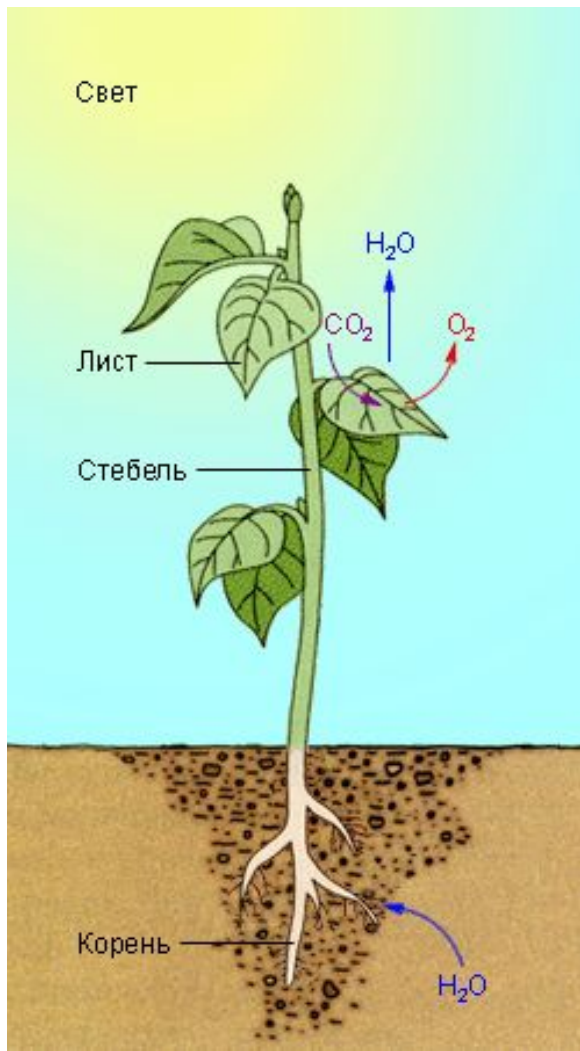


# *Тема: «Код ДНК. Транскрипция».*

## *Задачи:*

- Рассмотреть основные свойства генетического кода;
- Изучить особенности транскрипции у эукариот.

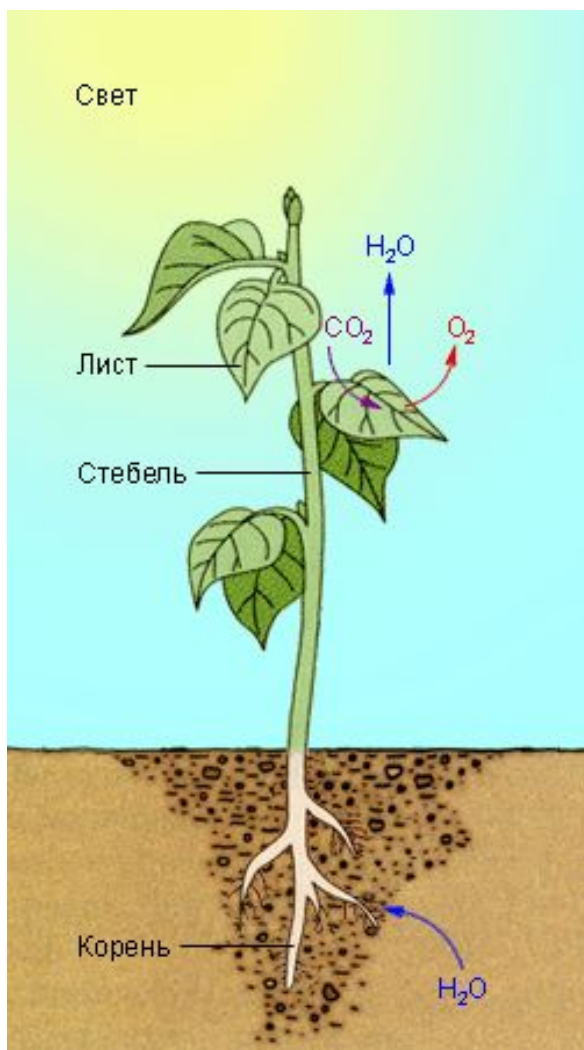
## Общая характеристика обмена веществ



Важнейшее свойство живых организмов — **обмен веществ**. Любой живой организм — **открытая система**, которая потребляет из окружающей среды различные вещества и использует их в качестве строительного материала, или как источник энергии и выделяет в окружающую среду продукты жизнедеятельности и энергию.

Совокупность реакций обмена веществ, протекающих в организме, называется **метаболизмом**, состоящим из взаимосвязанных реакций **ассимиляции** (пластического обмена, анаболизма) и реакций **диссимиляции** (энергетического обмена, катаболизма).

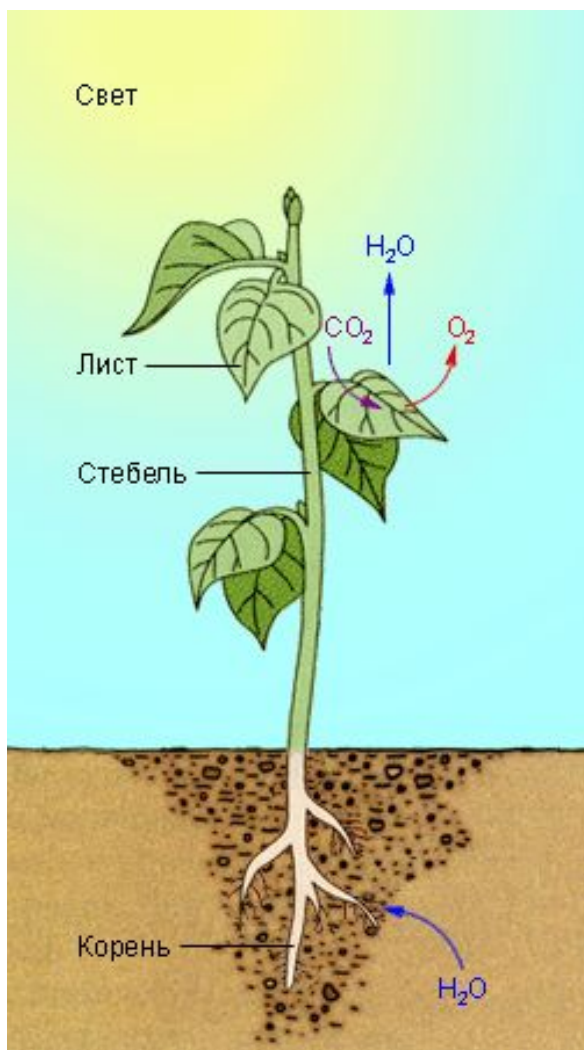
## Общая характеристика обмена веществ



Эти две группы реакций *взаимосвязаны*, реакции биосинтеза невозможны без энергии, которая выделяется в реакциях энергетического обмена, реакции диссимиляции не идут без ферментов, образующихся в реакциях пластического обмена.

Для поддержания различных процессов жизнедеятельности, например: для движения, для биосинтеза различных органических соединений; для поглощения веществ — *организму необходима энергия*. Одна группа организмов (*фотавтотрофы*) использует *солнечную энергию*; вторая группа (*хемоавтотрофы*) использует энергию, выделяющуюся при окислении *неорганических веществ*;

## Общая характеристика обмена веществ



Третья группа организмов (хемотротрофы) окисляет органические вещества и использует выделяющуюся при этом энергию. Если организмы в зависимости от условий ведут себя как авто– либо как гетеротрофы, то их называют миксотрофами.

Метаболизм авто– и гетеротрофов различается. В качестве источника углерода автотрофы используют неорганические вещества ( $CO_2$ ), а гетеротрофы — органические.

Различны и источники энергии: у автотрофов — энергия солнечного света или энергия, выделяющаяся при окислении неорганических соединений, у гетеротрофов — энергия окисления органических веществ.

# Общая характеристика обмена веществ

## Основной источник энергии для жизнедеятельности

Энергия солнечного света - фотоавтотрофы

Источник углерода - углекислый газ

Энергия окисления неорганических соединений - хемоавтотрофы

Источник углерода - углекислый газ

Энергия окисления органических соединений - хемогетеротрофы

Источник углерода - органические соединения

К какой группе организмов по типу использования энергии относятся:

Бактерии-сапротрофы? Зеленые бактерии? Цианобактерии?

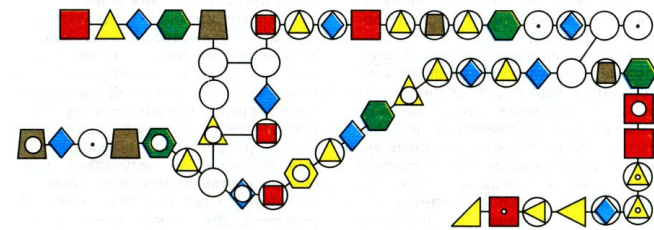
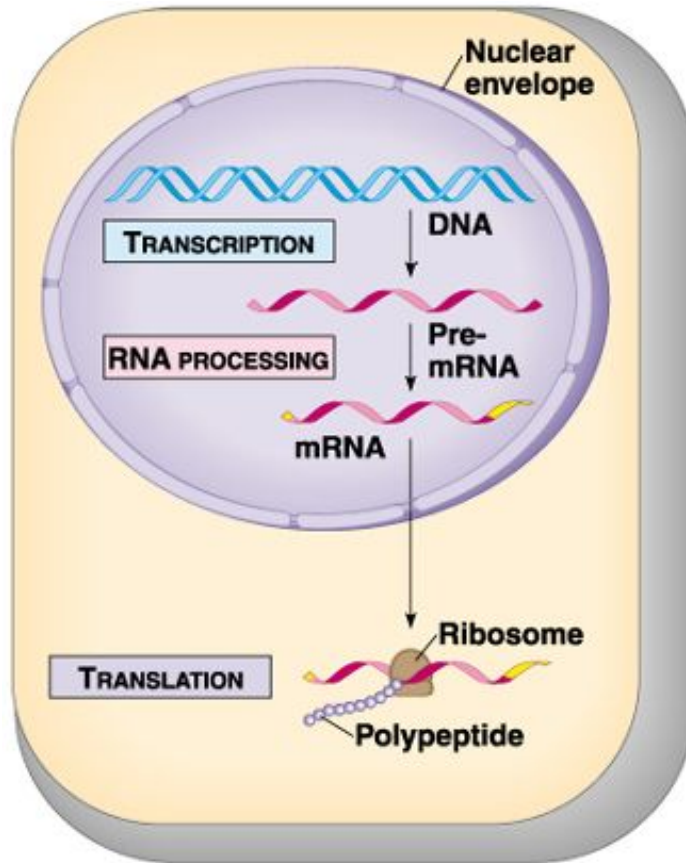
Грибы?

Животные?

Растения?



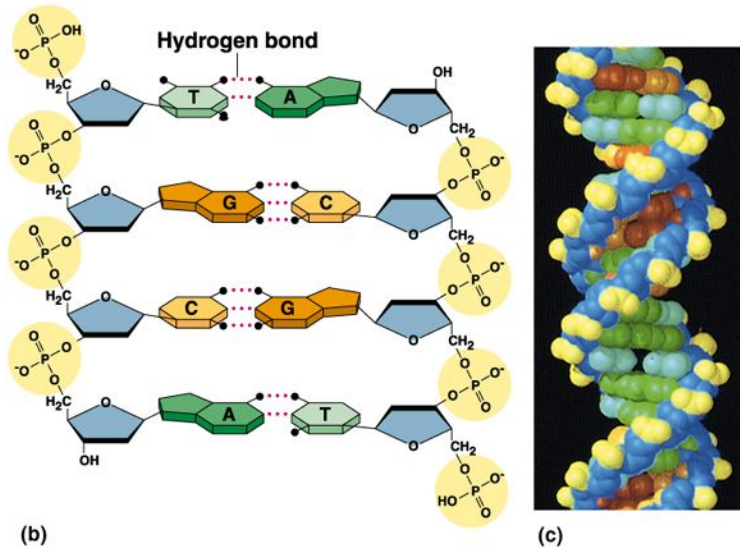
## Код ДНК.



В каждой клетке синтезируется несколько тысяч различных белковых молекул. Белки недолговечны, время их существования ограничено, после чего они разрушаются.

Информация о последовательности аминокислот в белковой молекуле закодирована в виде последовательности нуклеотидов в ДНК.

## Код ДНК.



Итак, последовательность нуклеотидов каким-то образом кодирует последовательность аминокислот. Все многообразие белков образовано из 20 различных аминокислот, а нуклеотидов в составе ДНК — 4 вида. Если предположить, что один нуклеотид кодирует одну аминокислоту, то 4 нуклеотидами можно закодировать 4 аминокислоты.

Если 2 нуклеотида кодируют одну аминокислоту, то количество кодируемых кислот возрастает до 16 ( $4^2$ ). Значит, код ДНК должен быть триплетным. Было доказано, что именно три нуклеотида кодируют одну аминокислоту, в этом случае можно будет закодировать  $4^3$  — 64 аминокислоты. А так как аминокислот всего 20, то некоторые аминокислоты должны кодироваться несколькими триплетами.

# Код ДНК. Свойства кода

		Второй нуклеотид						
		У	Ц	А	Г			
Первый нуклеотид	У	УУУ	УЦУ } УЦЦ } УЦА } УЦГ }	УАУ	УГУ } УГЦ } УГА } УГГ }	У Ц А Г	Третий нуклеотид	
		УУЦ		УАЦ				УГЦ
		УУА		УАА				УГА
		УУГ		УАГ				УГГ
Ц	ЦУУ	ЦЦУ } ЦЦЦ } ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ	ЦГУ } ЦГЦ } ЦГА } ЦГГ }	У Ц А Г	Третий нуклеотид		
	ЦУЦ		ЦАЦ				ЦГЦ	
	ЦУА		ЦАА				ЦГА	
	ЦУГ		ЦАГ				ЦГГ	
А	АУУ	АЦУ } АЦЦ } АЦА } АЦГ }	ААУ	АГУ } АГЦ } АГА } АГГ }	У Ц А Г	Третий нуклеотид		
	АУЦ		ААЦ				АГЦ	
	АУА		ААА				АГА	
	АУГ		ААГ				АГГ	
Г	ГУУ	ГЦУ } ГЦЦ } ГЦА } ГЦГ }	ГАУ	ГГУ } ГГЦ } ГГА } ГГГ }	У Ц А Г	Третий нуклеотид		
	ГУЦ		ГАЦ				ГГЦ	
	ГУА		ГАА				ГГА	
	ГУГ		ГАГ				ГГГ	

1. **Триплетность.** Каждая аминокислота кодируется триплетом нуклеотидов – **кодоном**.
2. **Однозначность.** Кодовый триплет, кодон, соответствует только одной аминокислоте.
3. **Вырожденность** (избыточность). Одну аминокислоту могут кодировать несколько (до шести) кодонов.



# Код ДНК. Свойства кода

		Второй нуклеотид						
		У	Ц	А	Г			
Первый нуклеотид	У	УУУ	УЦУ } УЦЦ } УЦА } УЦГ }	УАУ	УГУ } УГЦ } УГА } УГГ }	У Ц А Г	Третий нуклеотид	
		УУЦ		УАЦ				УГЦ
		УУА		УАА				УГА
		УУГ		УАГ				УГГ
Ц	ЦУУ	ЦЦУ } ЦЦЦ } ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ	ЦГУ } ЦГЦ } ЦГА } ЦГГ }	У Ц А Г	Третий нуклеотид		
	ЦУЦ		ЦАЦ				ЦГЦ	
	ЦУА		ЦАА				ЦГА	
	ЦУГ		ЦАГ				ЦГГ	
А	АУУ	АЦУ } АЦЦ } АЦА } АЦГ }	ААУ	АГУ } АГЦ } АГА } АГГ }	У Ц А Г	Третий нуклеотид		
	АУЦ		ААЦ				АГЦ	
	АУА		ААА				АГА	
	АУГ		ААГ				АГГ	
Г	ГУУ	ГЦУ } ГЦЦ } ГЦА } ГЦГ }	ГАУ	ГГУ } ГГЦ } ГГА } ГГГ }	У Ц А Г	Третий нуклеотид		
	ГУЦ		ГАЦ				ГГЦ	
	ГУА		ГАА				ГГА	
	ГУГ		ГАГ				ГГГ	

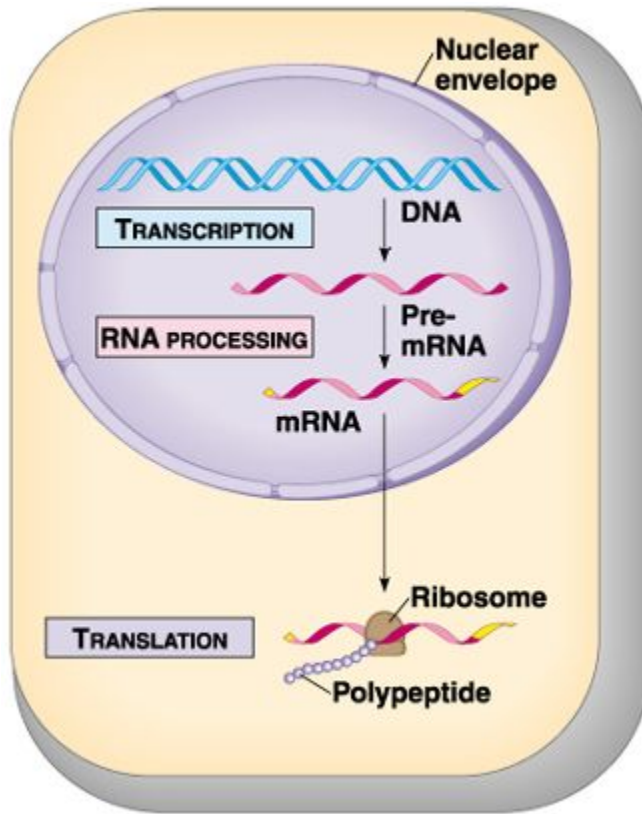
- Универсальность.** Генетический код одинаков, одинаковые аминокислоты кодируются одними и теми же триплетами нуклеотидов у всех организмов Земли.
- Неперекрываемость.** Последовательность нуклеотидов имеет рамку считывания по 3 нуклеотида, один и тот же нуклеотид не может быть в составе двух триплетов. (Жил был кот тих был сер мил мне тот кот);

# Код ДНК. Свойства кода

		Второй нуклеотид							
		У	Ц	А	Г				
Первый нуклеотид	У	УУУ	УЦУ } УЦЦ } УЦА } УЦГ }	УАУ	УГУ } УГЦ } УГА } УГГ }	У } Ц } А } Г }	Ц } А } Г }		
		УУЦ		УАЦ				Цистеин	
		УУА		УАА				Стоп-кодон	
		УУГ		УАГ				Стоп-кодон	
Ц	ЦУУ	ЦЦУ } ЦЦЦ } ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ } ЦАЦ } ЦАА } ЦАГ }	ЦГУ } ЦГЦ } ЦГА } ЦГГ }	Ц } А } Г }	Ц } А } Г }			
							ЦУЦ	ЦАЦ	Гистидин
							ЦУА	ЦАА	Глутамин
							ЦУГ	ЦАГ	Аргинин
А	АУУ	АЦУ } АЦЦ } АЦА } АЦГ }	ААУ } ААЦ } ААА } ААГ }	АГУ } АГЦ } АГА } АГГ }	А } Ц } А } Г }	А } Ц } А } Г }			
							АУЦ	ААЦ	Серин
							АУА	ААА	Аргинин
							АУГ	ААГ	Метионин старт-кодон
Г	ГУУ	ГЦУ } ГЦЦ } ГЦА } ГЦГ }	ГАУ } ГАЦ } ГАА } ГАГ }	ГГУ } ГГЦ } ГГА } ГГГ }	Г } Ц } А } Г }	Г } Ц } А } Г }			
							ГУЦ	ГАЦ	Аспарагиновая кислота
							ГУА	ГАА	Глутаминовая кислота
							ГУГ	ГАГ	Глицин

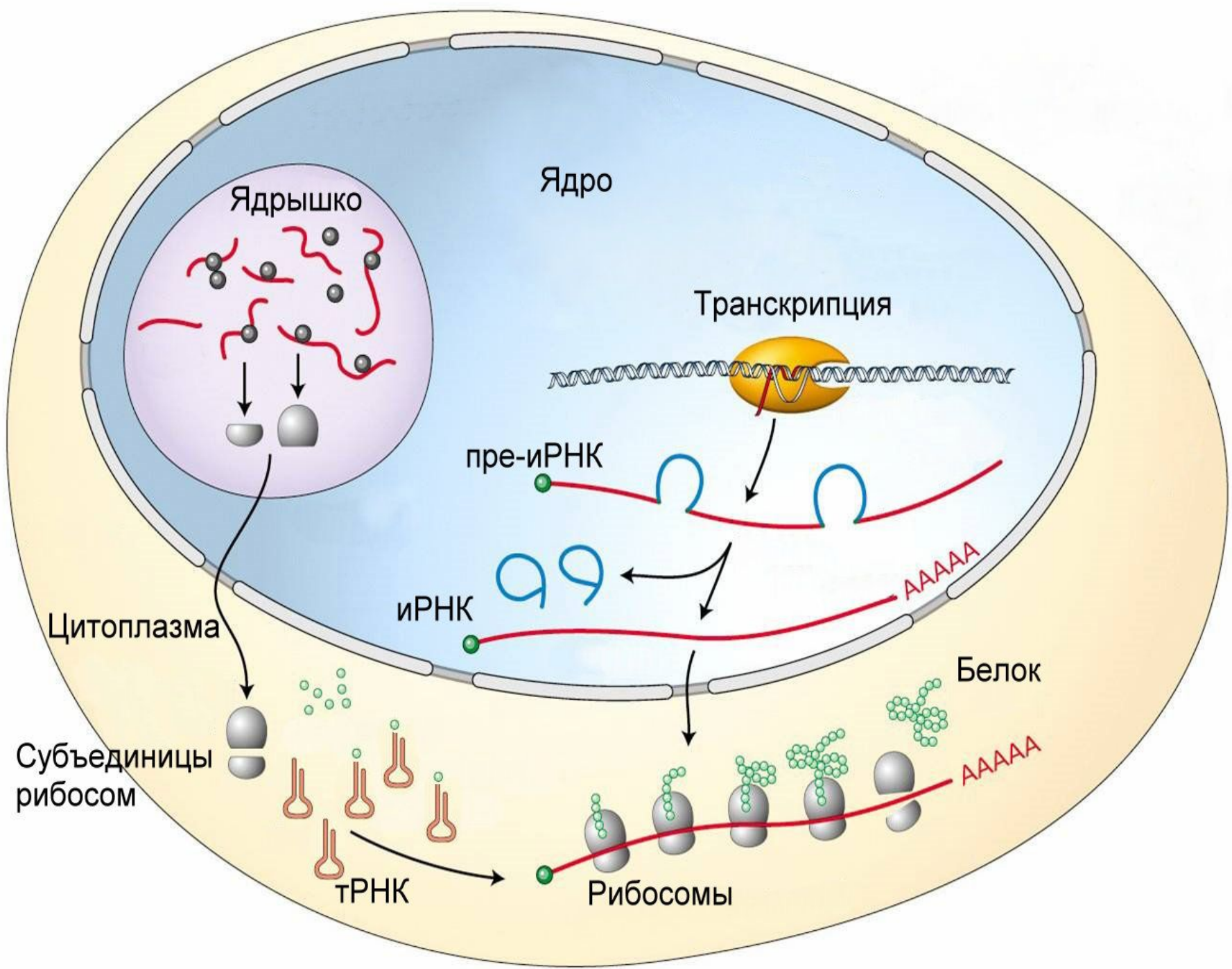
6. *Наличие кодона- инициатора и кодонов-терминаторов.* Из 64 кодовых триплетов 61 кодон — кодирующие, кодируют аминокислоты, а 3 — бессмысленные, не кодируют аминокислоты, терминирующие синтез полипептида при работе рибосомы (УАА, УГА, УАГ). Кроме того, есть кодон — инициатор (метиониновый), с которого начинается синтез любого полипептида.

# Транскрипция



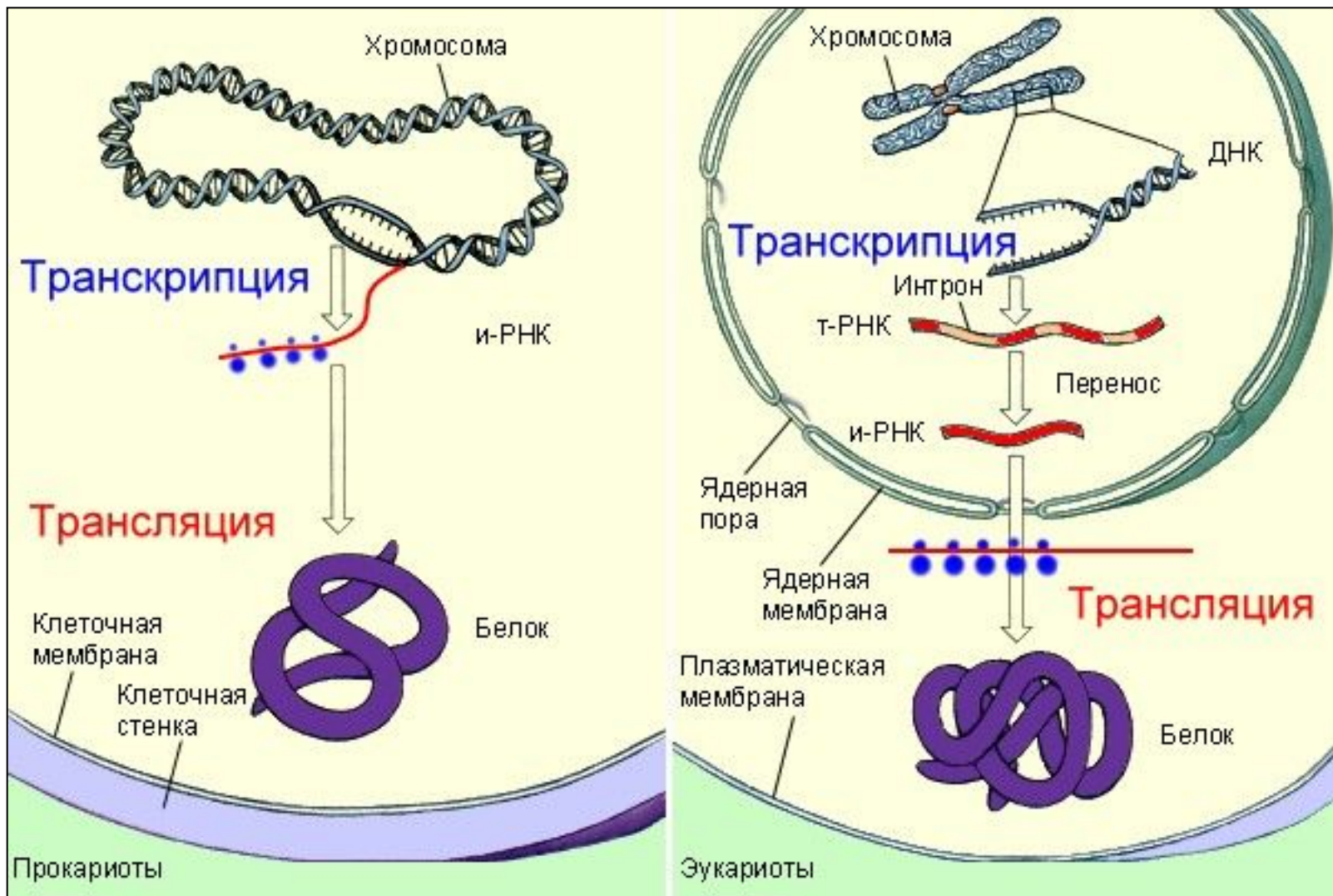
*Реакции матричного синтеза – особая категория химических реакций, происходящих в клетках живых организмов. Во время этих реакций происходит синтез полимерных молекул по плану, заложенному в структуре других полимерных молекул-матриц. На одной матрице может быть синтезировано неограниченное количество молекул-копий. К этой категории реакций относятся репликация, транскрипция, трансляция и обратная транскрипция (образование на РНК ДНК).*

Центральная догма молекулярной биологии: ДНК→РНК→белок.



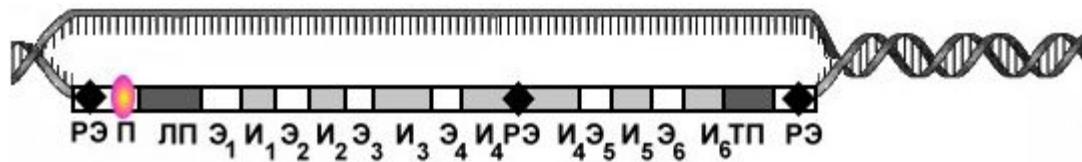


# Транскрипция





# Транскрипция



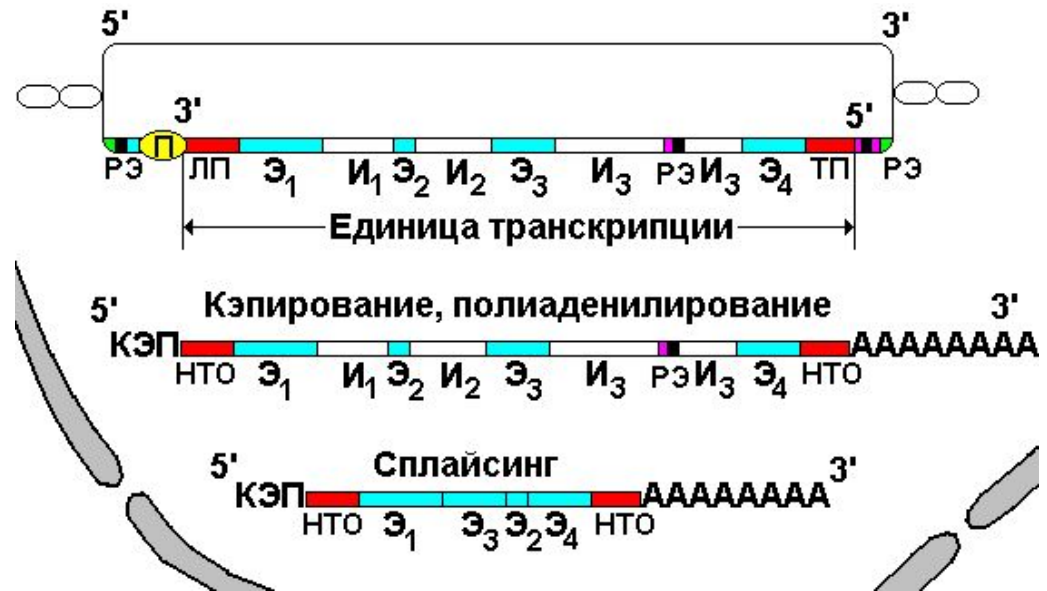
Особенностями строения гена эукариот являются:

- наличие достаточно большого количества регуляторных элементов (**РЭ**);
- мозаичность (чередование кодирующих участков с некодирующими);
- наличие **экзонов** (Э) – участков гена, несущих информацию о строении полипептида и **интронов** (И), не несущих такой информации. Число экзонов и интронов различных генов разное, экзоны чередуются с интронами, общая длина интронов может превышать длину экзонов в два и более раз.
- Гены эукариот могут кодировать полипептиды, тРНК, рРНК, есть регуляторные участки.

# Транскрипция

Перед первым экзоном и после последнего экзона находятся нуклеотидные последовательности, называемые соответственно лидерной (ЛП) и трейлерной последовательностью (ТП).

*Лидерная и трейлерная последовательности, экзоны и интроны образуют единицу транскрипции.*

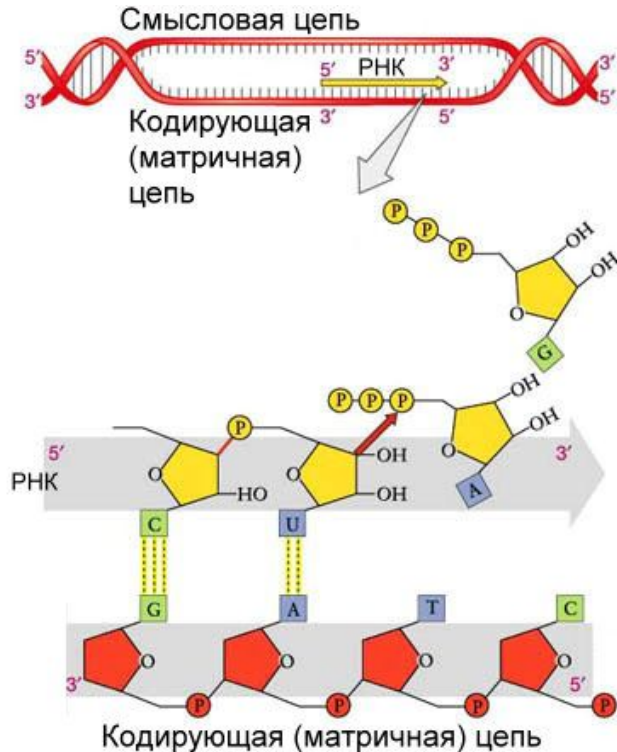


# Транскрипция

Транскрипция – *синтез РНК на матрице ДНК*. РНК-полимераза II может присоединиться только к промотору, который находится на 3'-конце матричной цепи ДНК, и двигаться *только от 3'- к 5'-концу* этой матричной цепи ДНК.

Синтез иРНК происходит на одной из двух цепочек ДНК в соответствии с принципами *комплементарности и антипараллельности от 5'- к 3'-концу*.

Строительным материалом и источником энергии для транскрипции являются *рибонуклеозидтрифосфаты* (АТФ, УТФ, ГТФ, ЦТФ).



# Транскрипция



Сколько нуклеотидов кодируют полипептид из 51 аминокислоты?

153

Какой триплет в молекуле иРНК соответствует кодовому триплету АТГ в молекуле ДНК?

УАЦ

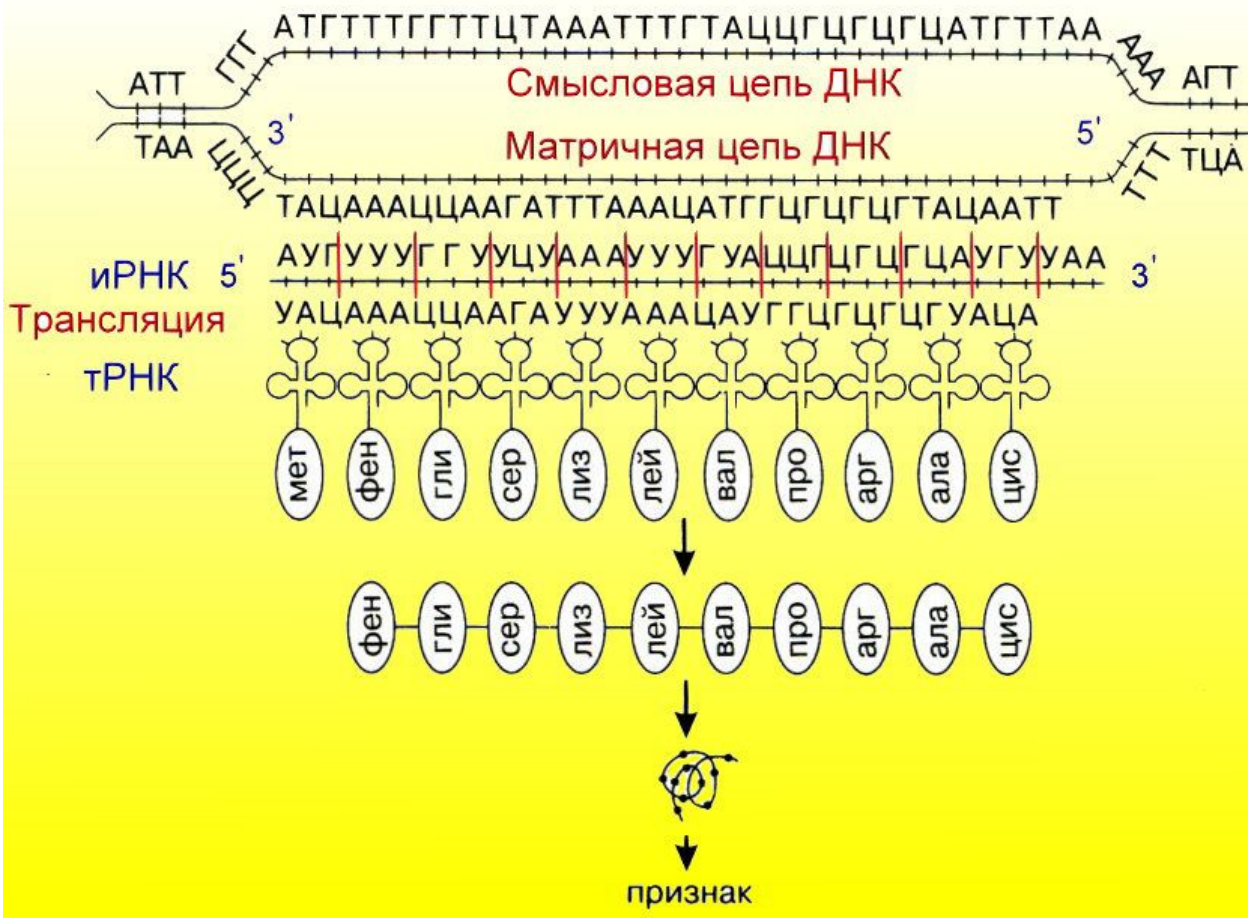
Какой триплет ДНК матричной цепи соответствует кодону

АСА иРНК?

ТГТ

# Транскрипция

Транскрипция





# Транскрипция

		Второй нуклеотид						
		У	Ц	А	Г			
Первый нуклеотид	У	УУУ	УЦУ } УЦЦ } УЦА } УЦГ }	УАУ	УГУ } УГЦ } УГА } [ ] }	УЦА } УЦА } УЦА } УЦА }	Третий нуклеотид	
		УУЦ		УАЦ				УГА
		УУА		УАА				[ ]
		УУГ		УАГ				[ ]
Ц	ЦУУ	ЦЦУ } ЦЦЦ } ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ	ЦГУ } ЦГЦ } ЦГА } ЦГГ }	УЦА } УЦА } УЦА } УЦА }	Г		
	ЦУЦ		ЦАЦ				ЦГА	
	ЦУА		ЦАА				ЦГА	
	ЦУГ		ЦАГ				ЦГГ	
А	АУУ	АЦУ } АЦЦ } АЦА } АЦГ }	ААУ	АГУ } АГЦ } АГА } АГГ }	УЦА } УЦА } УЦА } УЦА }	Г		
	АУЦ		ААЦ				АГЦ	
	АУА		ААА				АГА	
	АУГ		ААГ				АГГ	
Г	ГУУ	ГЦУ } ГЦЦ } ГЦА } ГЦГ }	ГАУ	ГГУ } ГГЦ } ГГА } ГГГ }	УЦА } УЦА } УЦА } УЦА }	Г		
	ГУЦ		ГАЦ				ГГЦ	
	ГУА		ГАА				ГГА	
	ГУГ		ГАГ				ГГГ	

Каким кодоном кодируется аминокислота триптофан на иРНК? Какой триплет ДНК несет информацию об этой аминокислоте?

Кодон иРНК: 5' – УГГ – 3'

Кодон ДНК: 3' – АЦЦ – 5'

## Подведем итоги:

**Триплетность** генетического кода. Поясните это свойство.

*Каждая аминокислота кодируется триплетом нуклеотидов – кодоном.*

**Однозначность** генетического кода. Поясните это свойство.

*Кодовый триплет, кодон, соответствует только одной аминокислоте.*

**Вырожденность** генетического кода. Поясните это свойство.

*Одну аминокислоту могут кодировать несколько (до шести) кодонов.*

**Универсальность** генетического кода. Поясните это свойство.

*Генетический код одинаков, одинаковые аминокислоты кодируются одними и теми же триплетами нуклеотидов у всех организмов Земли.*

**Неперекрываемость** генетического кода. Поясните это свойство.

*Последовательность нуклеотидов имеет рамку считывания по 3 нуклеотида, один и тот же нуклеотид не может быть в составе двух триплетов.*

На ДНК могут быть закодированы:

*Полипептиды, рРНК, тРНК.*

## Подведем итоги:

Сколько кодонов кодируют 20 видов аминокислот? Какие кодоны находятся в начале иРНК и в ее конце?

*Из 64 кодовых триплетов 61 кодон — кодирующие, кодируют аминокислоты, а 3 — бессмысленные, не кодируют аминокислоты, терминирующие синтез полипептида при работе рибосомы (УАА, УГА, УАГ). Кроме того, есть кодон — инициатор (метиониновый), с которого начинается синтез любого полипептида.*

Что такое промотор?

*Перед геном находится промотор – последовательность нуклеотидов, с которой соединяется РНК-полимераза.*

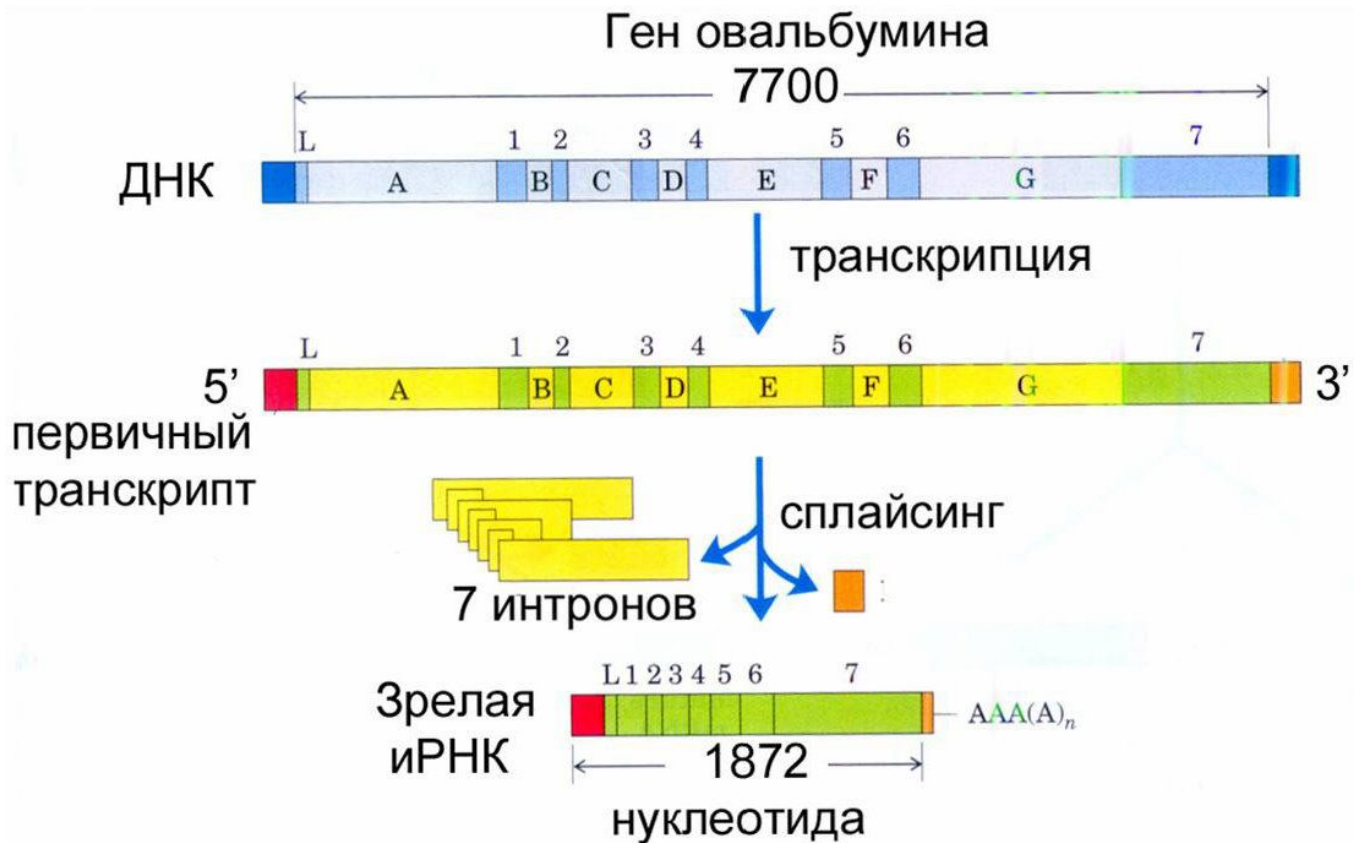
Что такое транскрипция?

*Транскрипция – синтез РНК на матрице ДНК.*

В каком направлении движется РНК-полимераза? В каком направлении происходит образование иРНК?

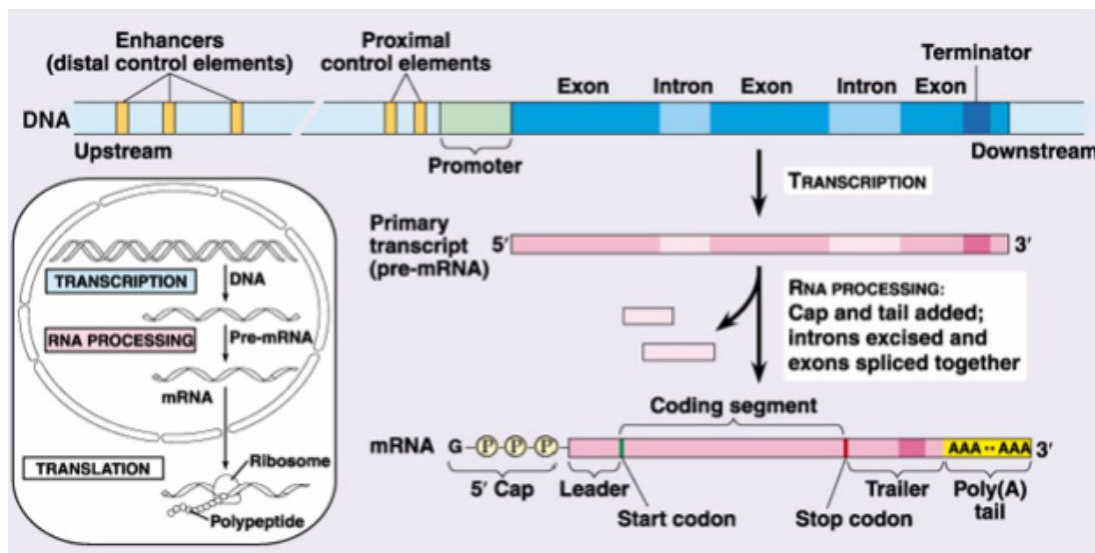
*РНК-полимераза может присоединиться только к промотору, который находится на 3'-конце матричной цепи ДНК, и двигаться только от 3'- к 5'-концу этой матричной цепи ДНК.*

# Транскрипция



В результате транскрипции образуется «незрелая» иРНК (пре-иРНК), которая проходит стадию созревания или процессинга.

# Транскрипция



Процессинг включает в себя:

- 1) КЭПирование 5'-конца;
- 2) полиаденилирование 3'-конца (присоединение нескольких десятков адениловых нуклеотидов);
- 3) сплайсинг (вырезание интронов и сшивание экзонов). В зрелой иРНК выделяют КЭП, транслируемую область (сшитые в одно целое экзоны), нетранслируемые области (НТО) и полиА «хвост». Возможен *альтернативный сплайсинг*, при котором вместе с интронами вырезаются и экзоны. При этом с одного гена могут образовываться разные белки. Таким образом, утверждение – «Один ген – один полипептид» – неверно.

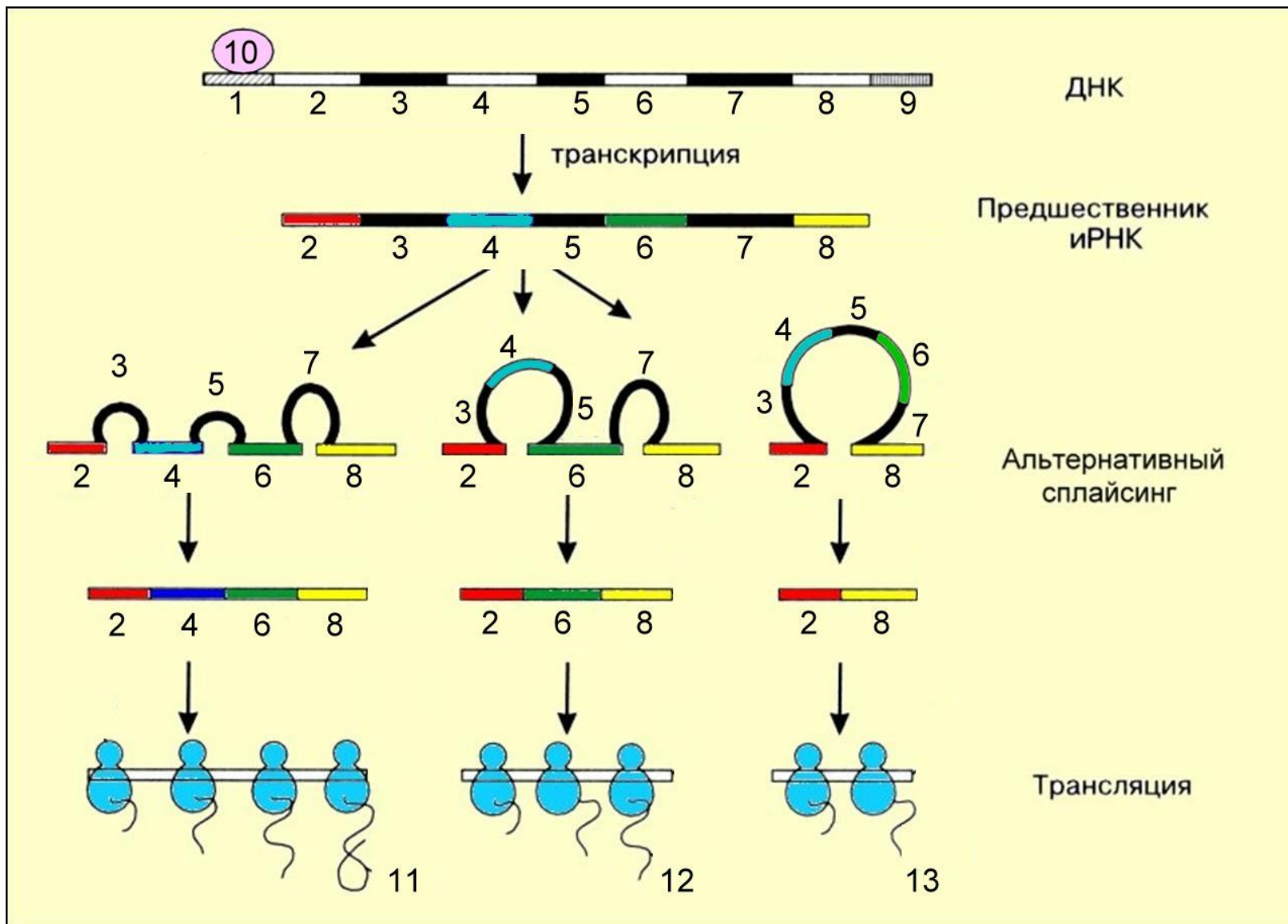




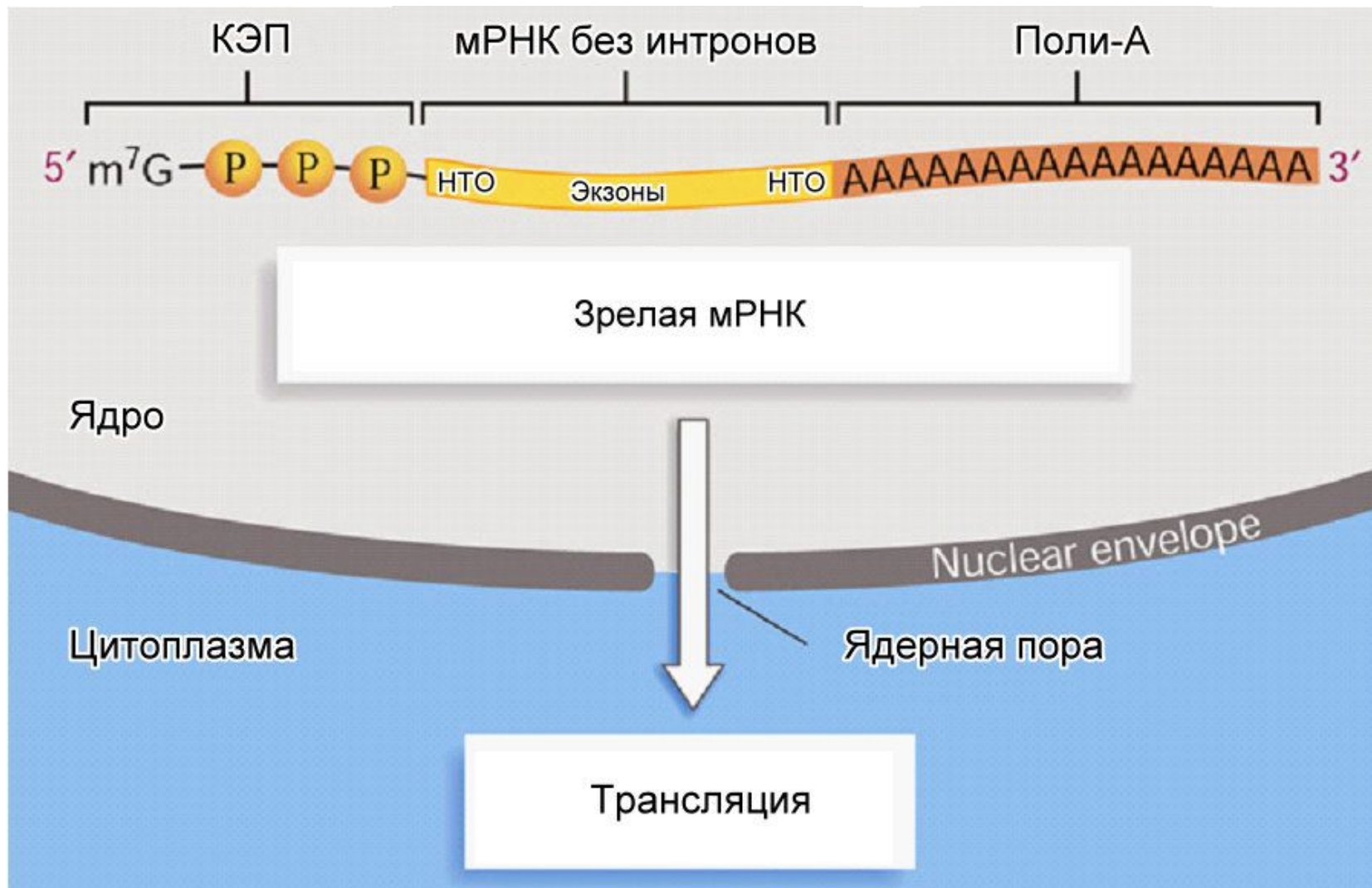
### Процессинг включает в себя:

- 1) КЭПирование 5'-конца;
- 2) полиаденилирование 3'-конца (присоединение нескольких десятков адениловых нуклеотидов);
- 3) сплайсинг (вырезание интронов и сшивание экзонов). В зрелой иРНК выделяют КЭП, транскрируемую область (сшитые в одно целое экзоны), нетранскрируемые области (НТО) и полиА «хвост». Возможен *альтернативный сплайсинг*, при котором вместе с интронами вырезаются и экзоны. При этом с одного гена могут образовываться разные белки. Таким образом, утверждение – «Один ген – один полипептид» – неверно.

# Транскрипция



# Транскрипция



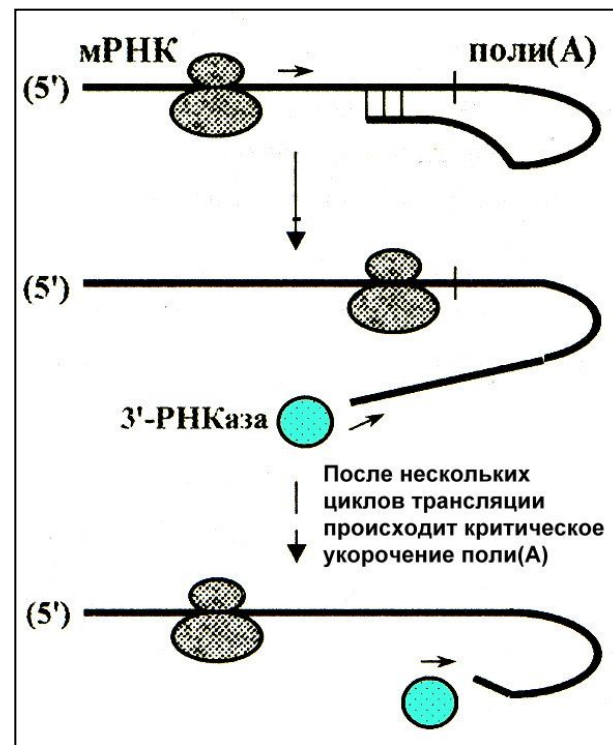
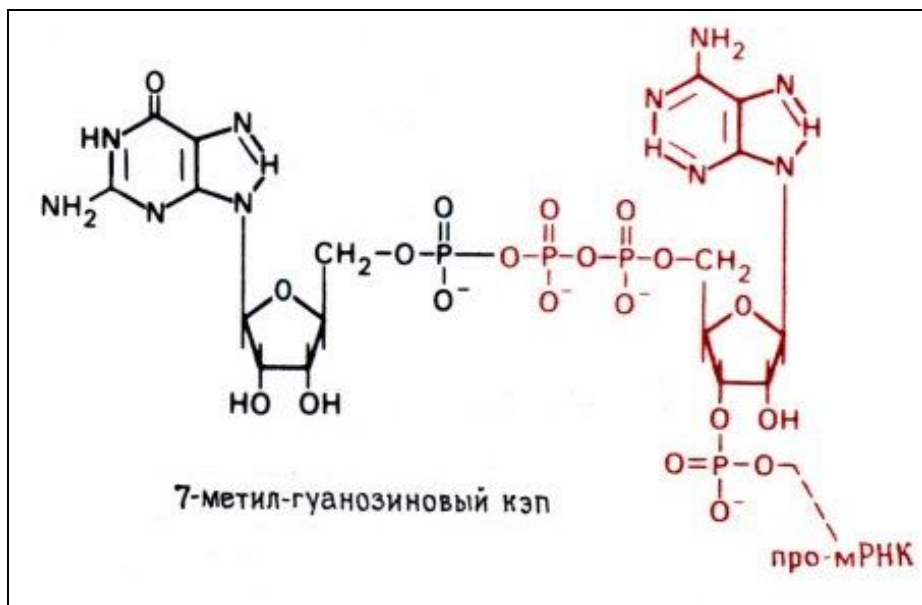
# Транскрипция



Транслируемая область *начинается кодоном-инициатором*, заканчивается *кодоном-терминатором*.

НТО содержат информацию определяющую поведение РНК в клетке: срок «жизни», активность, локализацию. Транскрипция и процессинг происходят в клеточном ядре. Зрелая иРНК приобретает определенную пространственную конформацию, окружается белками и в таком виде через ядерные поры транспортируется к рибосомам; иРНК эукариот, как правило, *моноцистронны* (имеют только один кодон терминатор).

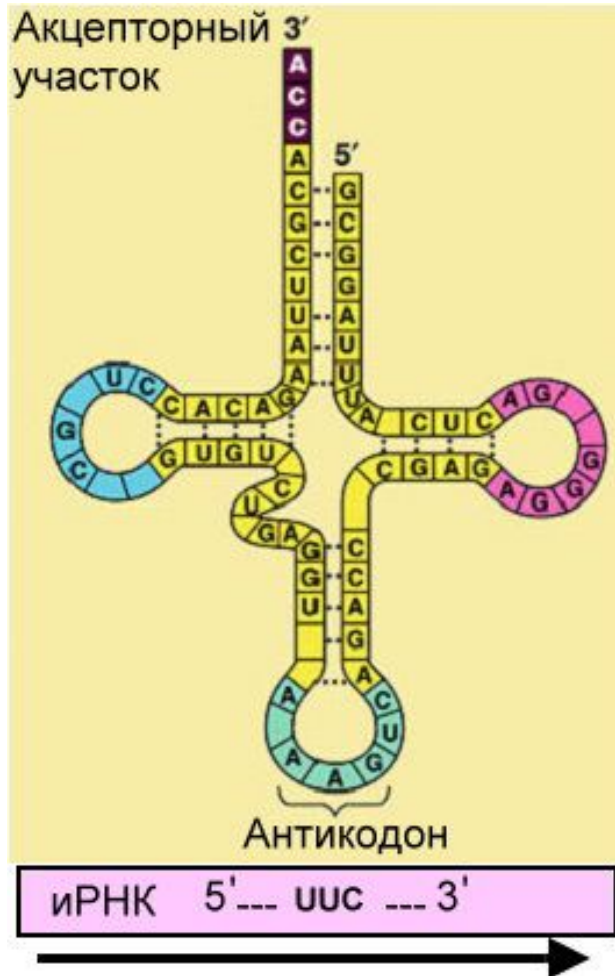
# Транскрипция



Согласно гипотезе «билетиков», поли(А) разрушается 3'-РНказой не постоянно, а после завершения каждой рибосомой трансляции от нее отщепляется 10-15 нуклеотидов. Когда же в этом фрагменте остается около 50 нуклеотидов, мРНК становится доступной для РНКаз и быстро разрушается.



# Транскрипция



На ДНК кроме иРНК образуются тРНК и рРНК. тРНК отвечают за транспорт аминокислот к месту трансляции – к рибосомам, рибосомные – входят в состав рибосом.

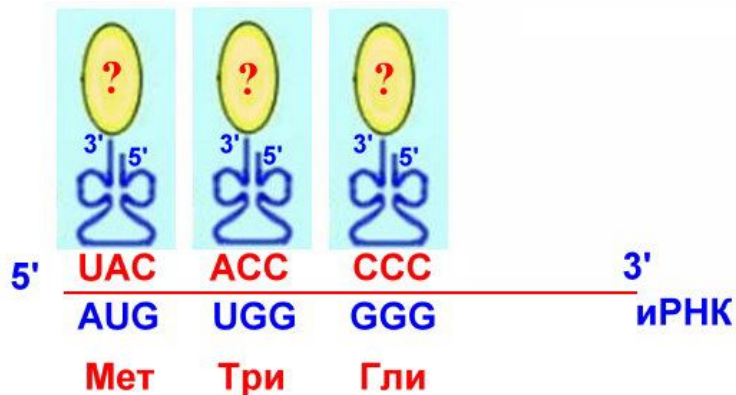
тРНК – имеют небольшие размеры – порядка 76-85 нуклеотидов, их около 10% от всех видов РНК в клетке (иРНК – до 30 000 нуклеотидов, 5%; рРНК – 3000-5000 нуклеотидов, 85%).

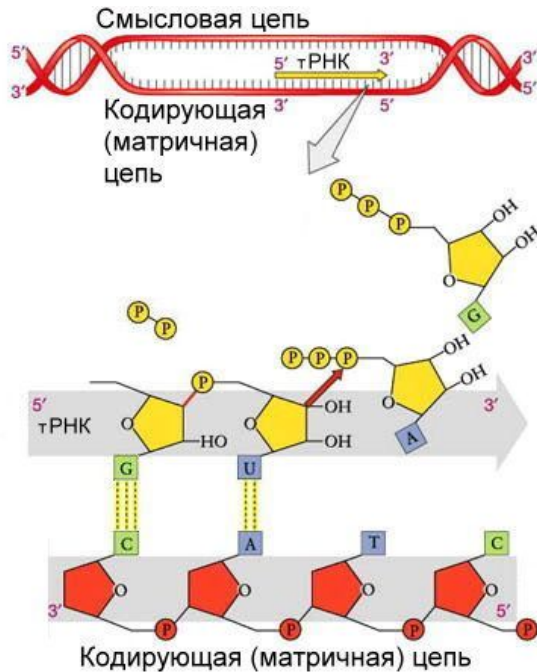
тРНК имеет три петли, на антикодоновой находится антикодон, комплементарный кодону определенной аминокислоты. К 3'-концу (акцепторный участок, ССА) присоединяется аминокислота.

# Транскрипция

	U	C	A	G		
U	UUU } Phenylalanine UUC } UUA } Leucine UUG }	UCU } Serine UCC } UCA } UCG }	UAU } Tyrosine UAC } UAA } Stop codon UAG } Stop codon	UGU } Cysteine UGC } UGA } Stop codon UGG } Tryptophan	U	C
C	CUU } Leucine CUC } CUA } CUG }	CCU } Proline CCC } CCA } CCG }	CAU } Histidine CAC } CAA } Glutamine CAG }	CGU } Arginine CGC } CGA } CGG }	C	C
A	AUU } Isoleucine AUC } AUA } AUG } Methionine start codon	ACU } Threonine ACC } ACA } ACG }	AAU } Asparagine AAC } AAA } Lysine AAG }	AGU } Serine AGC } AGA } Arginine AGG }	A	C
G	GUU } Valine GUC } GUA } GUG }	GCU } Alanine GCC } GCA } GCG }	GAU } Aspartic acid GAC } GAA } Glutamic acid GAG }	GGU } Glycine GGC } GGA } GGG }	G	C

При трансляции кодоны иРНК считываются с 5'-конца, антикодоны тРНК располагаются комплементарно и антипараллельно и считываются с 3'-к 5'-концу. Например, антикодон метиониновой тРНК читается UAC.





		Второй нуклеотид					
		U	C	A	G		
Первый нуклеотид	U	UUU } Фенил-аланин UUC } UUA } Лейцин UUG }	UCU } UCC } Серин UCA } UCG }	UAU } Тирозин UAC } UAA } Стоп-кодон UAG } Стоп-кодон	UGU } Цистеин UGC } UGA } Стоп-кодон UGG } Триптофан	U	C
	C	CUU } CUC } Лейцин CUA } CUG }	CCU } CCC } Пролин CCA } CCG }	CAU } Гистидин CAC } CAA } Глутамин CAG }	CGU } CGC } CGA } CGG } Аргинин	U	C
	A	AUU } AUC } Изолейцин AUA } AUG } Метионин старт-кодон	ACU } ACC } Треонин ACA } ACG }	AAU } AAC } Аспарагин AAA } AAG } Лизин	AGU } AGC } Серин AGA } AGG } Аргинин	U	C
	G	GUU } GUC } GUA } GUG } Валин	GCU } GCC } GCA } GCG } Аланин	GAU } GAC } Аспарагиновая кислота GAA } GAG } Глутаминовая кислота	GGU } GGC } GGA } GGG } Глицин	U	C
						U	C
						A	G
						U	C
						A	G
						U	C
						A	G
						U	C
						A	G

На матричной цепи ДНК образуется антикодон тРНК. Назовите его.  
**AUG.**

Как узнать, какую аминокислоту транспортирует данная тРНК?

**По антикодону тРНК определить кодон иРНК, по кодону иРНК – аминокислоту.**

Определите.

**Антикодон тРНК      AUG**

**Кодон иРНК          UAC**

**Аминокислота        тирозин**

Антикодон тРНК ААУ. Определите аминокислоту, которую транспортирует данная тРНК. Какими кодовыми триплетами на иРНК и матричной ДНК закодирована данная аминокислота?

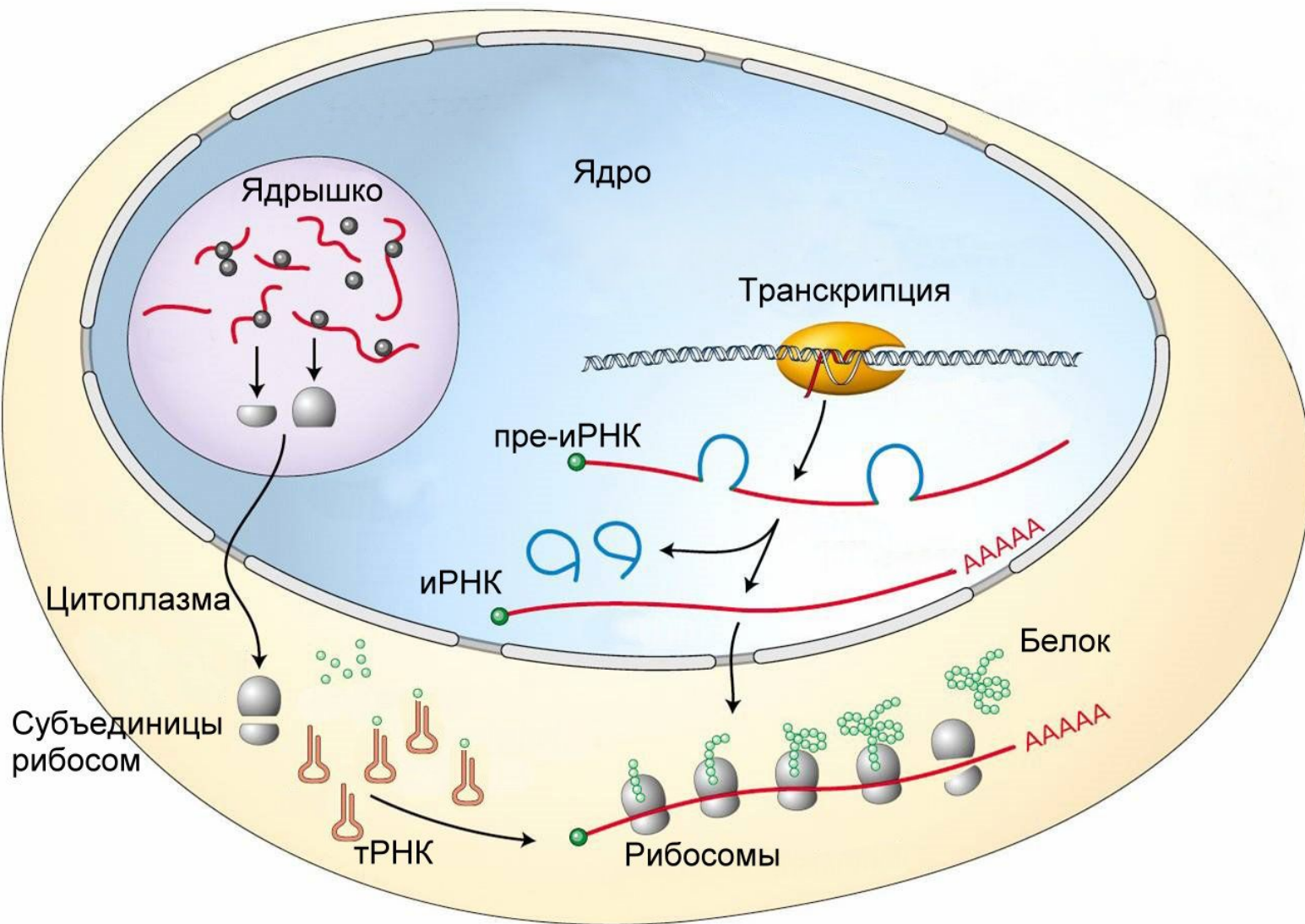
Антикодон тРНК **ААУ**

Кодон иРНК            аминокислота –            на ДНК –           

		Второй нуклеотид					
		U	C	A	G		
Первый нуклеотид	U	UUU } Фенил-аланин UUC } UUA } Лейцин UUG }	UCU } UCC } Серин UCA } UCG }	UAU } Тирозин UAC } UAA } Стоп-кодон UAG } Стоп-кодон	UGU } Цистеин UGC } UGA } Стоп-кодон UGG } Триптофан	Третий нуклеотид	U
	C	CUU } CUC } Лейцин CUA } CUG }	CCU } CCC } Пролин CCA } CCG }	CAU } Гистидин CAC } CAA } Глутамин CAG }	CGU } CGC } Аргинин CGA } CGG }		C
	A	AUU } AUC } Изолейцин AUA } AUG } Метионин старт-кодон	ACU } ACC } Треонин ACA } ACG }	AAU } Аспарагин AAC } AAA } Лизин AAG }	AGU } Серин AGC } AGA } Аргинин AGG }		A
	G	GUU } GUC } Валин GUA } GUG }	GCU } GCC } Аланин GCA } GCG }	GAU } Аспарагиновая кислота GAC } GAA } Глутаминовая кислота GAG }	GGU } GGC } Глицин GGA } GGG }		G

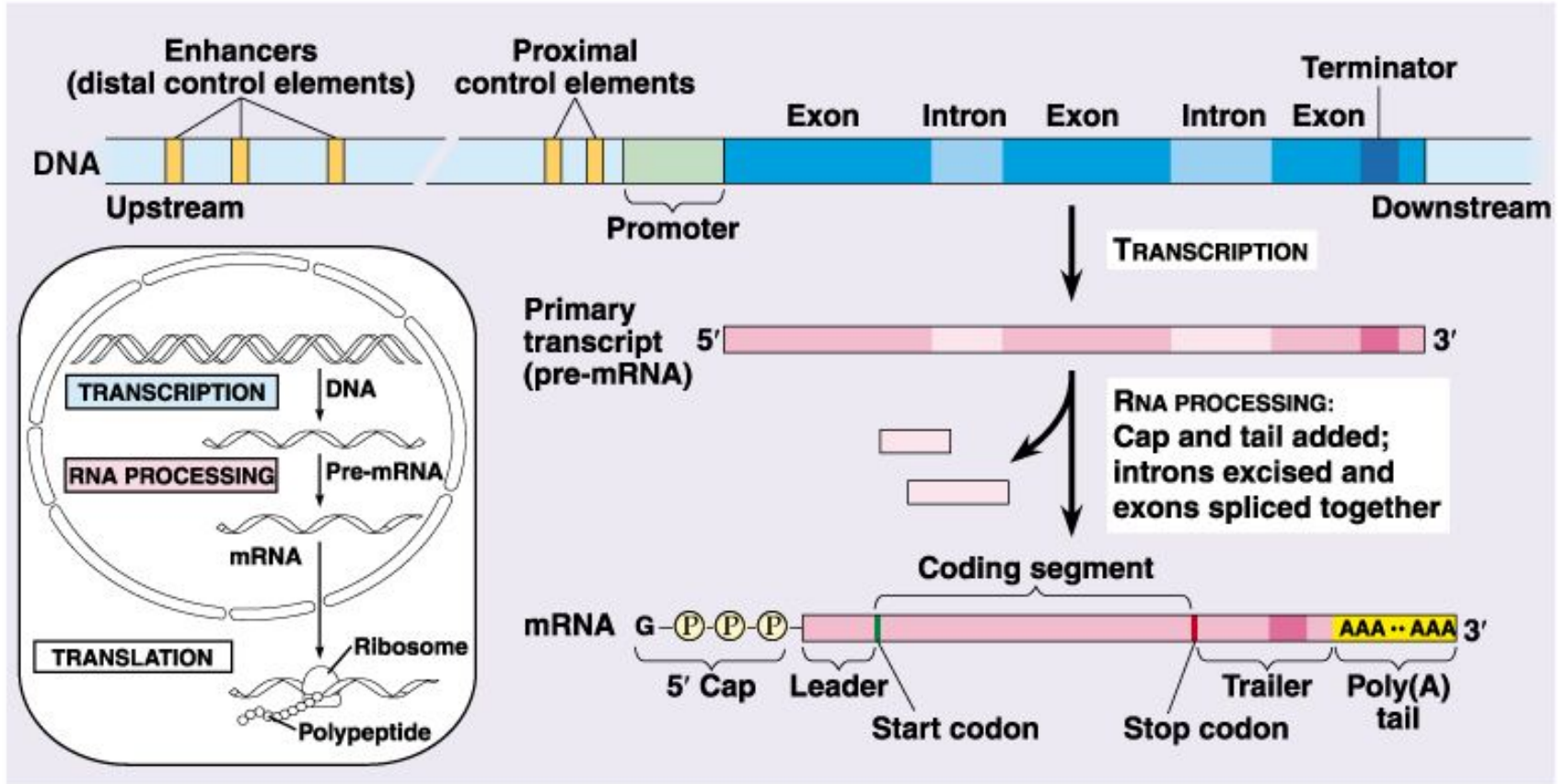


# Поясните рисунок





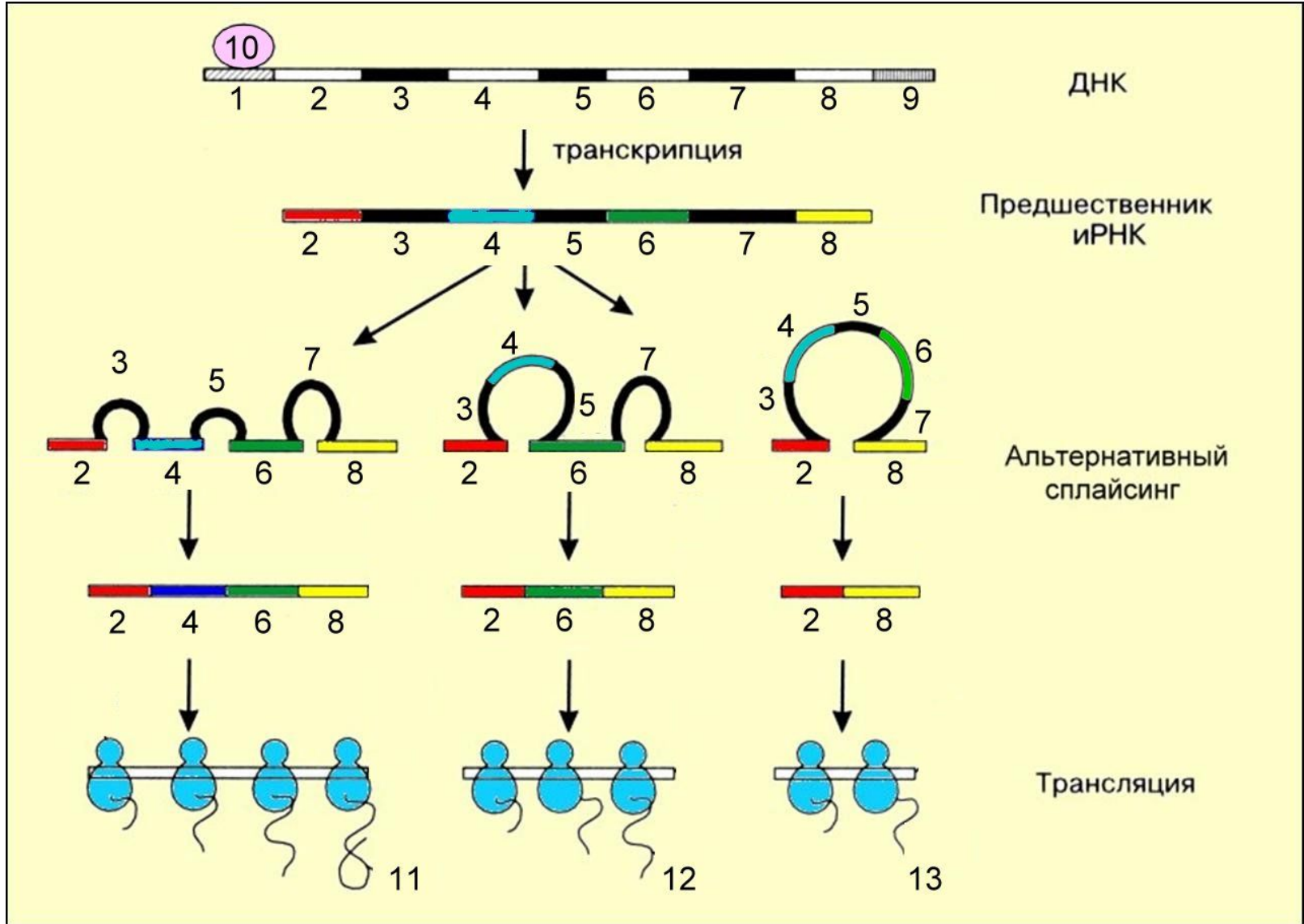
# Поясните рисунок



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

1. Что такое альтернативный сплайсинг?
2. Каково значение НТО?

# Поясните рисунок



# Поясните рисунок

