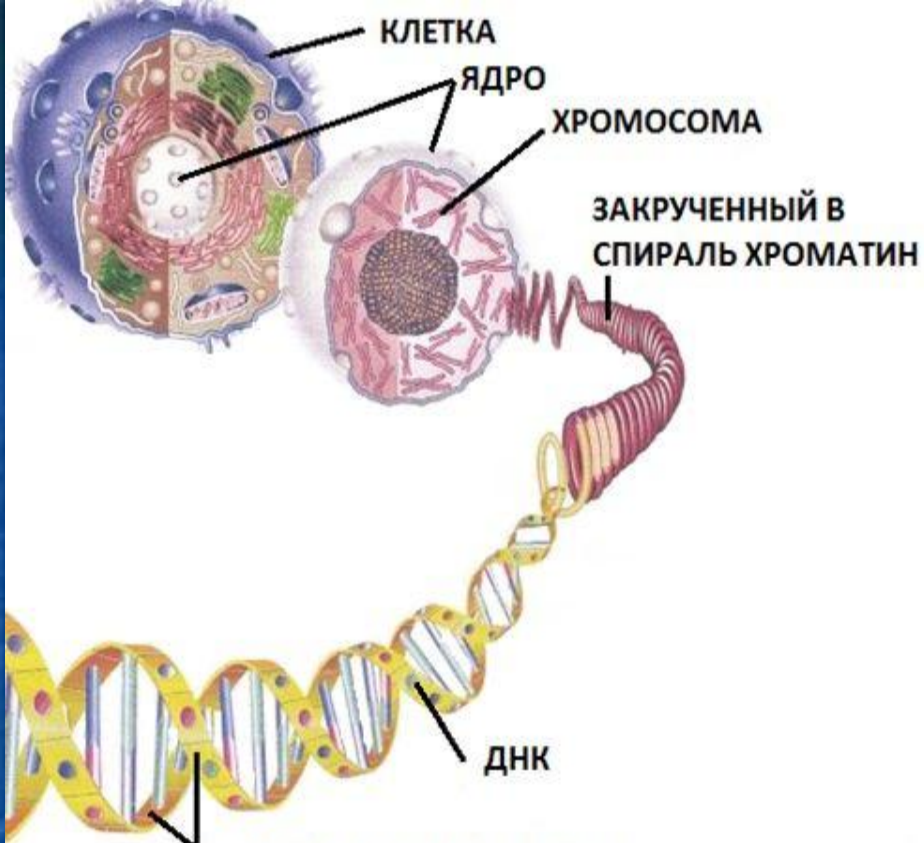
Ц — Г (три водородные связи)

- **Биосинтез белка** – ферментативный процесс синтеза белков в клетке.

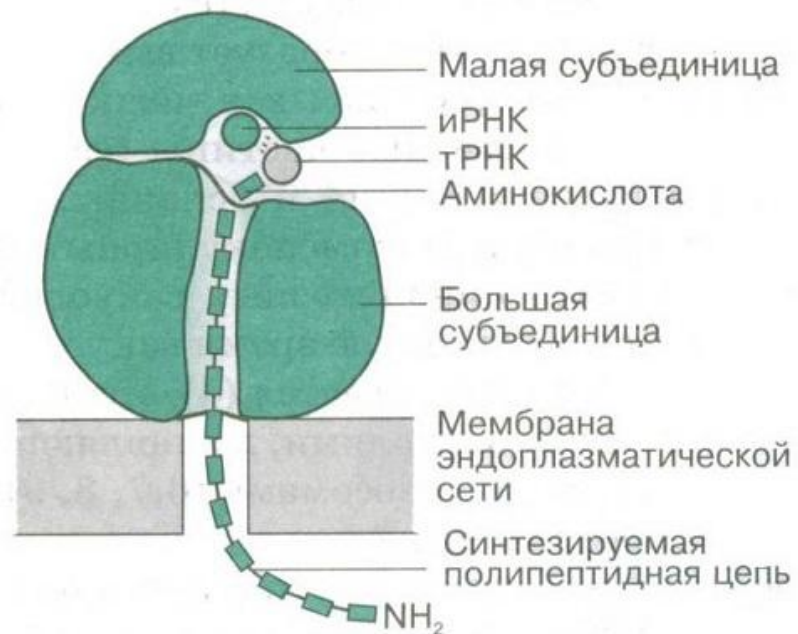
В нём участвуют три структурные элемента клетки – ядро, цитоплазма, рибосомы.



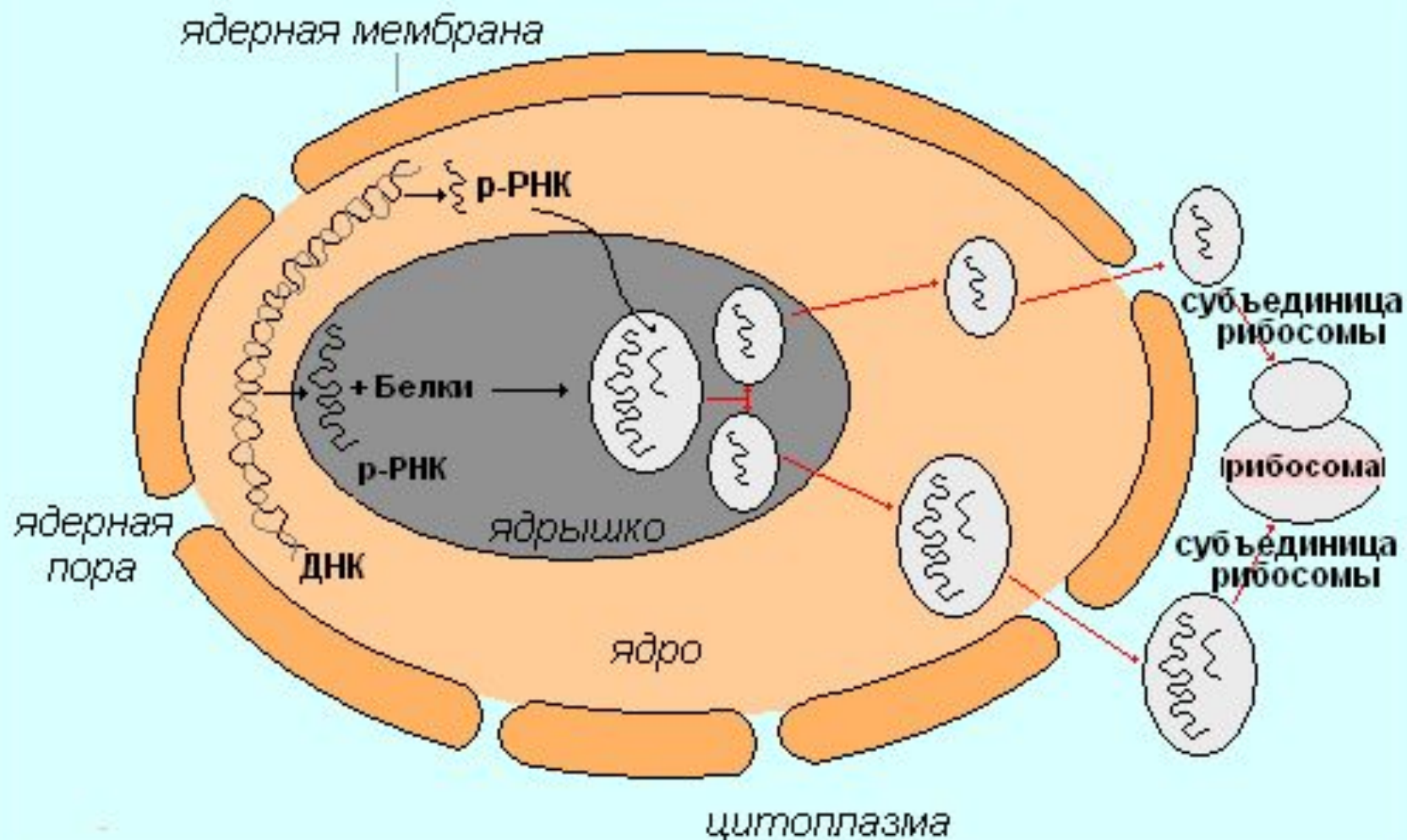




ДВЕ ЦЕПИ ДНК ЗАКРУЧЕНЫ  
В ДВОЙНУЮ СПИРАЛЬ



# Схема образования рибосомы



- **Генетический код** – это последовательность расположения нуклеотидов в молекуле ДНК, которая определяет последовательность аминокислот в молекуле белка.  
СВОЙСТВА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА

- Генетический код триплетный, то есть каждой аминокислоте соответствует свой кодовый триплет (кодон), состоящий из трёх расположенных рядом нуклеотидов.

Пример 1 Аминокислота цистеин кодируется триплетом А-Ц-А, валин – триплетом Ц-А-А.

- Код является универсальным, то есть единым для всех живых организмов – от бактерий до человека. У всех организмов есть одни и те же 20 аминокислот, которые кодируются одними и теми же триплетами.



# СВОЙСТВА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА

- Код не перекрывается, то есть нуклеотид не может входить в состав двух соседних триплетов.
- Код вырожден, то есть одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами.  
Пример 2. Аминокислота тирозин кодируется двумя триплетами.
- Код не имеет запятых (разделительных знаков), считывание информации происходит тройками нуклеотидов.
- Замечание 1 Существуют три несодержательные кодоны (УАГ, УАА, УГА), которые не кодируют аминокислоты и, возможно, действуют как «стоп-кодон», разделяя гены в молекуле ДНК.

- **Ген** – участок молекулы ДНК, который характеризуется определённой последовательностью нуклеотидов и определяет синтез одной полипептидной цепи.

.

# Нуклеотид

1-й	2-й				3-й
	У	Ц	А	Г	
У	УУУ } Фенилаланин УУЦ } УУА } Лейцин УУГ }	УЦУ } УЦЦ } Серин УЦА } УЦГ }	УАУ } Тирозин УАЦ } УАА } <i>стоп-кодонаы</i> УАГ }	УГУ } Цистеин УГЦ } УГА } <i>стоп-кодон</i> УГГ } Триптофан	У Ц А Г
Ц	ЦУУ } ЦУЦ } Лейцин ЦУА } ЦУГ }	ЦЦУ } ЦЦЦ } Пролин ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ } ЦАЦ } Гистидин ЦАА } Глютамин ЦАГ }	ЦГУ } ЦГЦ } ЦГА } ЦГГ } Аргинин	У Ц А Г
А	АУУ } АУЦ } Изолейцин АУА } АУГ } Метионин <i>старт-кодон</i>	АЦУ } АЦЦ } Треонин АЦА } АЦГ }	ААУ } ААЦ } Аспарагин ААА } ААГ } Лизин	АГУ } АГЦ } Серин АГА } АГГ } Аргинин	У Ц А Г
Г	ГУУ } ГУЦ } ГУА } ГУГ } Валин	ГЦУ } ГЦЦ } ГЦА } ГЦГ } Аланин	ГАУ } ГАЦ } Аспарагиновая кислота ГАА } ГАГ } Глутаминовая кислота	ГГУ } ГГЦ } ГГА } ГГГ } Глицин	У Ц А Г

# БИОСИНТЕЗ БЕЛКА

ЭТАПЫ

ТРАНСКРИПЦИ  
Я

ТРАНСЛЯЦИЯ

- Процесс синтеза молекулы иРНК на одной цепи молекулы ДНК на основании принципа комплементарности называется **транскрипцией**, или переписыванием.

Транскрипция происходит в ядре клетки.

- Транскрипция может одновременно происходить и на нескольких генах одной хромосомы и на генах разных хромосомах.  
Если в молекуле ДНК есть азотистое основание цитозин, то в иРНК – гуанин и наоборот.  
Комплементарной парой в ДНК является аденин – тимин, а РНК вместо тимина содержит урацил.



- На специальных генах синтезируются и два другие типа РНК – тРНК и рРНК.
- Начало и окончание синтеза всех типов РНК на матрице ДНК строго фиксированы специальными триплетами, которые контролируют запуск (инициирующие) и остановку (терминальные) синтеза. Они выполняют функции «разделительных знаков» между генами.
- Соединение тРНК с аминокислотами происходит в цитоплазме. Молекула тРНК формой напоминает листик клевера, на его верхушке расположен антикодон – триплет нуклеотидов, который кодирует аминокислоту, которую переносит данная тРНК.

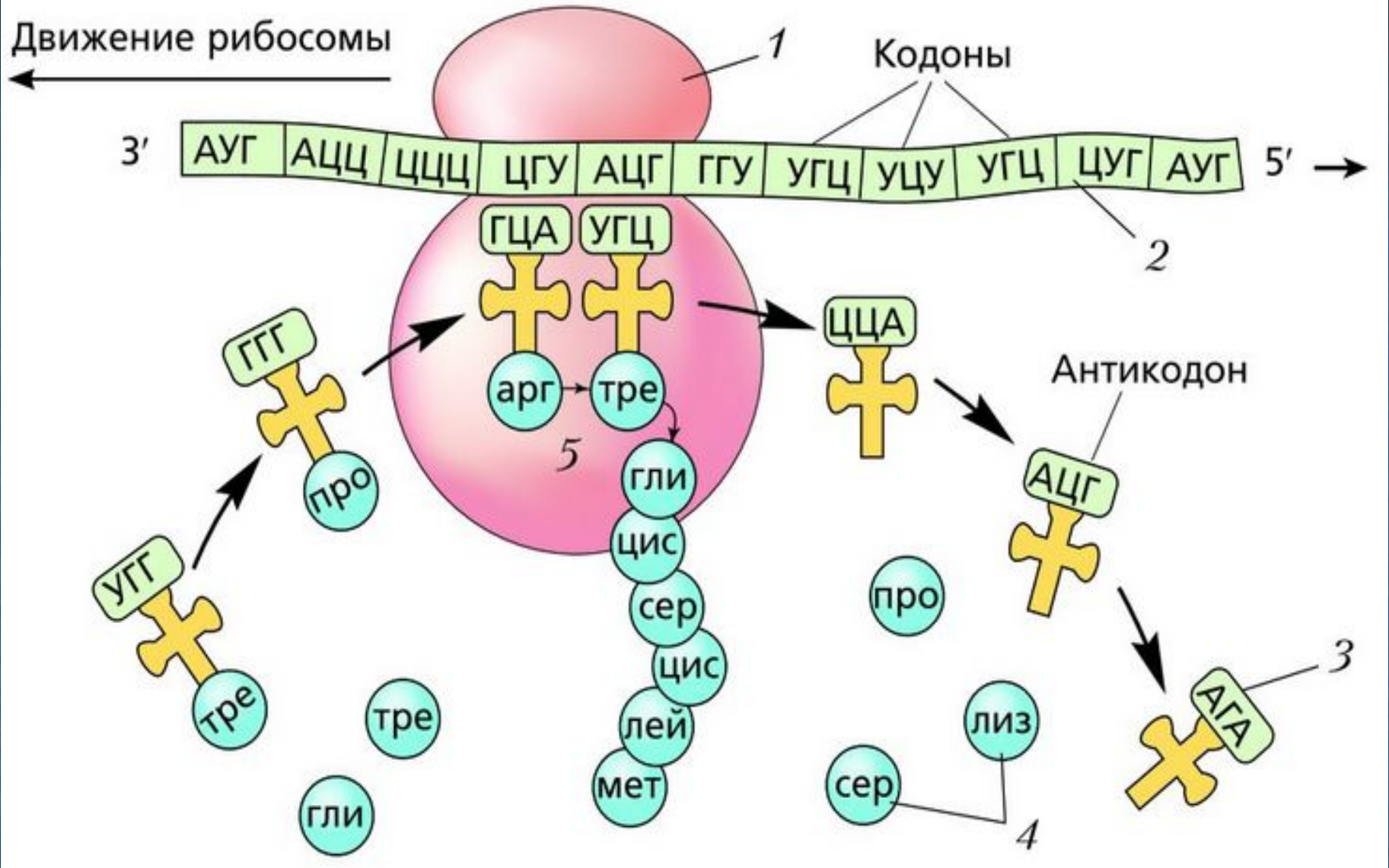
# T-RНК

- Два ключевых участка транспортной РНК: конец, присоединяющий аминокислоту (или акцепторный участок) и петля несущая три основания антикодона
- Эти основания соединяются путем комплементарного взаимодействия с тремя основаниями кодона м-РНК
- Благодаря этому на соответствующее место в полипептиде становится «правильная» аминокислота



# ТРАНСЛЯЦИЯ

- **Трансляция** – это процесс, в результате которого информация о структуре белка, записанная в иРНК в виде последовательности нуклеотидов, реализуется в виде последовательности аминокислот в молекуле белка, которая синтезируется.
- Этот процесс осуществляется в рибосомах.

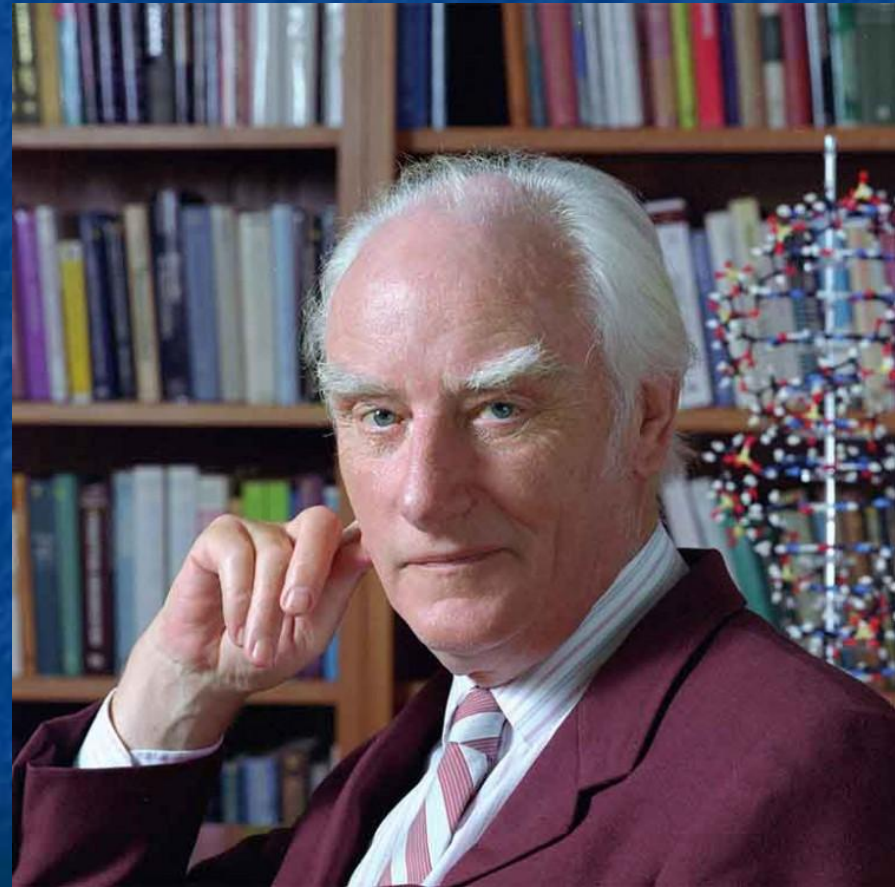


Кодон АУГ – инициатор, с которого начинается синтез любого полипептида

- Одна и та же рибосома способна синтезировать разные белки. После завершения синтеза белка рибосома отделяется от иРНК, а белок поступает в эндоплазматическую сеть.
- Таким образом, последовательность кодонов иРНК определяет последовательность включения аминокислот в цепь белка.
- Синтезированные белки поступают в каналы эндоплазматического ретикулума. Одна молекула белка в клетке синтезируется за 1 - 2 минуты.

# Центральная догма молекулярной биологии

- Один ген молекулы ДНК кодирует один белок, отвечающий за одну химическую реакцию в клетке.

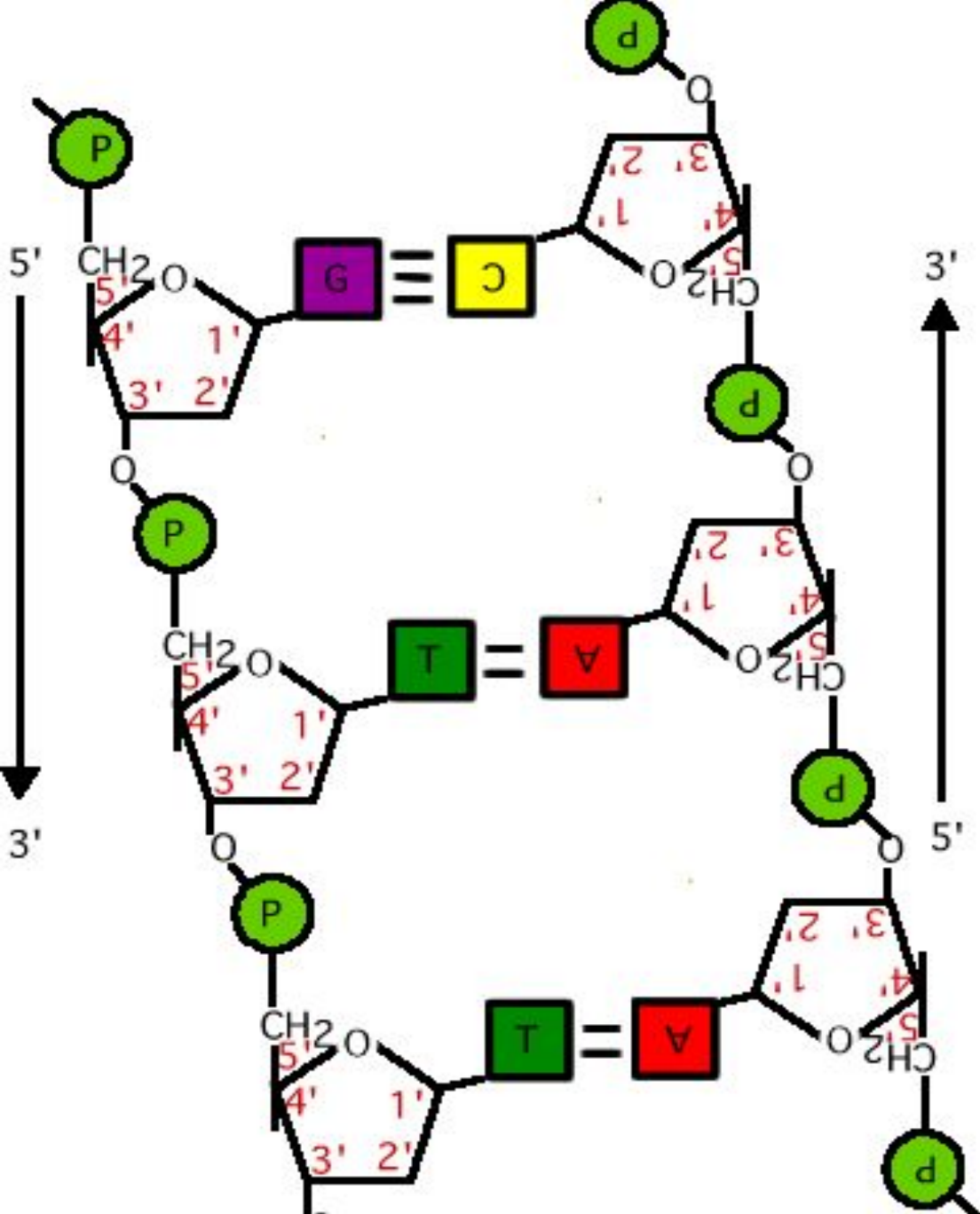


Фрэнсис Крик

транскрипция

трансляция

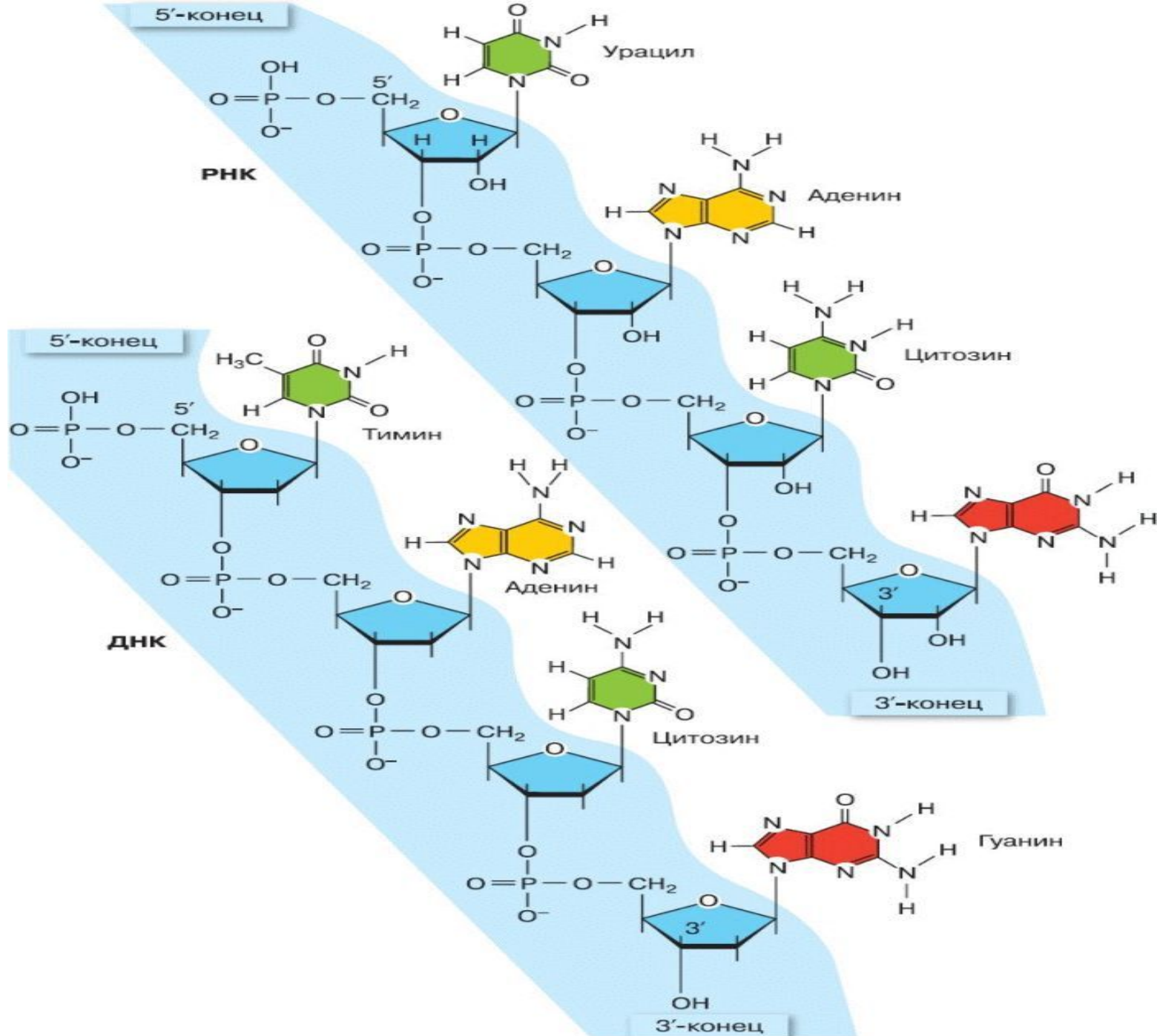




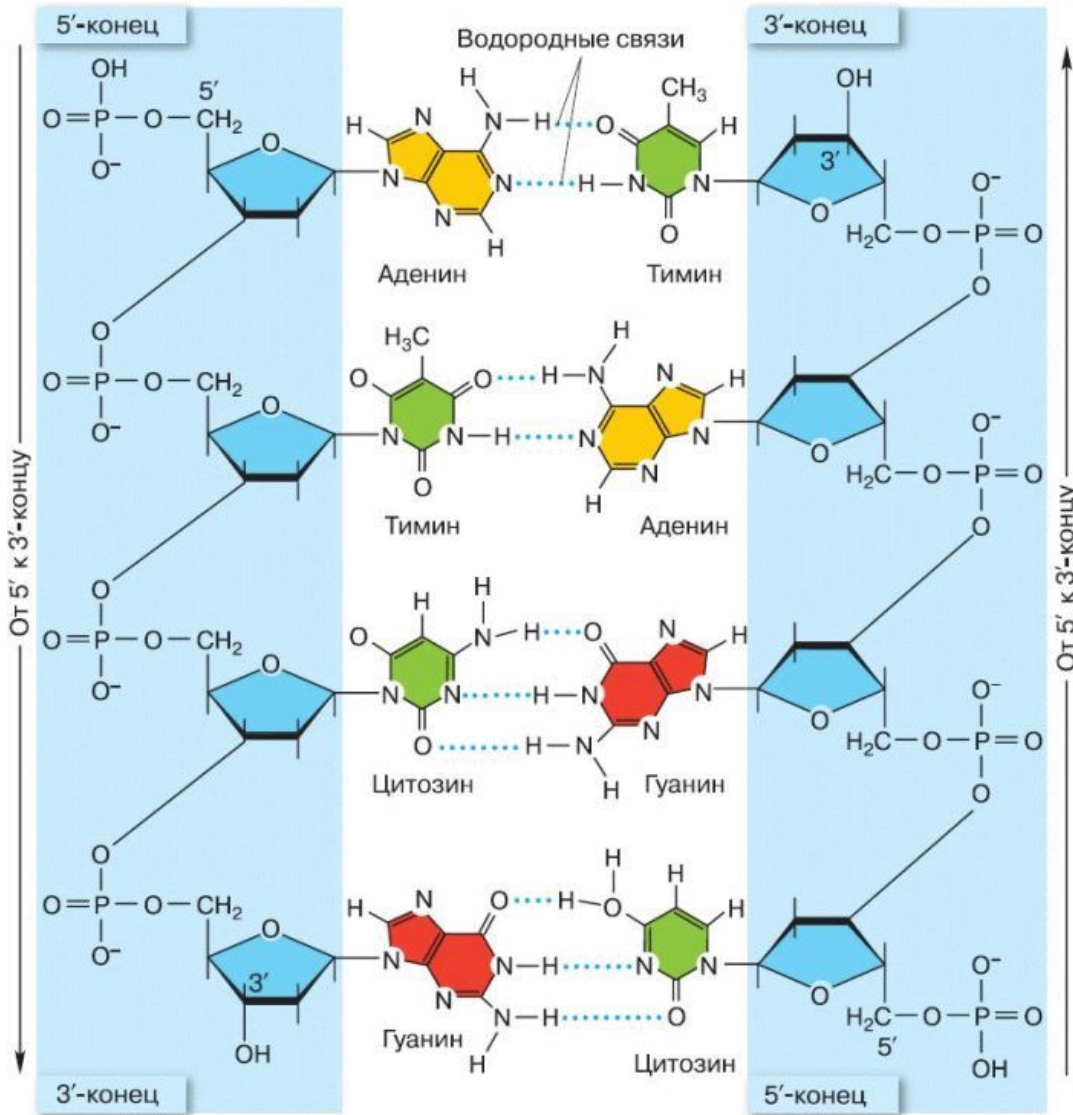
Атомы углерода в пентозе пронумерованы.

- 1) В соединении нуклеотидов в цепь участвуют  $C_5$  и  $C_3$ .
- 2) В соединении с азотистым основанием участвует  $C_1$ .





Сахарофосфатный остов



Две цепи, составляющие одну молекулу ДНК — разнонаправлены, или антипараллельны. Нуклеотиды находятся внутри, а сахарофосфатные группировки — снаружи.

Задание:

постройте участок второй цепочки  
ДНК, следуя принципу  
комплементарности.

А Г Ц Т А А Г Г Т Т Ц Ц

# Эрвин Чаргафф

Нуклеотидный состав ДНК в 1951г впервые количественно проанализировал американский биохимик Эрвин Чаргафф.

Нуклеотиды в двух цепях располагаются комплементарно друг другу.

Расстояние между нуклеотидами в цепи составляет 0,34 нм.

Молекулярная масса одного нуклеотида равна 345

# Правило Чаргаффа



В ДНК количество Аденина равно количеству Тимина, а количество Гуанина — количеству Цитозина.

## Задание

1. В молекуле ДНК тиминов насчитывается 24% от общего числа азотистых оснований. Определите количество других азотистых оснований в этой молекуле.

2. В молекуле ДНК 26 нуклеотидов. Какова длина и масса молекулы ДНК.

# Функции нуклеиновых кислот

## ДНК

Хранение и передача наследственной информации.

## РНК

Реализация наследственной информации в клетке.

# Ганс Винклер



Немецкий биолог в 1920 г ввел термин «геном» для гаплоидного набора хромосом.

Геном является генетической характеристикой вида в целом, включает в себя все гены вида.



# Геном человека

**Совокупность наследственного материала, заключенного в клетке человека.** Состоит из 23 пар хромосом (44 аутосомы и две половые хромосомы X и Y) находящихся в ядре, а также митохондриальной ДНК.

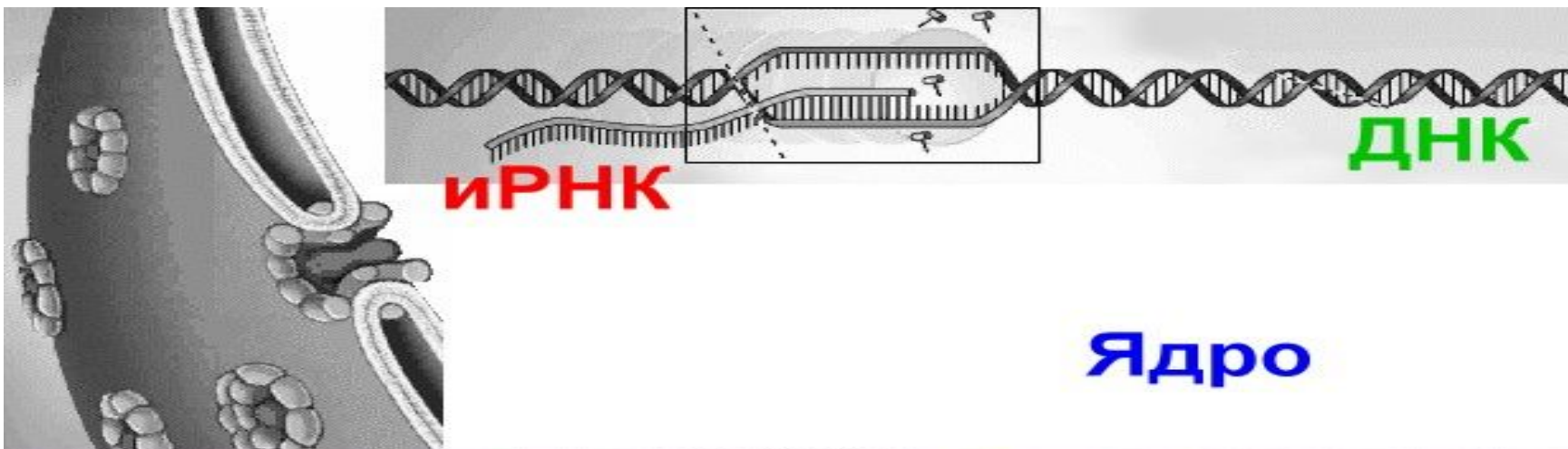
К 2003 году геном человека был расшифрован, т. е. была определена последовательность ДНК всех хромосом и митохондриальной ДНК. Выяснилось, что человеческий геном содержит 20-25 тыс. активных генов, то есть только 1,5% кодирует белки или функциональные РНК, остальная часть — это некодирующая ДНК (мусорная). Однако она играет важную роль в регуляции активности генов и формировании всего организма в процессе развития.

# Типы РНК

1. Информационная (**и-РНК**) или матричная (**м-РНК**) — передача информации о структуре белка из ядра клеток (ДНК) в цитоплазму к рибосомам.
2. Рибосомная (**р-РНК**) - входит в состав рибосом и участвует в синтезе белка.
3. Транспортная (**т-РНК**) - переносит аминокислоты к рибосомам и участвует в синтезе белка.

4. Каталитические РНК (рибозимы) - специфические катализаторы биохимических реакций, чаще всего связаны с превращениями самих РНК.

5. Регуляторные РНК — обеспечивают регуляцию синтеза белков ( процессы транскрипции и трансляции).

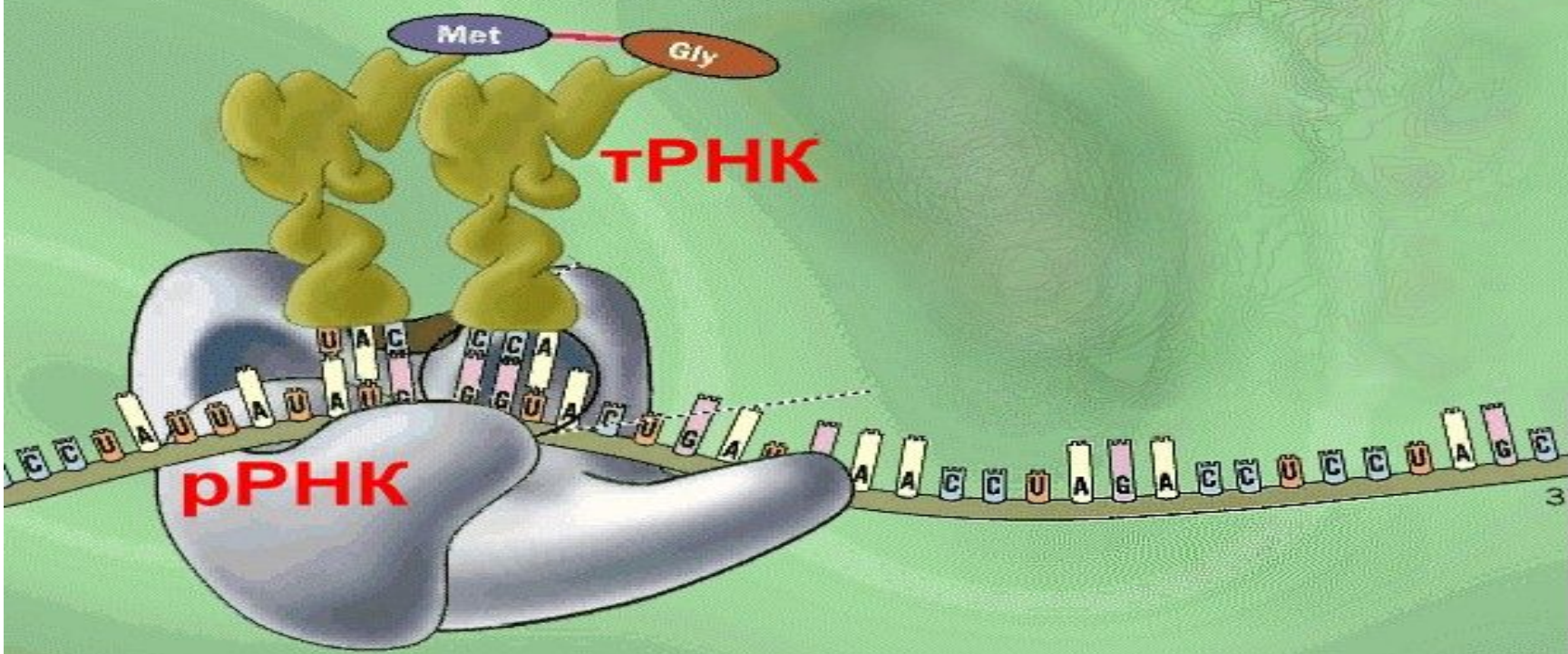


**иРНК**

**ДНК**

**Ядро**

**Цитоплазма**



**тРНК**

**рРНК**

3

# Особенность формы т-РНК

Имеет форму трилистника:  
на вершине 3 нуклеотида  
(антикодон), на  
противоположной стороне  
«посадочное площадка»  
для аминокислоты  
(акцепторный конец).

