АМИНОКИСЛОТЫ

Аминокислоты – соединения, содержащие карбоксильную (COOH) и аминогруппу (NH_2).

1. Классификация

1.1. по положению аминогруппы

$$\overset{\delta}{C}-\overset{\gamma}{C}-\overset{\beta}{C}-\overset{\alpha}{C}-COOH$$

$$R-\overset{\alpha}{\underset{\underset{NH_2}{|}}{C}}H-COOH$$

- **1.2. По количеству карбокси- и аминогрупп**
- **Моноаминомонокарбоновые кислоты** (глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин, серин, треонин, цистеин, фенилаланин, тирозин, метионин, триптофан и т.д.)
- **Моноаминодикарбоновые кислоты** (аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота)
- **Диаминомонокарбоновые кислоты** (лизин, аргинин)
- **Диаминодикарбоновые кислоты** (цистин)

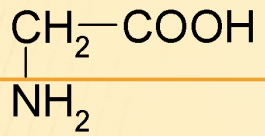
1.3 Классификация по встречаемости в белках

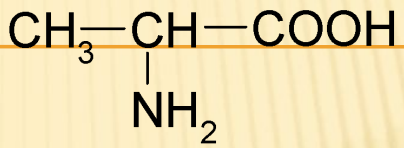
20 классических протеиногенных аминокислот, информация о положении которых в белковой молекуле записана цифровым трёхбуквенным кодом в ДНК и РНК

- **1.4. По пищевой ценности для человека**
- Аминокислоты делятся на **заменимые и незаменимые.**

- К незаменимым аминокислотам относят: валин, изолейцин, лейцин, триптофан, фенилаланин, метионин, лизин, треонин.

АЛИФАТИЧЕСКИЕ АК

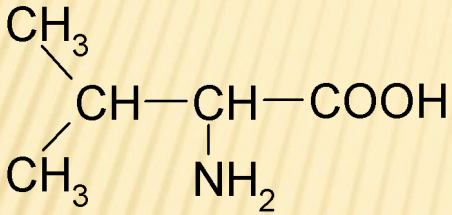




Тривиальное	**глицин, гликокол**
Рациональное	Аминоуксусная кислота
IUPAC	Аминоэтановая кислота
Обозначние	Gly, Гли

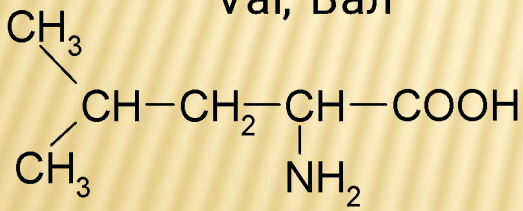
Аланин

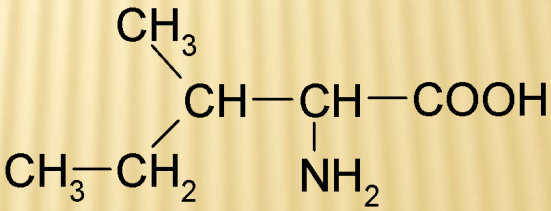
α-аминопропионовая кислота
2-аминопропановая кислота
Ala, Ала



Валин

α-аминоизовалериановая кислота
2-амино-3-метилбутановая кислота
Val, Вал





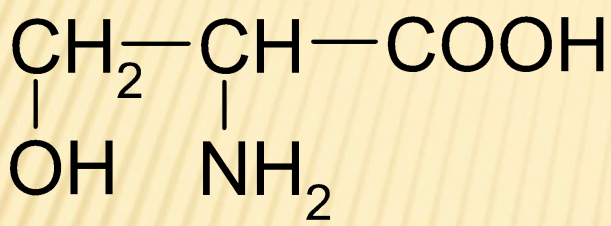
Лейцин

α-аминоизокапроновая кислота
2-амино-4-метилпентановая кислота
Leu, Лей

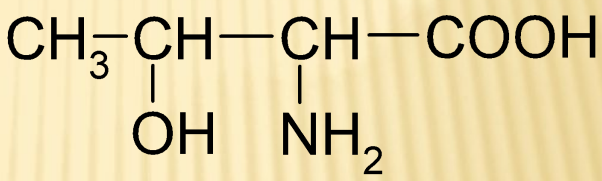
Изолейцин

α-амино-β-метилвалериановая кислота
2-амино-3-метилпентановая кислота
Ile, Иле

СОДЕРЖАЩИЕ ОН-ГРУППУ

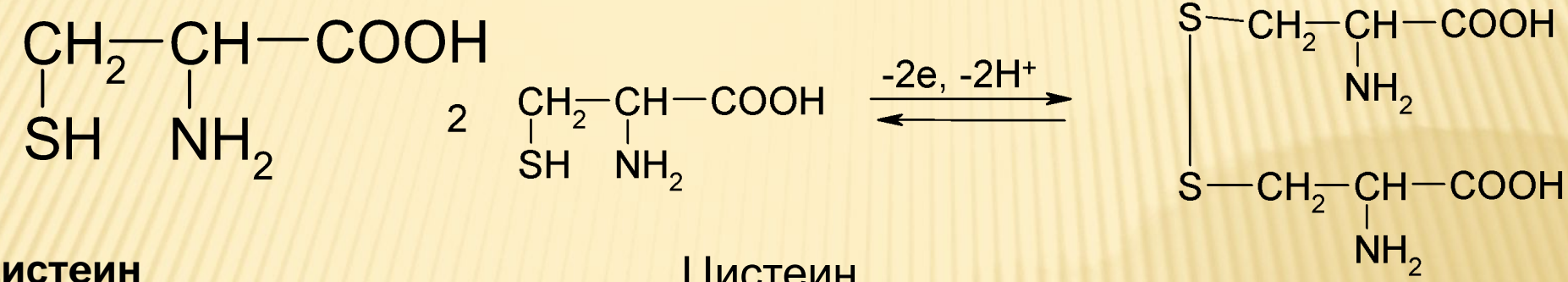


Серин
α-амино-β-оксипропионовая кислота
2-амино-3-гидроксипропановая кислота
Ser, Сер



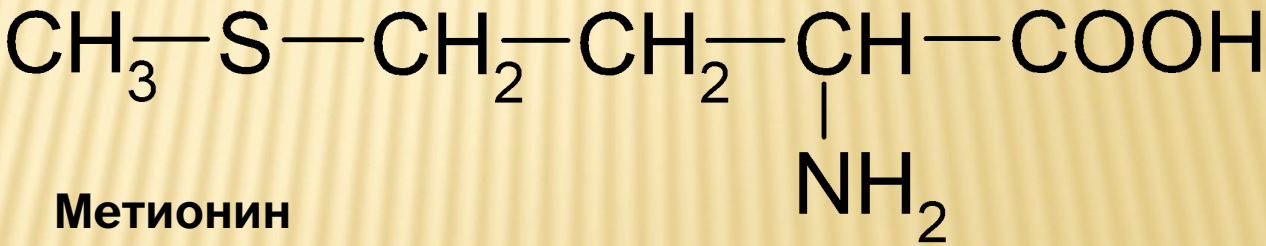
Треонин
α-амино-β-оксимасляная кислота
2-амино-3-гидроксибутановая кислота
Thr, Тре

СЕРОСОДЕРЖАЩИЕ АК



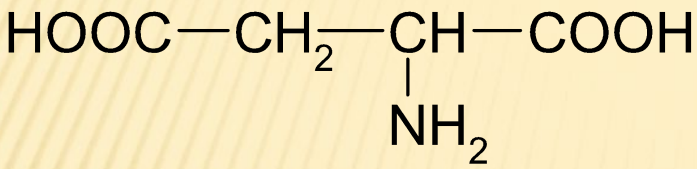
Цистеин
α-амино-β-тиопропионовая кислота
2-амино-3-сульфанилпропановая кислота
(2-амино-3-тиопропановая кислота,
2-амино-3-меркаптопропановая кислота – *устаревш.*)
Cys, Цис

Цистеин
Цистин

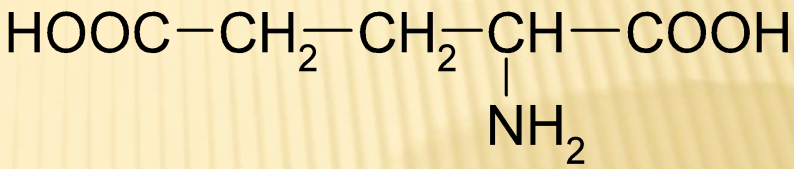


Метионин
α-амино-γ-метилтиомасляная кислота
2-амино-4-метил**сульфанил**бутановая кислота
(2-амино-4-метил**тио**бутановая кислота – *устаревш.*)
Met, Мет

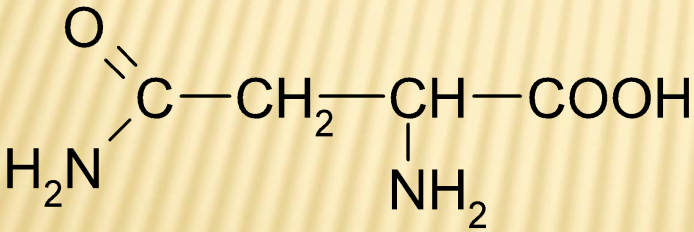
МОНОАМИНОДИКАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ АМИДЫ



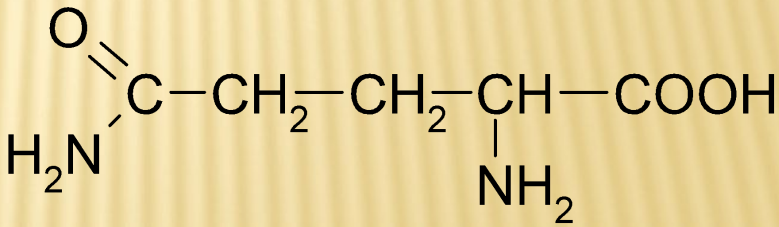
Аспарагиновая кислота
Аминоянтарная кислота
Аминобутандиовая кислота
Asp, Асп



Глутаминовая кислота
α-аминоглутаровая кислота
2-аминопентандиовая кислота
Glu, Глу

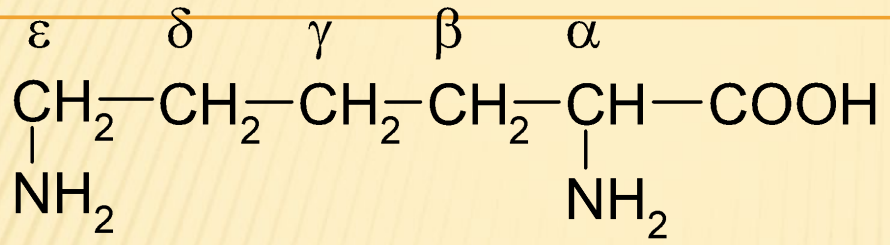


Аспарагин
Амид аспарагиновой кислоты
2,5-диамино-5-оксобутановая кислота
Asn, Асн



Глутамин
Амид глутаминовой кислоты
2,6-диамино-6-оксопентановая кислота
Gln, Глн

СОДЕРЖАЩИЕ АМИНОГРУППУ

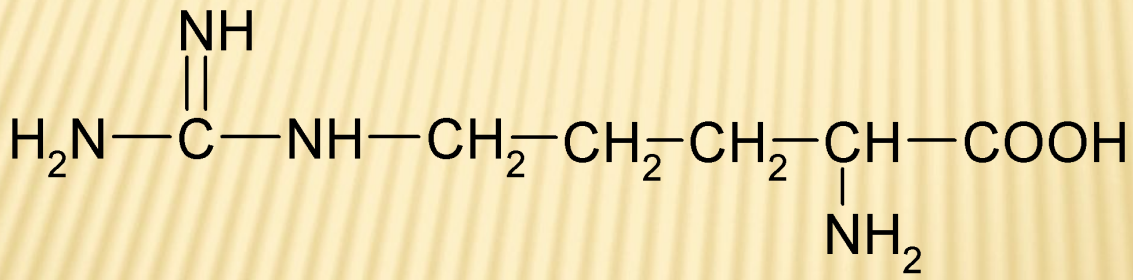


Лизин

α,ε-диаминокапроновая кислота

2,6-диаминогексановая кислота

Lys, Лиз



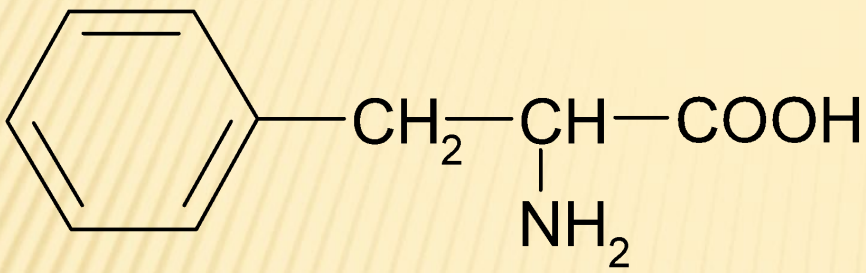
Аргинин

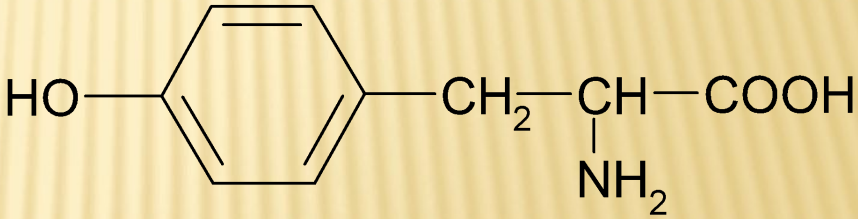
α-амино-δ-гуанидилвалериановая кислота

2-амино-5-[амино(имино)метил]аминопентановая к-та

Arg, Арг

АРОМАТИЧЕСКИЕ АК

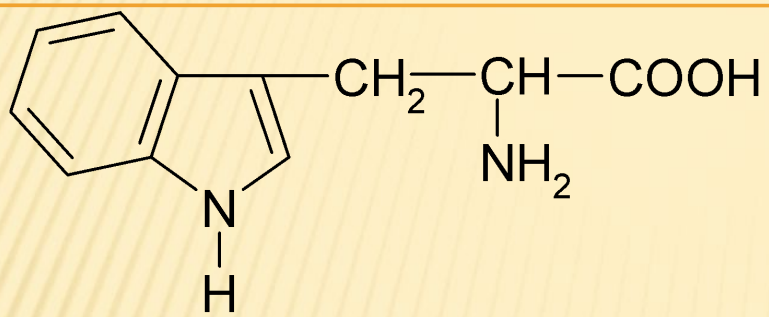




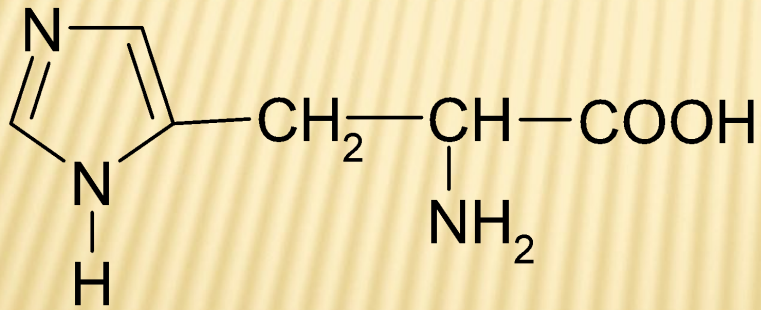
Фенилаланин
α-амино-β-фенилпропионовая к-та
2-амино-3-фенилпропановая к-та
Phe, Фен

Тирозин
α-амино-β-(*п*-оксифенил)пропионовая к-та
2-амино-3-(4-гидроксифенил)пропановая к-та
Tyr, Тир

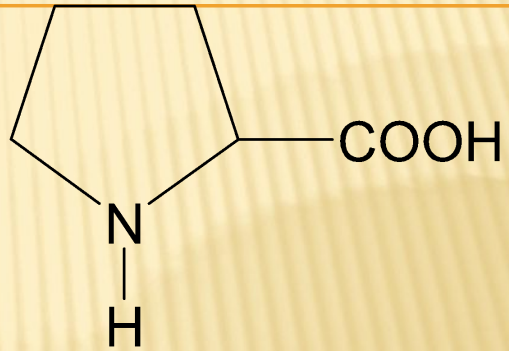
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ АК



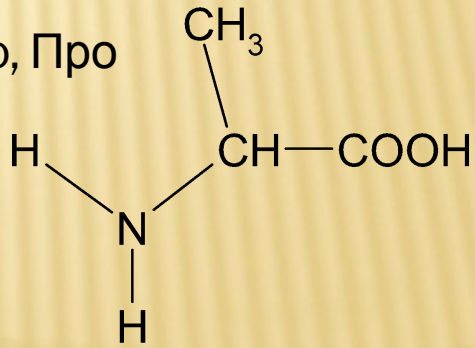
Триптофан
α-амино-β-индолилпропионовая к-та
2-амино-3-(1*H*-индол-3-ил)пропановая к-та
Trp, Три



Гистидин
α-амино-β-имидазолилпропионовая к-та
2-амино-3-(1*H*-имидазол-4-ил)пропионовая к-та
His, Гис



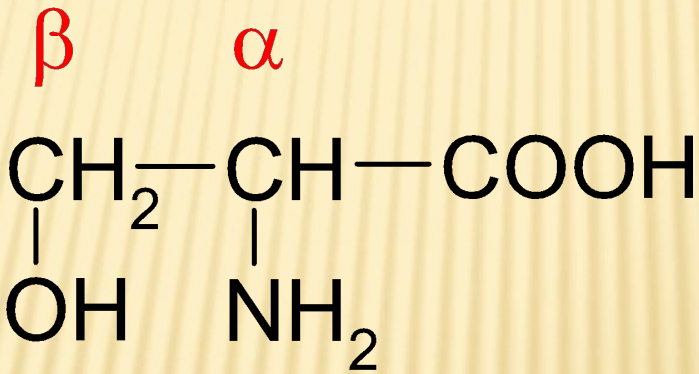
Пролин
Пирролидин-α-карбоновая к-та
2-пирролидинкарбоновая к-та
Pro, Про



Для сравнения - **аланин**

2. Номенклатура

- **2.1. Тривиальная** номенклатура в основном используется для широко распространённых аминокислот.
- **2.2.** ***Рациональная***
- **2.3. IUPAC**

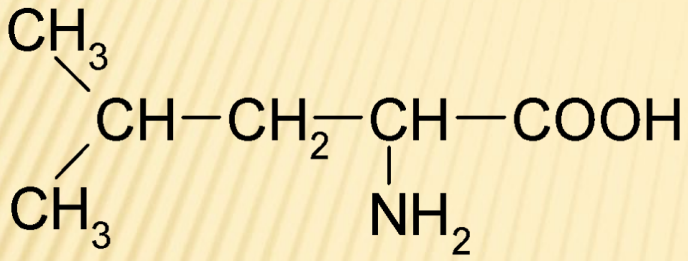


α-амино-β-гидроксипропионовая кислота

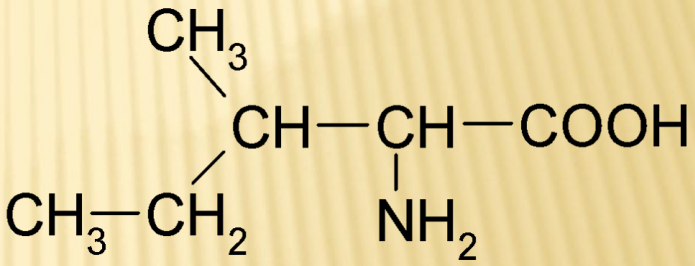
2-амино-3-гидроксипропановая кислота

3. Изомерия

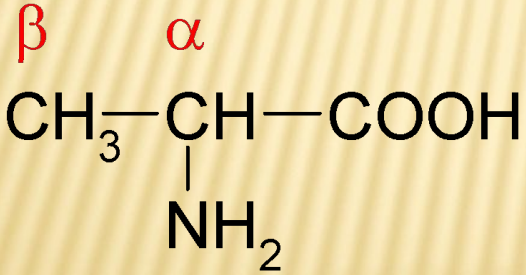
3.1. Структурная изомерия



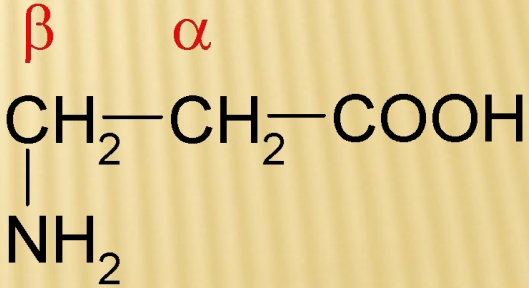
лейцин



изолейцин



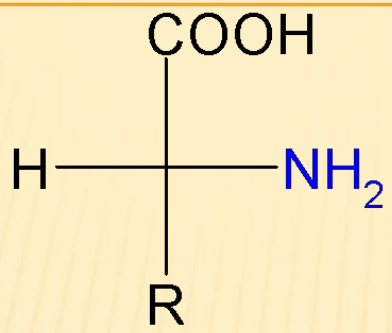
аланин

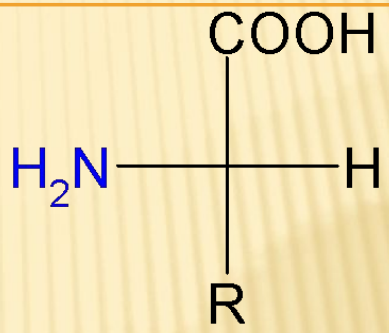


β-аланин

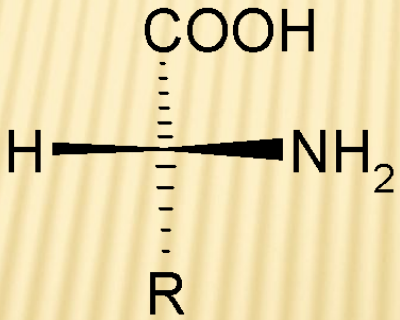
3.2. Пространственная изомерия

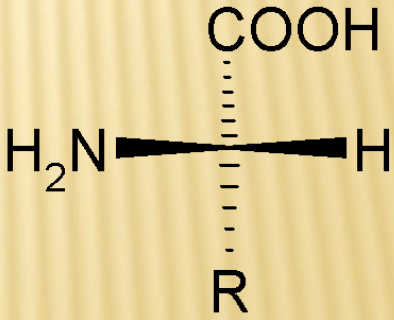
Формулы Фишера





Формулы с клиновидными связями





D-аминокислота

L-аминокислота

4. Физические свойства

- Аминокислоты, как правило, являются бесцветными кристаллическими соединениями. Большинство из них умеренно растворимы в воде.
- Аминокислоты являются хиральными соединениями, обладающими оптической активностью (за некоторыми исключениями, напр. глицин).

5. Биологические свойства

- Из остатков аминокислот построены такие важные соединения как белки, которые участвуют практически во всех процессах in vivo.
- Биосинтез алкалоидов, порфиринов, тетрапиррольных пигментов, мочевины и т.д.
- С нарушениями метаболизма аминокислот связаны наследственные заболевания как фенилкетонурия и алкаптонурия.
- В медицине некоторые аминокислоты используют в качестве лекарственных препаратов – метионин назначается при заболеваниях печени, глицин – при заболеваниях ЦНС.
- Некоторые аминокислоты имеют сладкий вкус – например, глицин. Интересно, что L-аспарагин безвкусен, а D-аспарагин имеет сладкий вкус.
- L-глутаминовая кислота широко применяется как пищевая добавка – при незначительной добавке глутамата натрия заметно усиливается естественный вкус мясных блюд.

うま味

Умами - “мясной вкус”

$$HOOC-CH_2-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$$

Глутаминовая кислота (**E620**) и её соли (глутамат натрия **E621**, глутамат калия **E622**, диглутамат кальция **E623**, глутамат аммония **E624**, глутамат магния **E625**) используются как усилитель вкуса.

Глутаминовая кислота и её соли безопасны

J Nutr. 2000 Apr;130(4S Suppl):1049S-52S.
The safety evaluation of monosodium glutamate.
Walker R, Lupien JR.

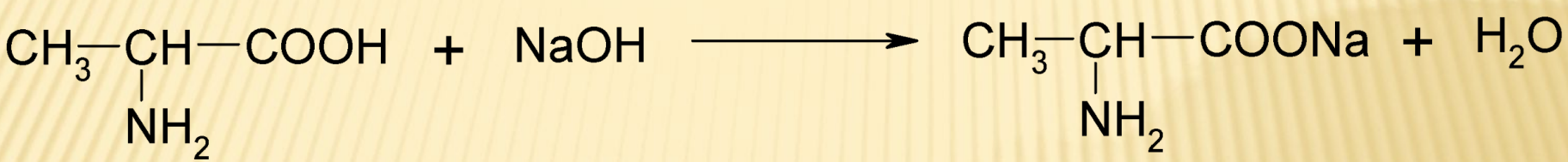
Indian J Physiol Pharmacol. 2007 Jul-Sep;51(3):216-34.
Understanding safety of glutamate in food and brain.
Mallick HN.

Appetite. 2010 Aug;55(1):1-10. Epub 2010 May 12.
Glutamate. Its applications in food and contribution to health.
Jinap S, Hajeb P.

- www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/

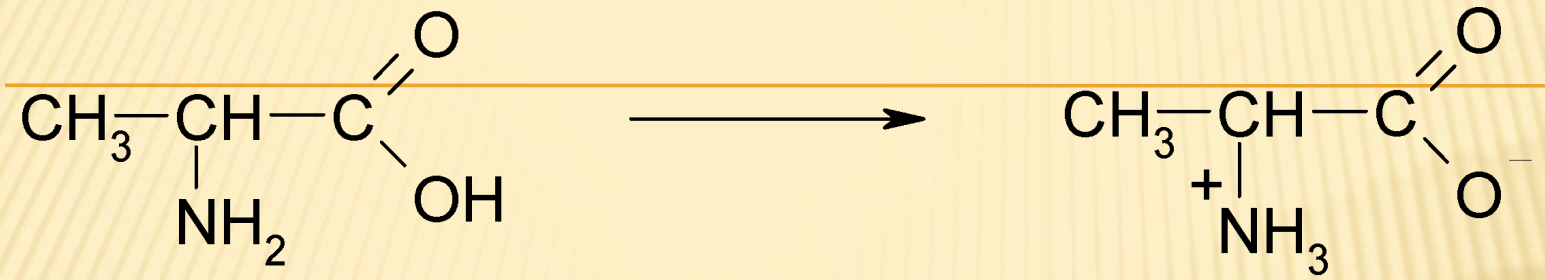
6. Химические свойства

6.1. Образование солей

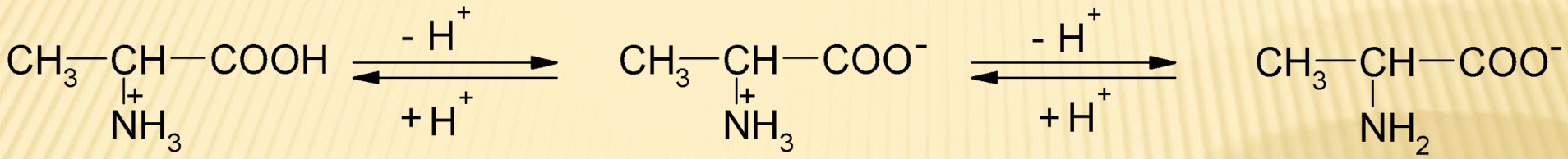


аланин *2-аминопропионат натрия*

аланин *гидрохлорид аланина*



Аминогруппа нейтрализует карбоксильную группу, поэтому АК в твёрдом виде и в растворе при pH = изоэлектрической точке, находятся в виде **цвиттерионов**



Сильнокислая среда Почти нейтральная среда Сильнощелочная

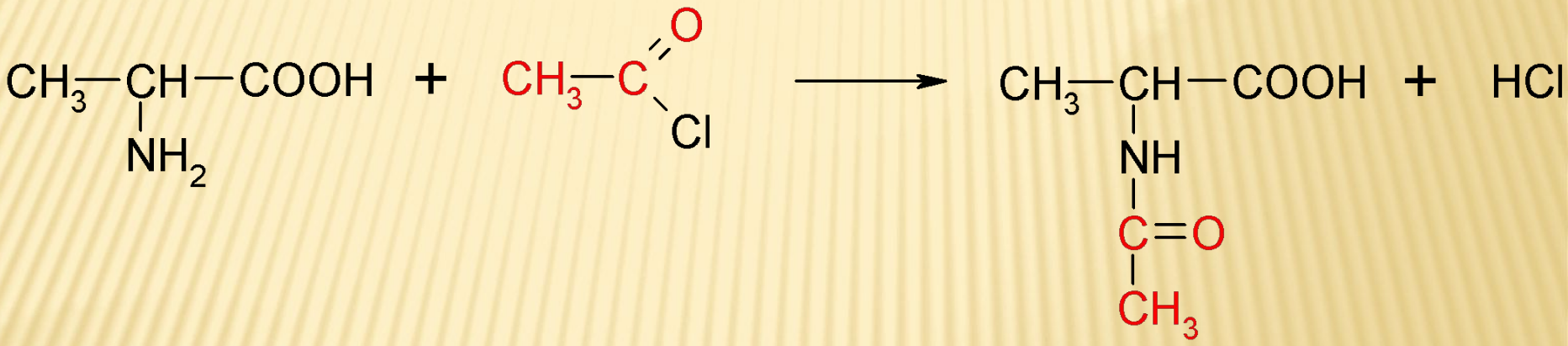
pI (изоэлектрическая точка) - значение pH при котором АК находится в незаряженном виде.

Для моноаминомонокарбоновых кислот pI ≈ 5-6
pI моноаминодикарбоновых кислот (Asp, Glu) ≈ 3
pI диаминомонокарбоновых кислот (His, Lys, Arg) ≈ 8-11

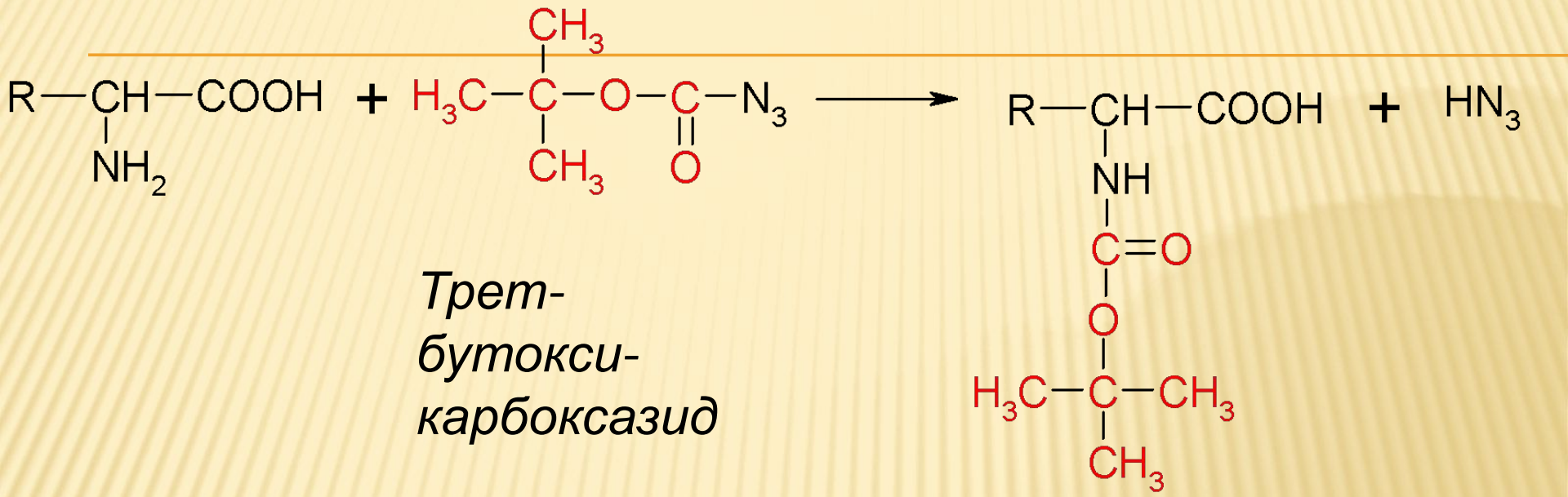
Если pH меньше pI, АК имеет заряд + и движется к катоду
Если pH больше pI, АК имеет заряд — и движется к аноду

6.2. Реакции по аминогруппе

6.2.1. Ацилирование



аланин *ацетилхлорид* *N-ацетилаланин*

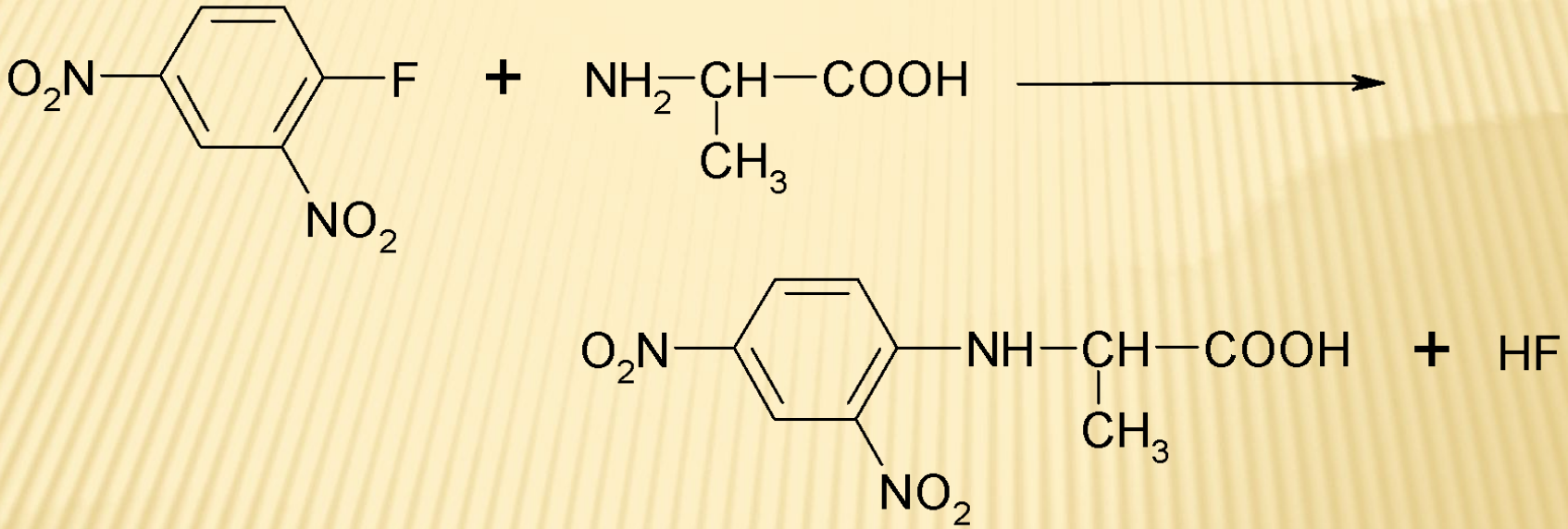


Трет-бутокси-карбоксазид

БОК-аминокислота

используется для защиты аминогруппы в пептидном синтезе

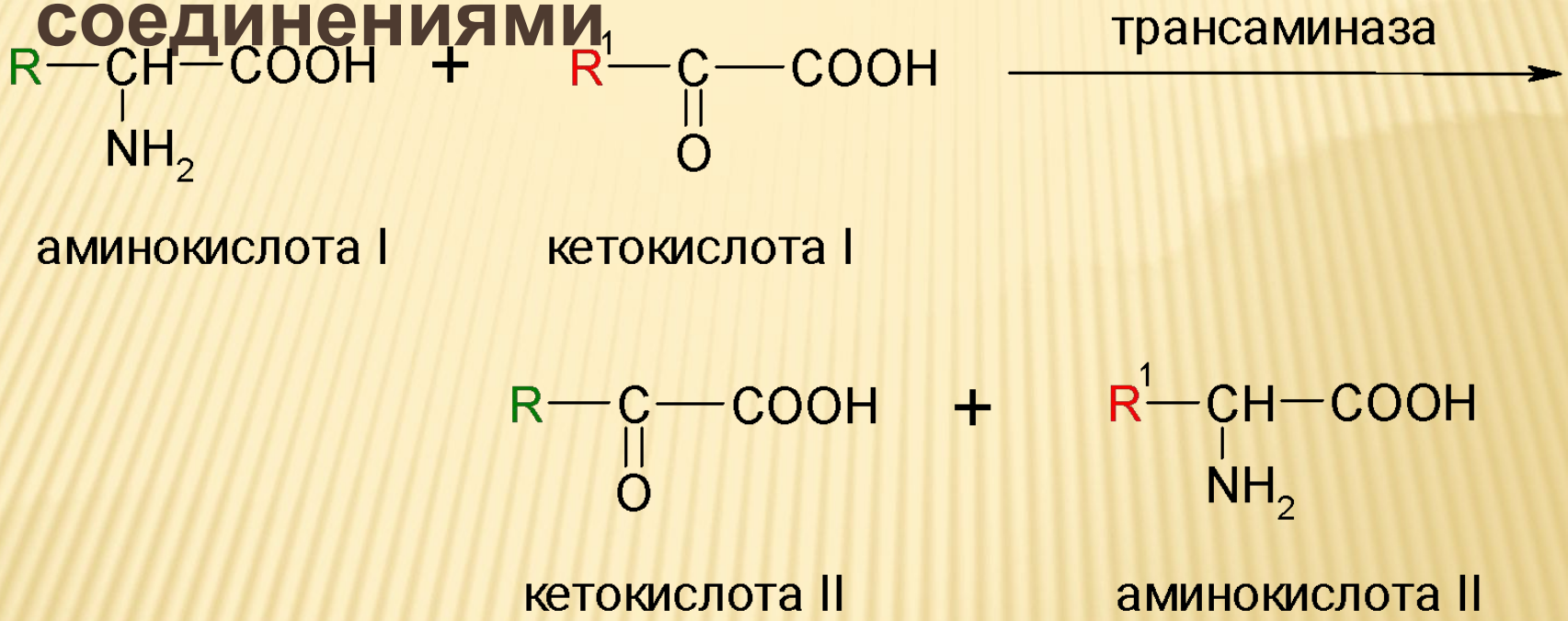
6.2.2. Арилирование

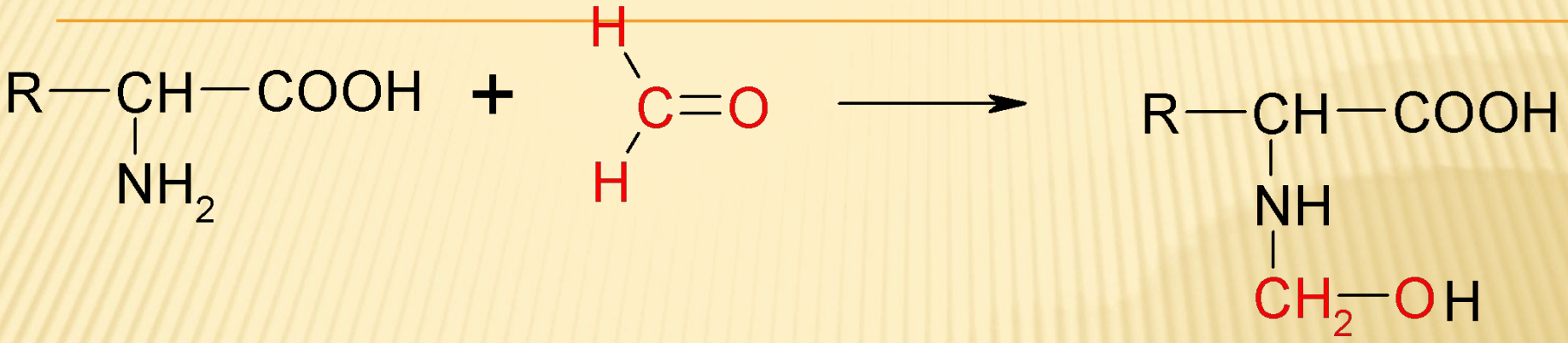


N-(2,4-динитрофенил) аланин

Реакция используется для определения N-концевой аминокислоты в пептидах и белках по Сэнджеру

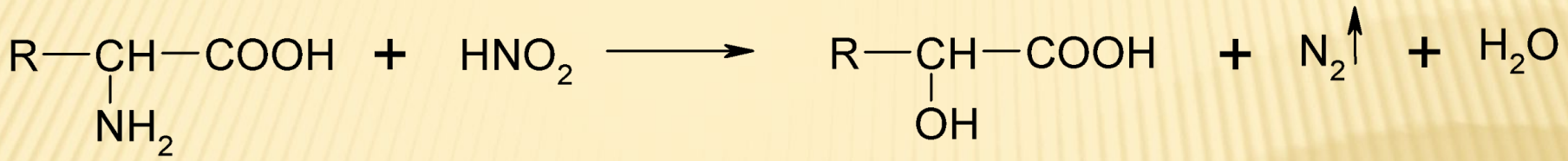
6.2.3. Взаимодействие с карбонильными соединениями





Данная реакция используется в формольном титровании по Сёренсену: метилольные производные являются гораздо более сильными кислотами чем аминокислоты и они легко оттитроввываются щёлочью.

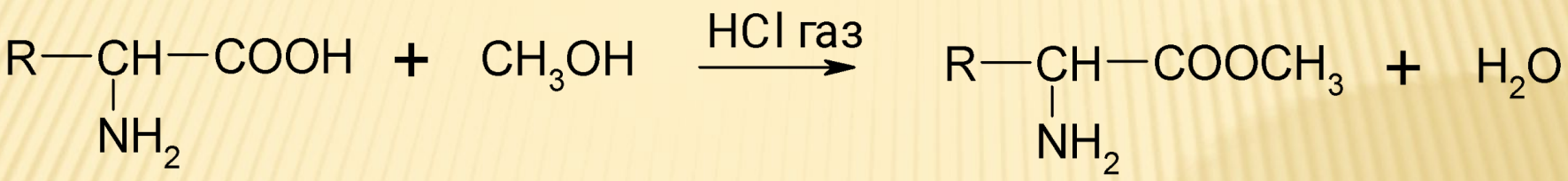
6.2.4. Взаимодействие с азотистой кислотой



α -аминокислота *α-гидроксикислота*

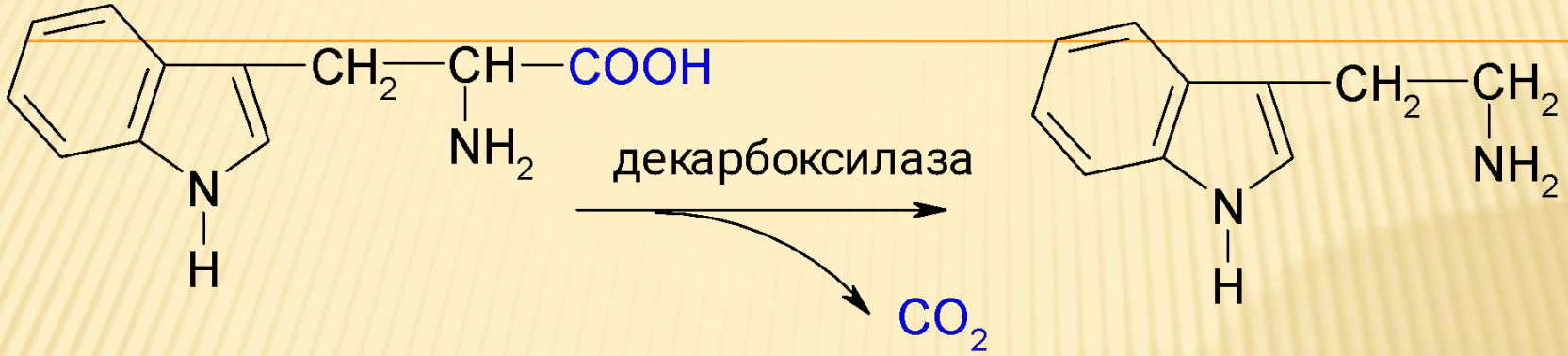
Реакция с азотистой кислотой используется определения аминокислот по Ван-Сляйку: по объему выделившегося азота легко найти количество аминокислоты.

6.2. Реакции по карбоксильной группе



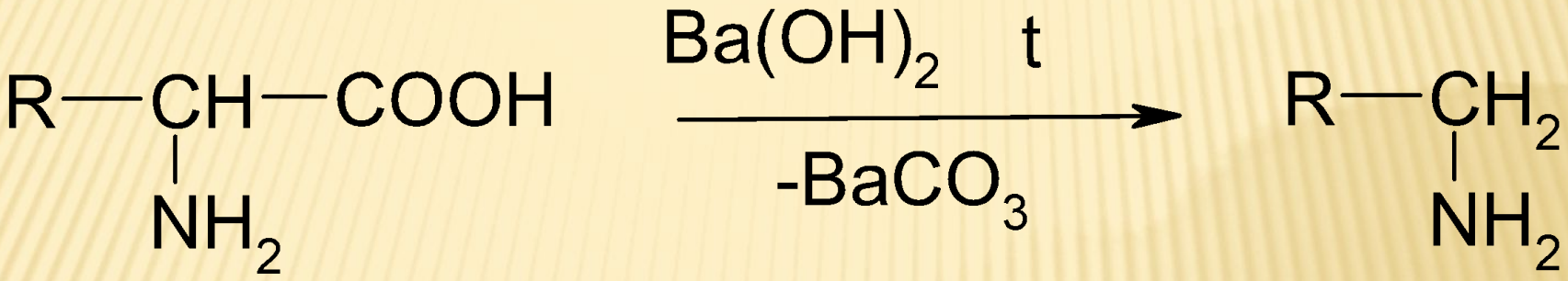
Реакция используется для защиты карбоксильной группы в синтезе пептидов

6.2.2. Декарбоксилирование

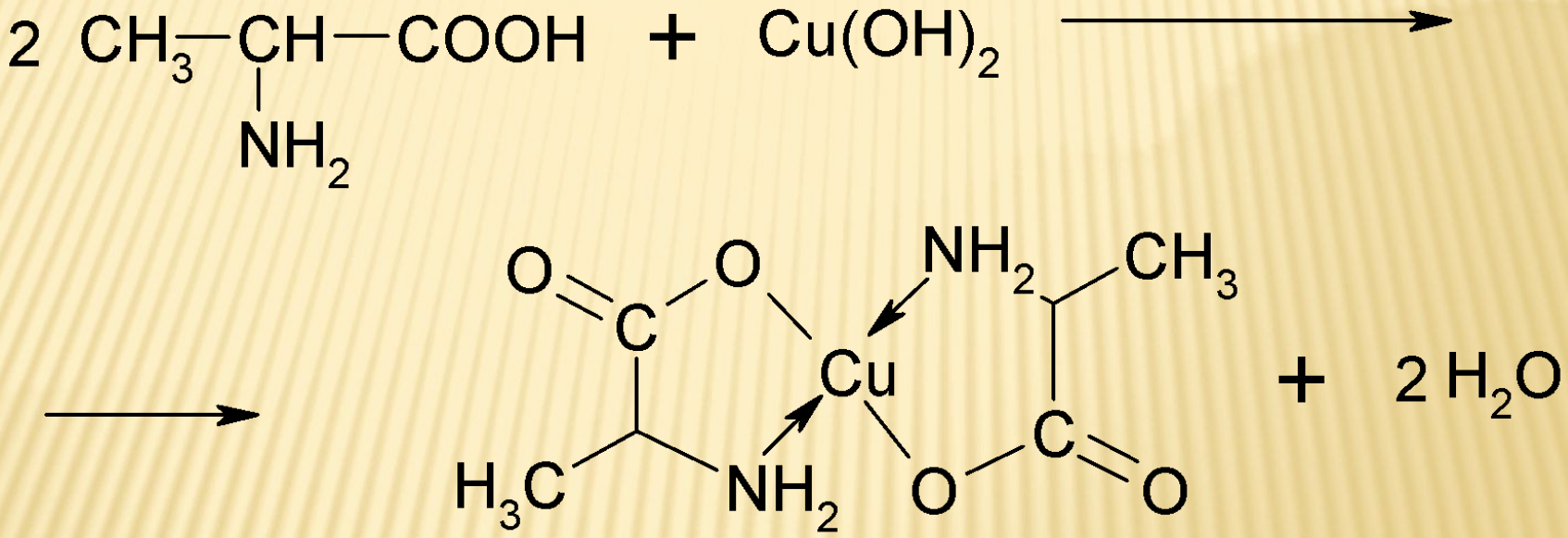


т рипт офан *т рипт амин*

гист идин *гист амин*

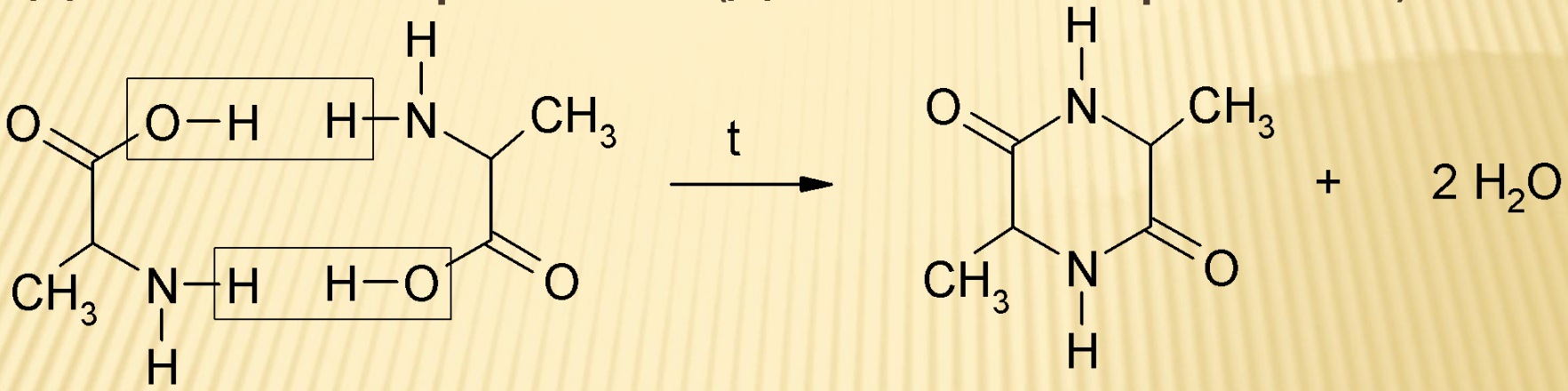

R—CH—COOH
NH2
Ba(OH)2 t
-BaCO3
R—CH2
NH2

Взаимодействие по обеим группам – образование хелатных комплексов



6.3. Поведение аминокислот при нагревании

- α-аминокислоты при нагревании дают дикетопиперазины (диоксопиперазины):



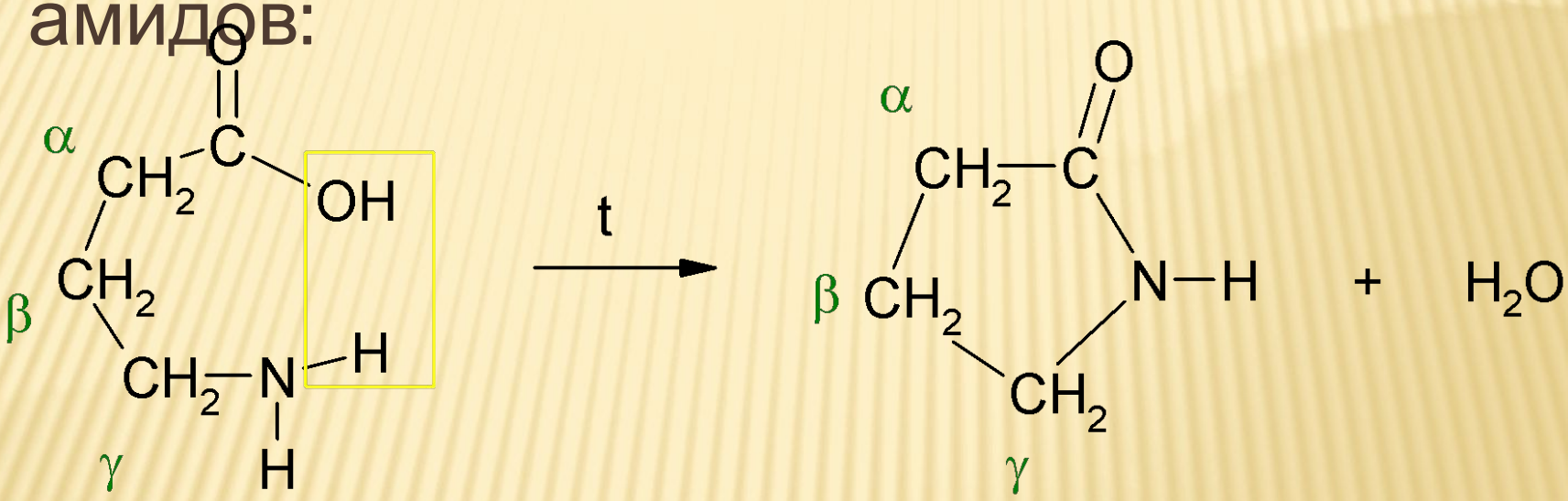
аланин *2,5-диоксо-3,6-диметилпиперазин*

- β-аминокислоты при нагревании отщепляют воду (реакция элиминирования), образуя ненасыщенные кислоты:

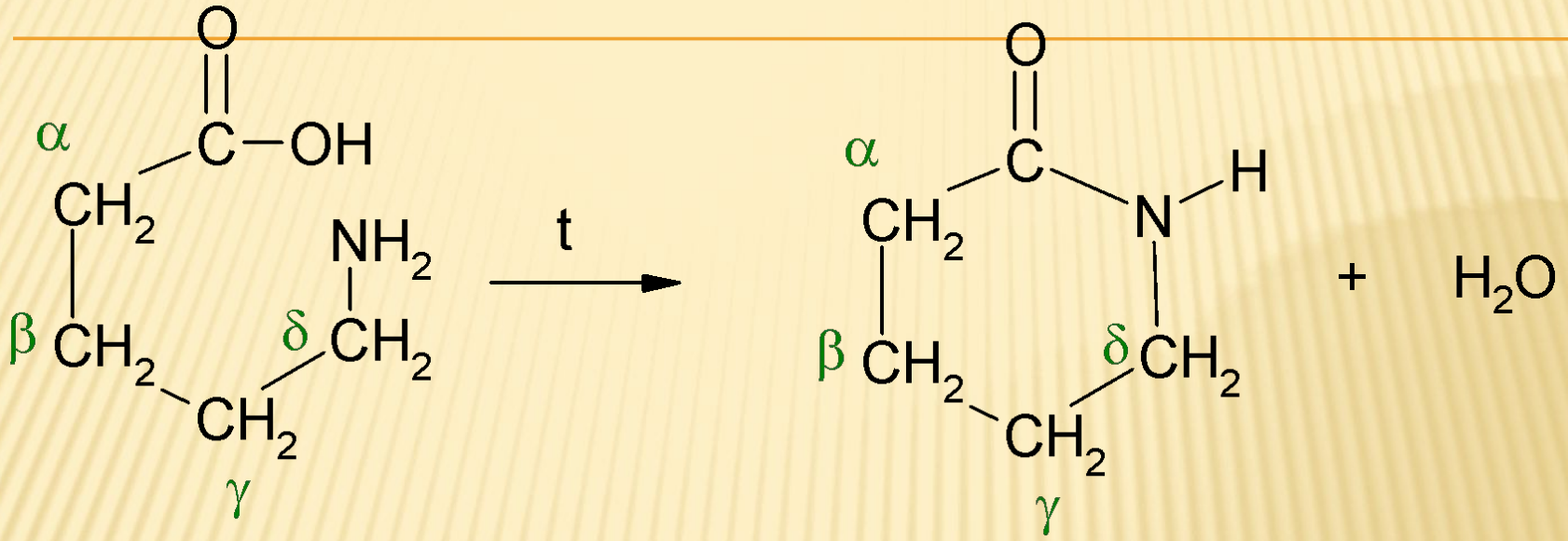
$$CH_2(NH_2)-CH_2-COOH \xrightarrow{t} CH_2=CH-COOH + NH_3$$

β-аминопропионовая кислота *пропеновая (акриловая) кислота*

- γ- и δ-аминокислоты при нагревании отщепляют воду, циклизуются с образованием лактамов – циклических амидов:



γ-аминомасляная кислота γ-бутиролактам



δ-аминовалериановая кислота *δ-валеролактам*

- **7. Получение аминокислот**
- **7.1. Выделение из белков и пептидов**

Белки гидролизуют в присутствии кислот (6 М HCl) при нагревании (110 °С) в течение длительного времени (12-72 ч.). Используют также щелочной гидролиз и ферментативный гидролиз.

- **7.2. Микробиологический синтез**

используя патоку, аммиак и микрообранизмы **Corynebacterium glutamicum** получают глутаминовую кислоту, которая используется как пищевая добавка.

Выход глутаминовой кислоты составляет 50 кг на 100 кг введённой глюкозы (время ферментации – 40 часов).

7.3. Пребиотический (абиогенный) синтез аминокислот

- CH_4, NH_3, H_2, H_2O, HCN, H_2S, CH_2O
- УФ-излучение, электрический разряд, радиация и нагретый пепел вулканов.

- аминокислоты могут образовываться и в космосе, что было подтверждено анализом мерчисонского метеорита упавшего 1969 году в Австралии. В метеорите были обнаружены 23 рацемические аминокислоты.

http://cosmosflight.ru/?p=92

Proc Natl Acad Sci U S A. 2011 Apr 5;108(14):5526-31. Epub 2011 Mar 21.

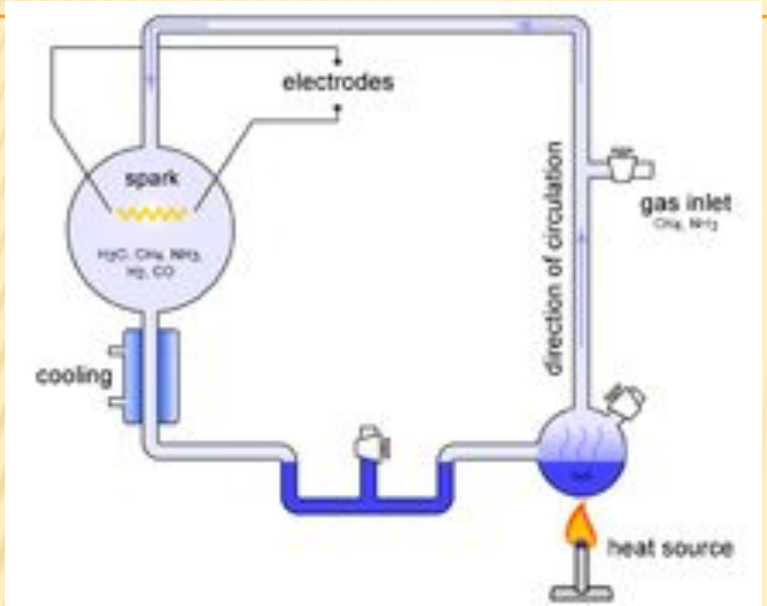
Primordial synthesis of amines and amino acids in a 1958 Miller H_2S-rich spark discharge experiment.

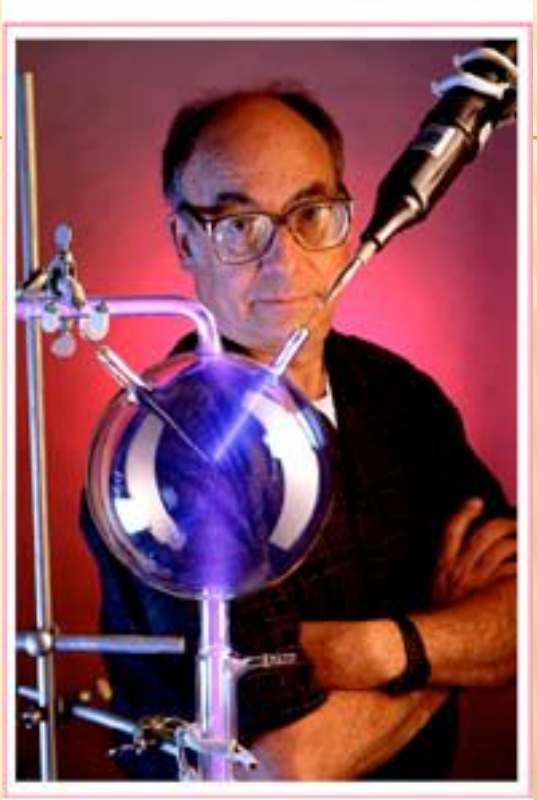
Parker ET, Cleaves HJ, Dworkin JP, Glavin DP, Callahan M, Aubrey A, Lazcano A, Bada JL.

Geosciences Research Division, Scripps Institution of Oceanography, University of California at San Diego

Abstract

Archived samples from a previously unreported 1958 Stanley Miller electric discharge experiment containing hydrogen sulfide **H_2S** were recently discovered and analyzed using high-performance liquid chromatography and time-of-flight mass spectrometry. We report here the detection and quantification of primary amine-containing compounds in the original sample residues, which were produced via spark discharge using a gaseous mixture of H_2S, CH_4, NH_3, and CO_2. A total of 23 amino acids and 4 amines, including 7 organosulfur compounds, were detected in these samples.





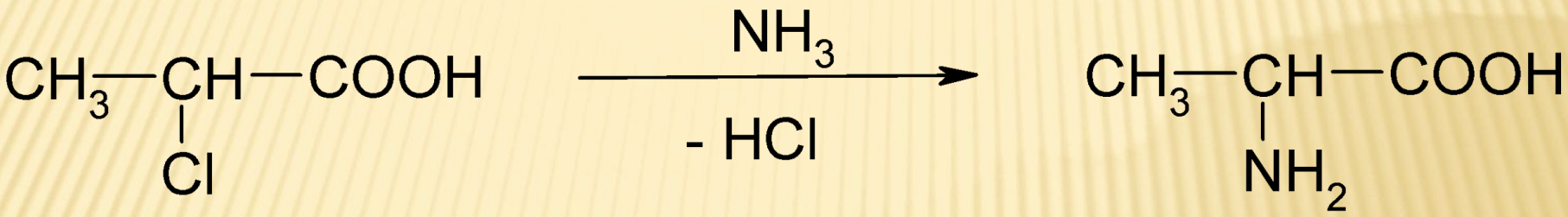
http://ru.wikipedia.org/wiki/Миллер,_стенли_ллойд

- Orig Life Evol Biosph. 2011 Apr 12. [Epub ahead of print]
- **Catalytic effects of Murchison Material: Prebiotic Synthesis and Degradation of RNA Precursors.**
- Saladino R, Crestini C, Cossetti C, Di Mauro E, Deamer D.

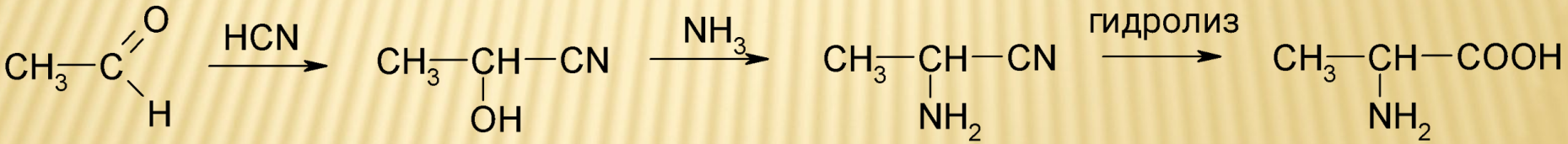
- **Abstract**
- Mineral components of the Murchison meteorite were investigated in terms of potential catalytic effects on synthetic and hydrolytic reactions related to ribonucleic acid. We found that the mineral surfaces catalyzed condensation reactions of formamide to form carboxylic acids, amino acids, nucleobases and sugar precursors. ...

7.4. Химические синтезы аминокислот

7.4.1. Аммонолиз галогенкарбоновых кислот



7.4.2. Синтез Штреккера



ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

Пептиды и белки - продукты поликонденсации аминокислот.

M_r пептидов меньше 10000, у белков больше 10000.

Пептиды проходят через полупроницаемую мембрану, белки не проходят.

ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

Пептиды (πεπτος - сваренный) – первоначально - продукты неполного гидролиза белков

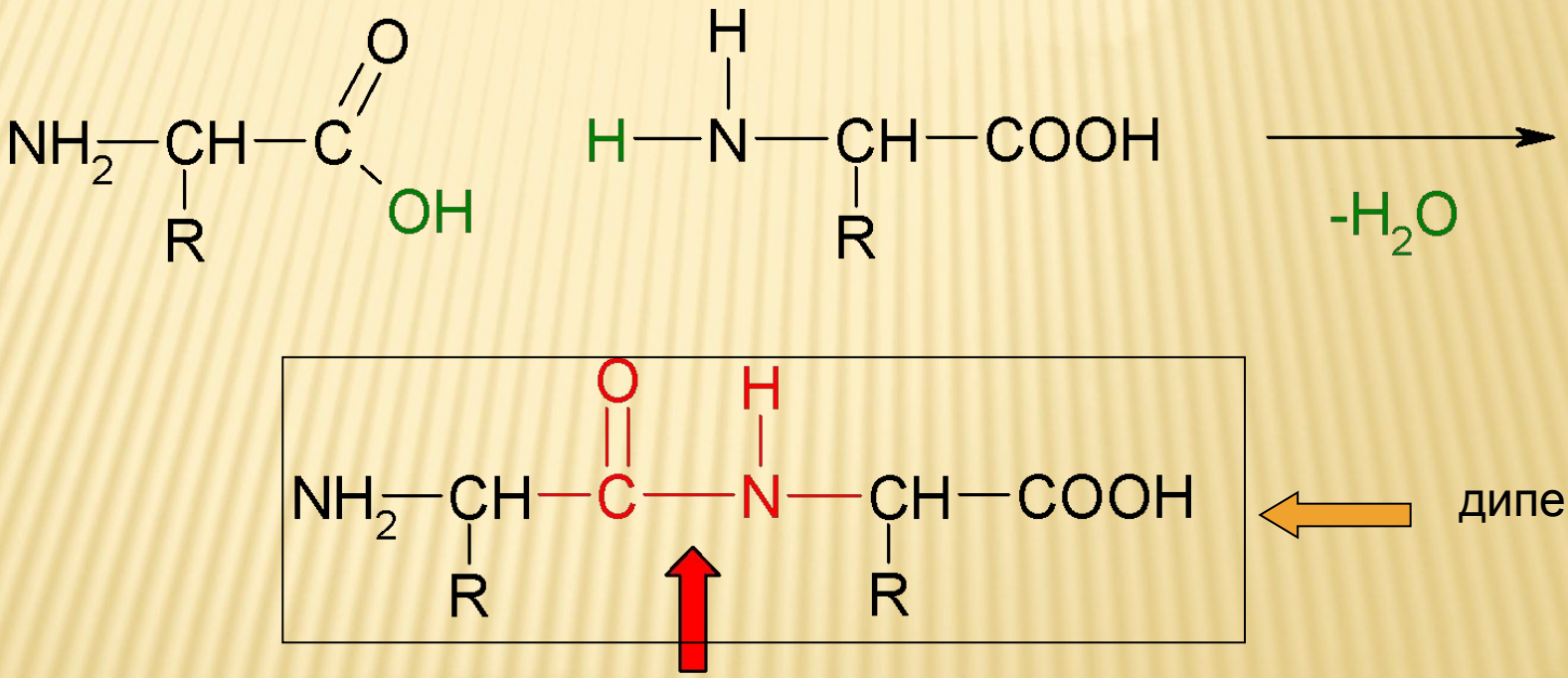
Белки – русская калька слова Альбумин (Albus - белый)

Протеин (πρωτος – первый) – синоним слова белок.

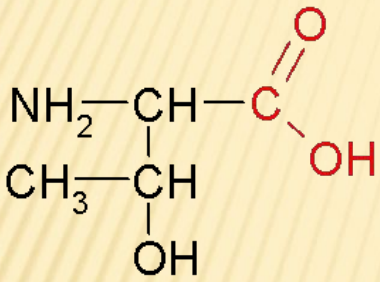
Означает также простой белок в отличие от протеида – белка содержащего небелковую часть (гемоглобин)

ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

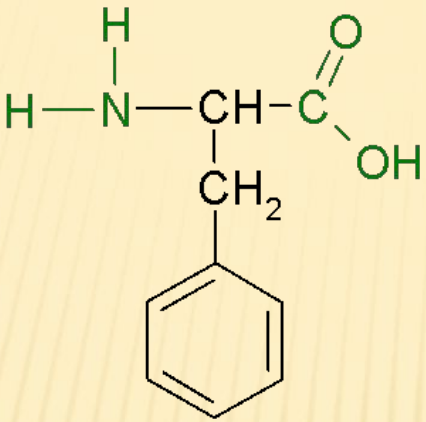
Остатки АК связаны пептидной связью:



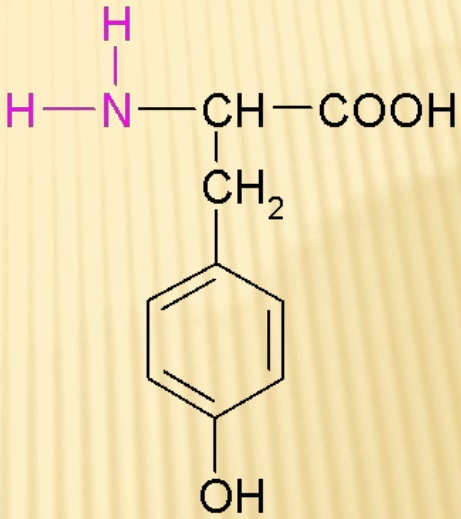
ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ



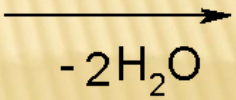
Треонин

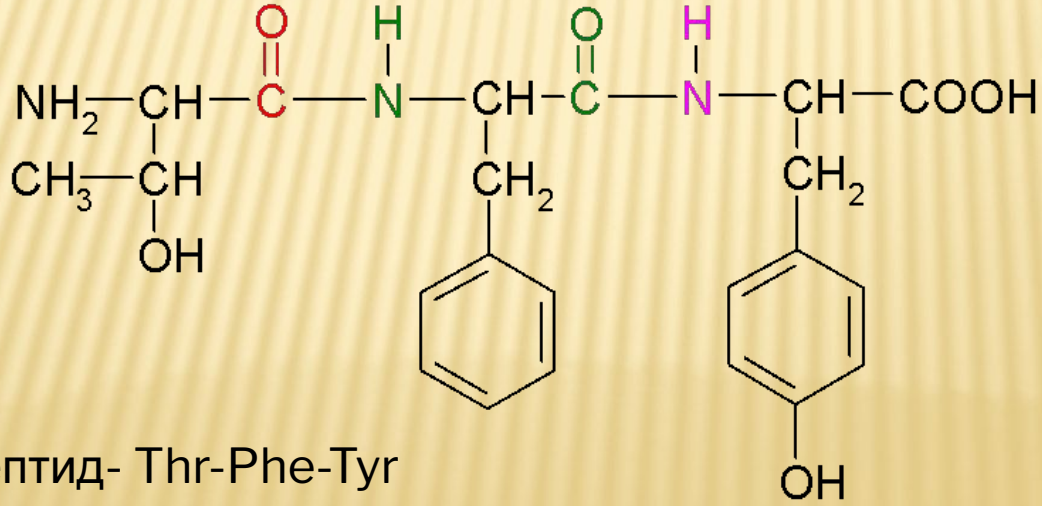


Фенилаланин



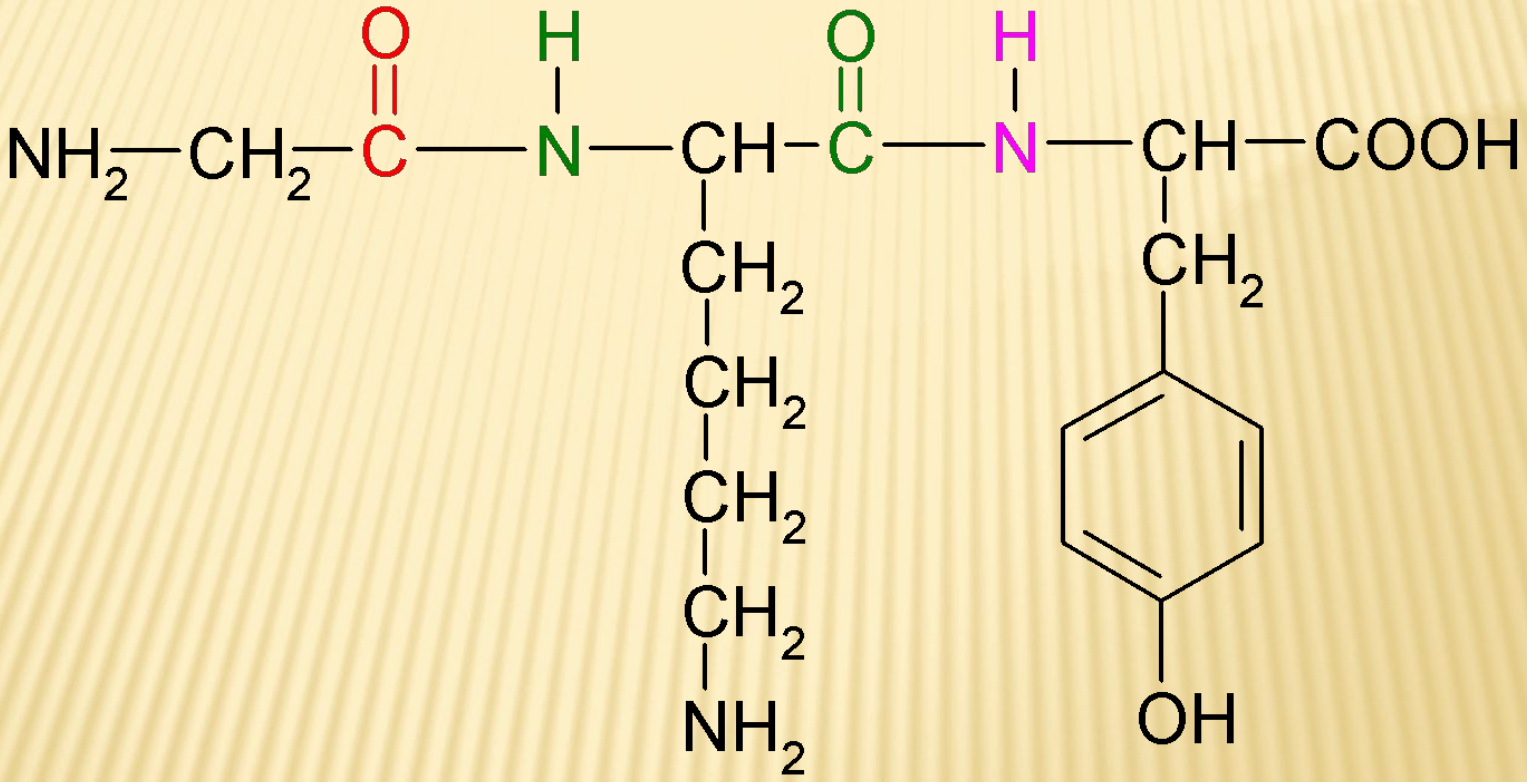
Тирозин



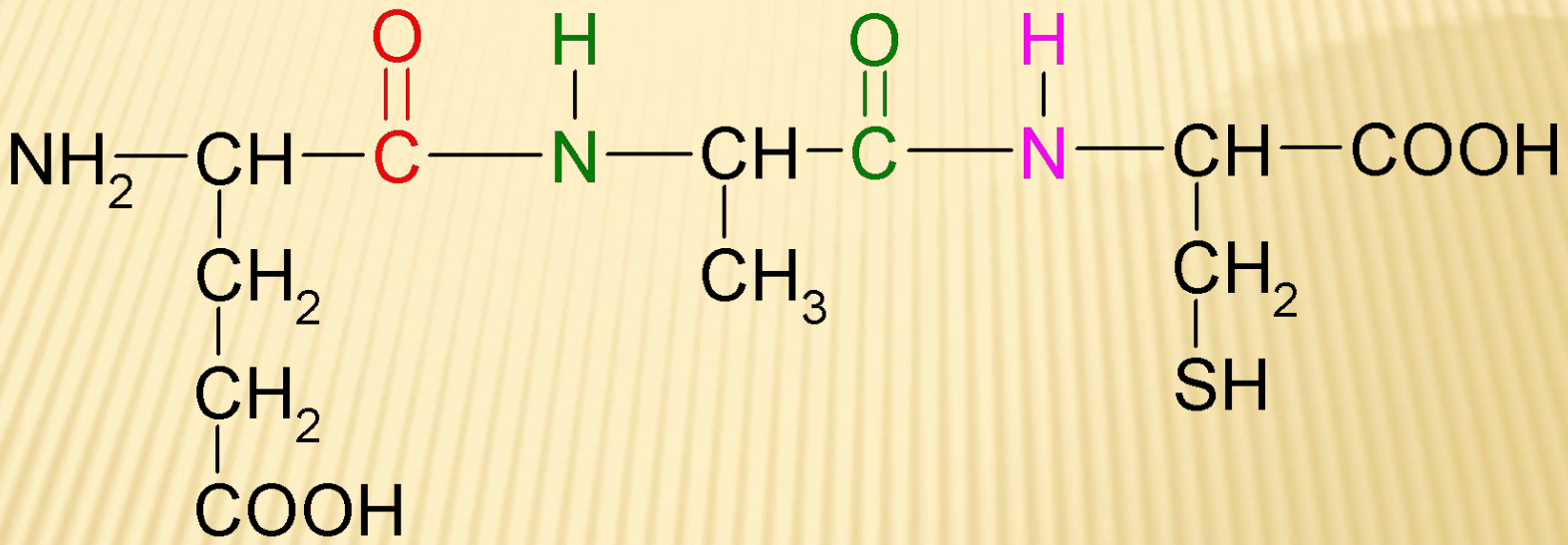


Трипептид- Thr-Phe-Tyr

Треон**ил**-Фенилаланил-Тирозин



Глицил-лизил-тирозин

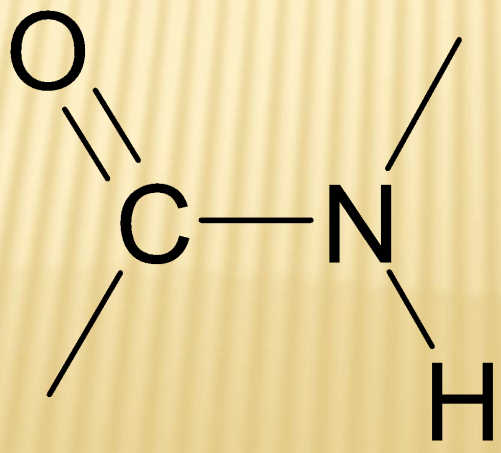


Глутамил-аланил-цистеин

ПЕПТИДНАЯ СВЯЗЬ

Пространственное строение

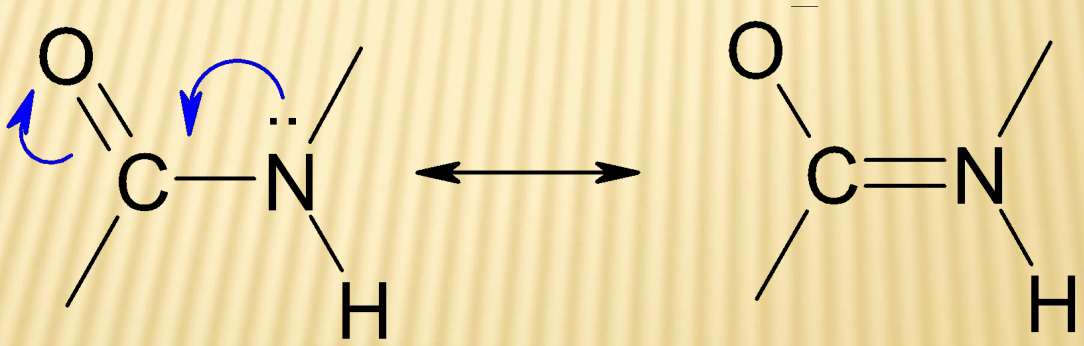
1. Все атомы находятся в одной плоскости
2. Почти всегда атомы водорода и кислорода находятся в транс положении



ПЕПТИДНАЯ СВЯЗЬ

Электронное строение

НЭП на азоте сопряжена с карбонильной группой (C=O), поэтому связь C—N имеет порядок больше чем 1, а C=O меньше чем 2



ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

Как и аминокислоты, пептиды и белки являются амфотерными соединениями, содержащими и кислотные группы (COOH) и осно́вные группы (NH_2).

ИЭТ зависит от их количества- если больше COOH чем NH_2, то ИЭТ меньше 5-6, если наоборот, то больше.

Пептид: **Тре-Фен-Тир**. Содержит одну COOH и одну NH_2 → ИЭТ будет равна 5-6.

Пептид: **Гли-Лиз-Тир.** Содержит одну COOH и две NH_2 → ИЭТ будет равна 8-11.

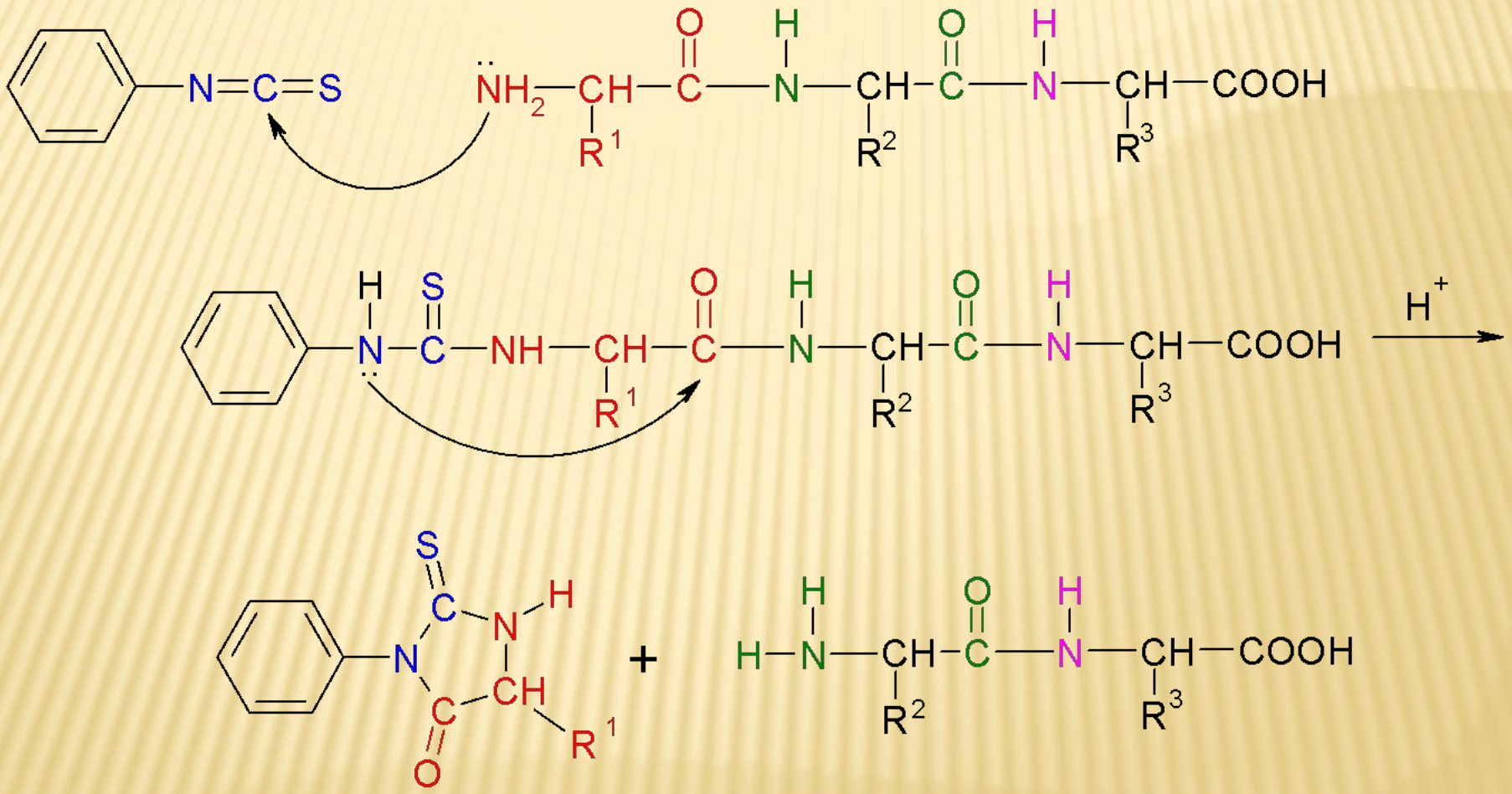
Пептид: **Глу-Ала-Цис.** Содержит две COOH и одну NH_2 → ИЭТ будет равна 3.

АНАЛИЗ ПЕРВИЧНОЙ СТРУКТУРЫ ПЕПТИДОВ
МЕТОД ЭДМАНА

Используя фенилизотиоцианат (Ph-NCS) последовательно отщепляют АК с N-конца и определяют образующиеся фенилтиогидантоиновые производные.

Прибор для автоматического определения первичной структуры - **секвенатор**

МЕТОД ЭДМАНА



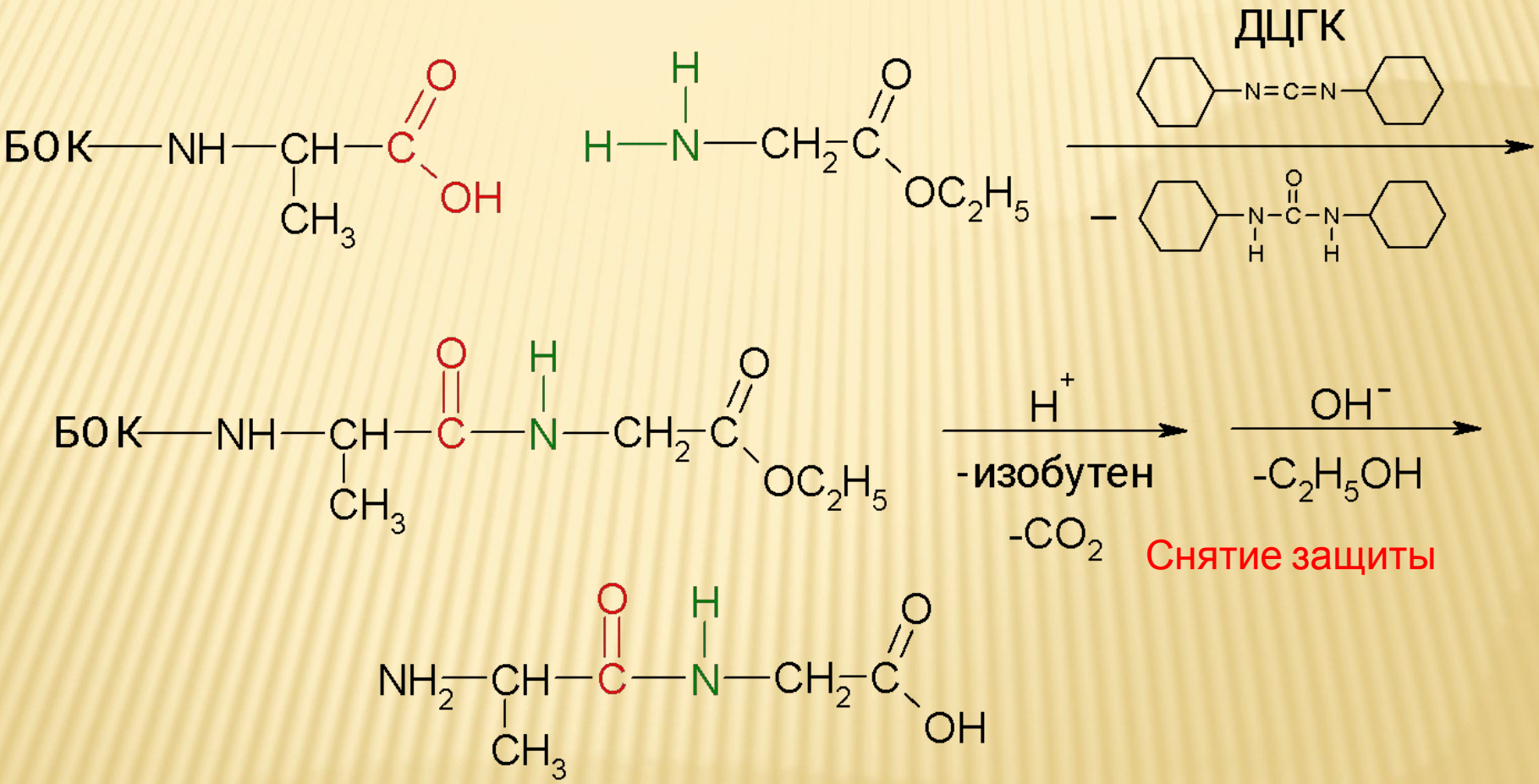
Фенилтиогидантоиновое производное N-концевой АК

Пептид укороченный на 1 АК

СИНТЕЗ ПЕПТИДОВ И БЕЛКОВ

1. Защита аминогруппы (БОК-защита)
2. Защита карбоксильной группы (образование сложных эфиров)
3. Образование пептидной связи
4. Снятие защиты

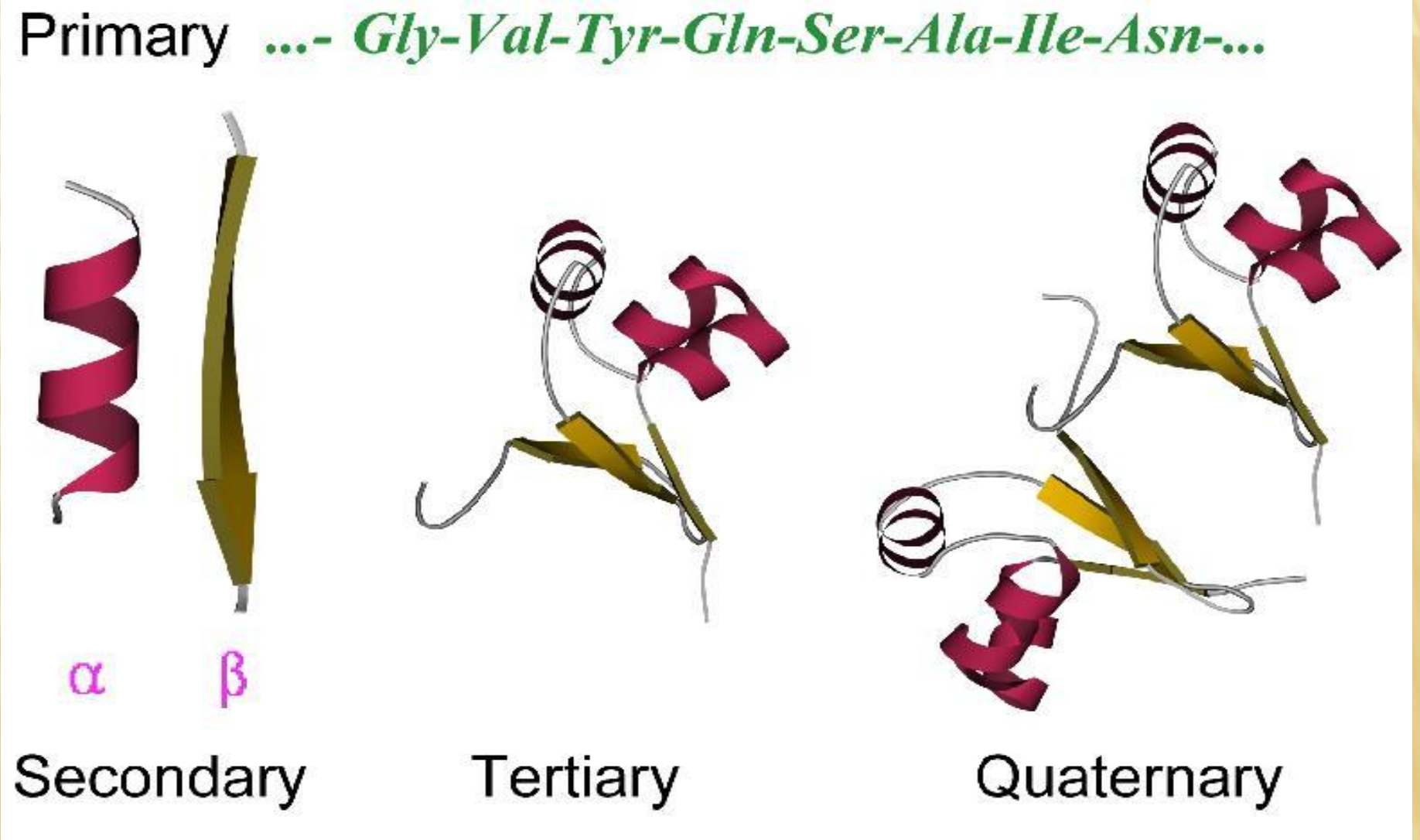
Образование пептидной связи и снятие защиты



УРОВНИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЛКА

- **первичная структура** – аминокислотная последовательность
- **вторичная структура** – локальные высокоупорядоченные конформации белковой цепи (α-спираль, β-структура)
- **третичная структура** – форма белковой молекулы; трёхмерная нативная структура белка
- **четвертичная структура** – агрегат из нескольких молекул белка

УРОВНИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЛКА



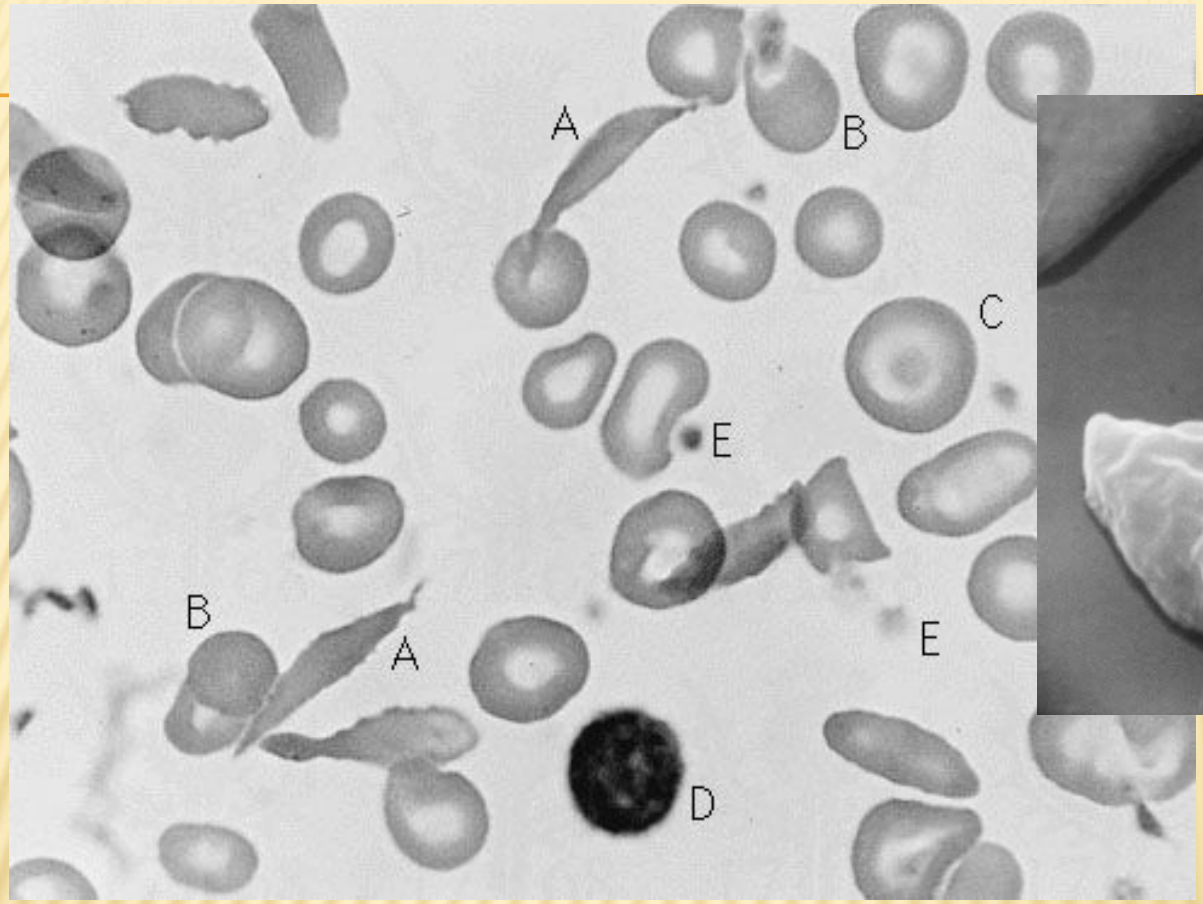
ПЕРВИЧНАЯ СТРУКТУРА

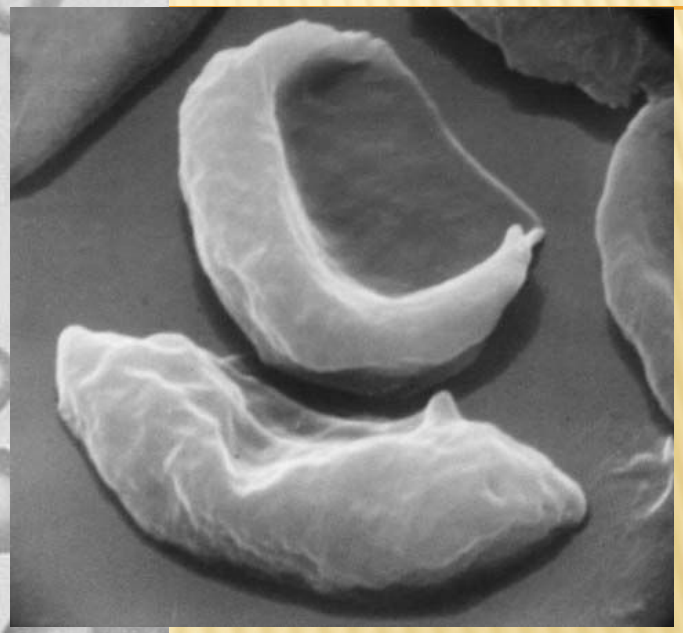
- **первичная структура** –последовательность аминокислотных остатков в молекуле белка или пептида.

NH_2-Tyr-Pro-Lys-Gly-Phe-Tyr-Lys-COOH

Первичная структура определяет все остальные уровни структурной организации белка

Замена **Глу** в шестом положении β-цепи гемоглобина на **Вал** приводит к серповидно-клеточной анемии (sickle cell anemia) .





Photomicrograph of sickle cell anemia red blood cells

Blood smear in which the red cells show variation in size and shape typical of ***sickle-cell anemia.*** **(A) Long, thin, deeply stained cells with pointed ends are irreversibly sickled.** (B) Small, round, dense cells are hyperchromic because
a part of the membrane is lost during sickling. (C) Target cell with a concentration
of hemoglobin on its centre. (D) Lymphocyte. (E) Platelets.

- Количество возможных первичных структур ОГРОМНО!

- 20 аминокислот могут дать примерно 1000000000

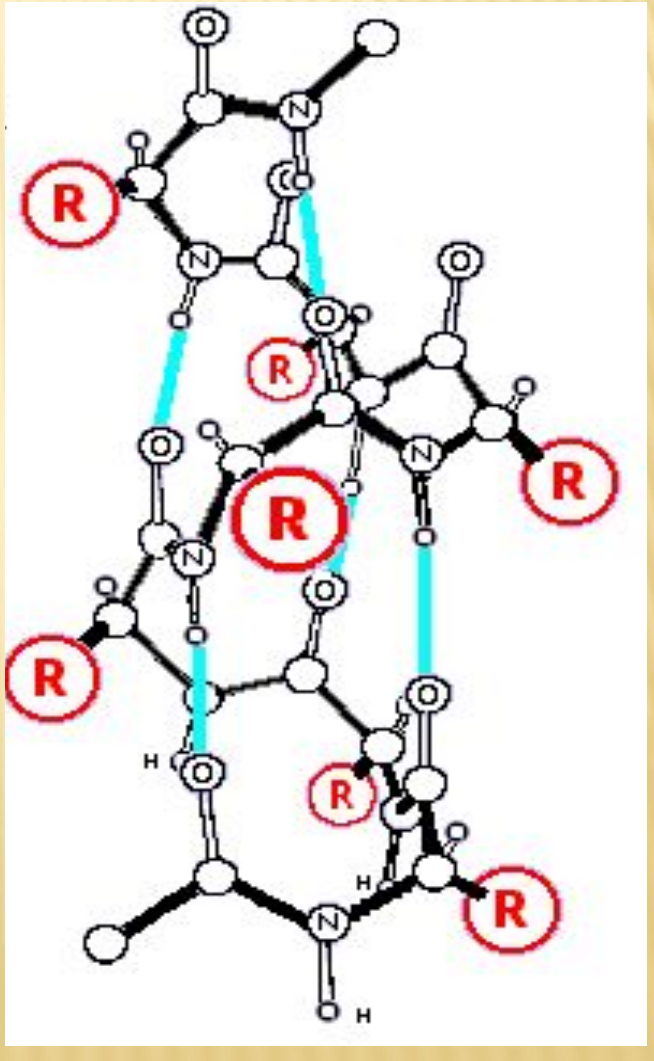
ВТОРИЧНАЯ СТРУКТУРА

- **Вторичная структура-** локальные высокоупорядоченные конформации белковой цепи – спирали и складчатые слои.

А-СПИРАЛЬ

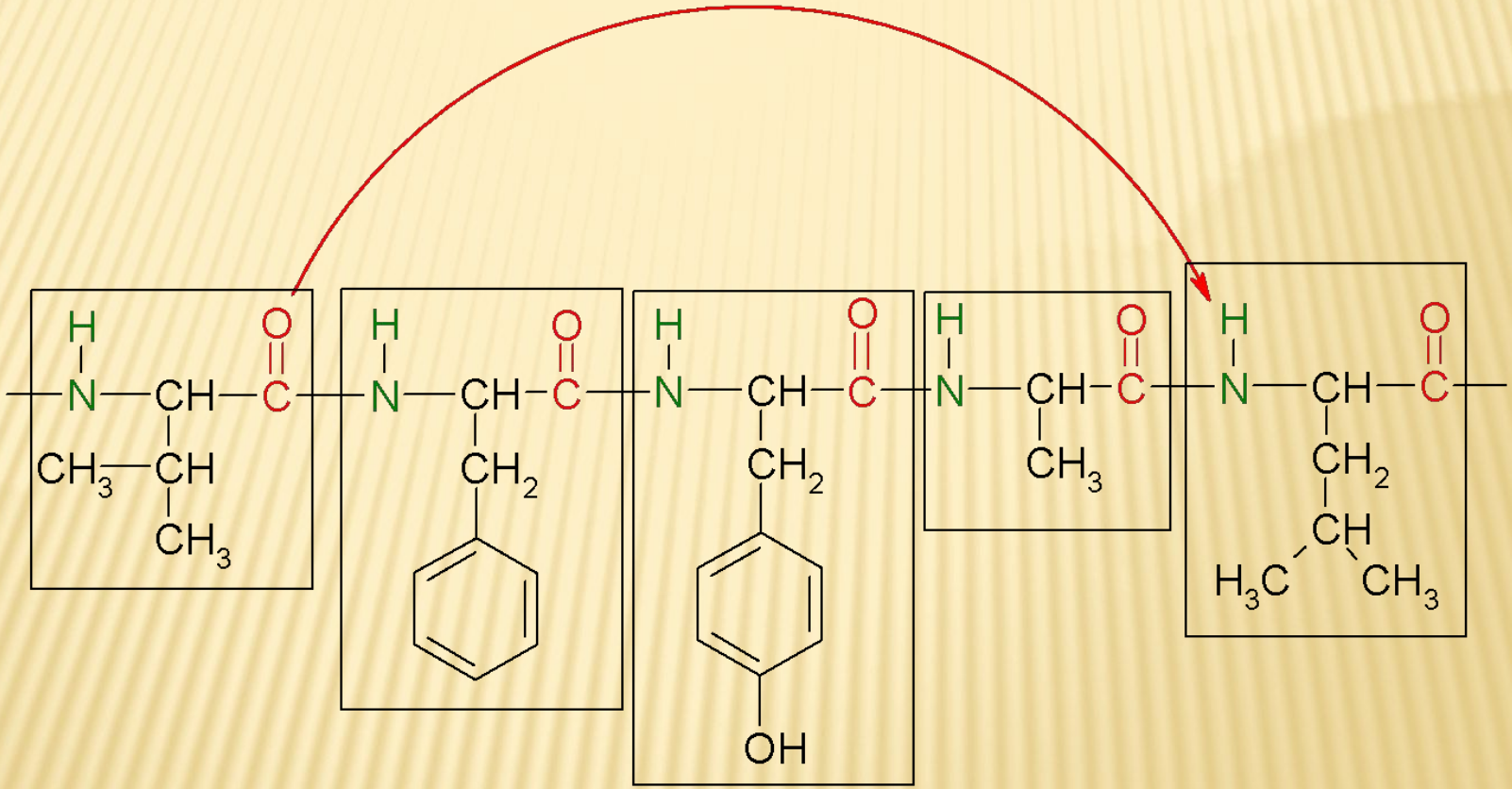
Правые α-спирали полипептидной цепи стабилизируются водородными связями, где C=O группы остова полипептида связаны с лежащими от них в направлении C-конца цепи H-N группами

(показано синим).



ВОДОРОДНЫЕ СВЯЗИ В А-СПИРАЛЯХ

-ВАЛ-ФЕН-ТИР-АЛА-ЛЕЙ-



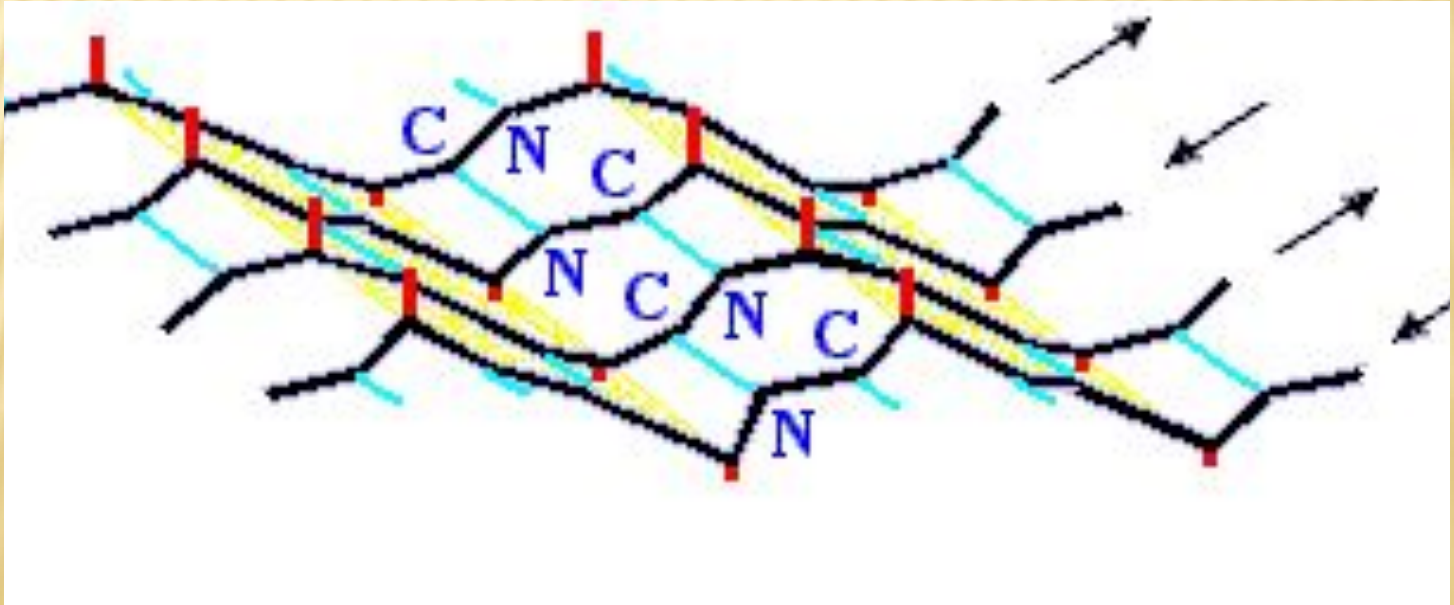
Остатки АК: Первый Второй Третий Четвёртый

α-спираль – 4_{13} спираль: остаток АК образует водородную связь с четвёртым по цепи остатком АК; в образующемся цикле 13 атомов

СТРУКТУРА В-СКЛАДЧАТЫХ СЛОЕВ

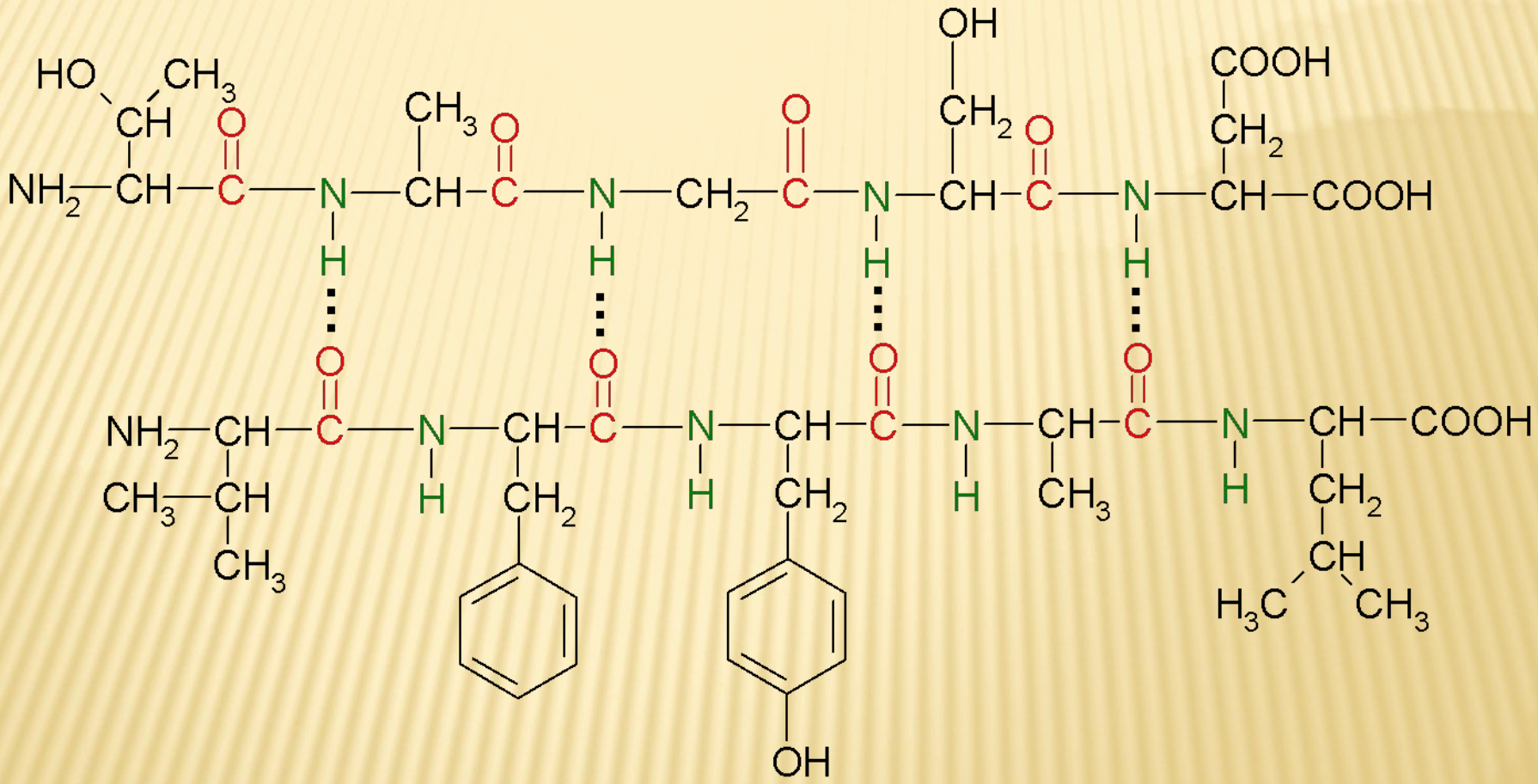
β-структура образуется из нескольких полиипептидных цепей, связанных водородными связями.

Она существует в виде складчатых листов. Так как поверхность β-структуры рифленая, ее еще называют "складчатой β-структурой".



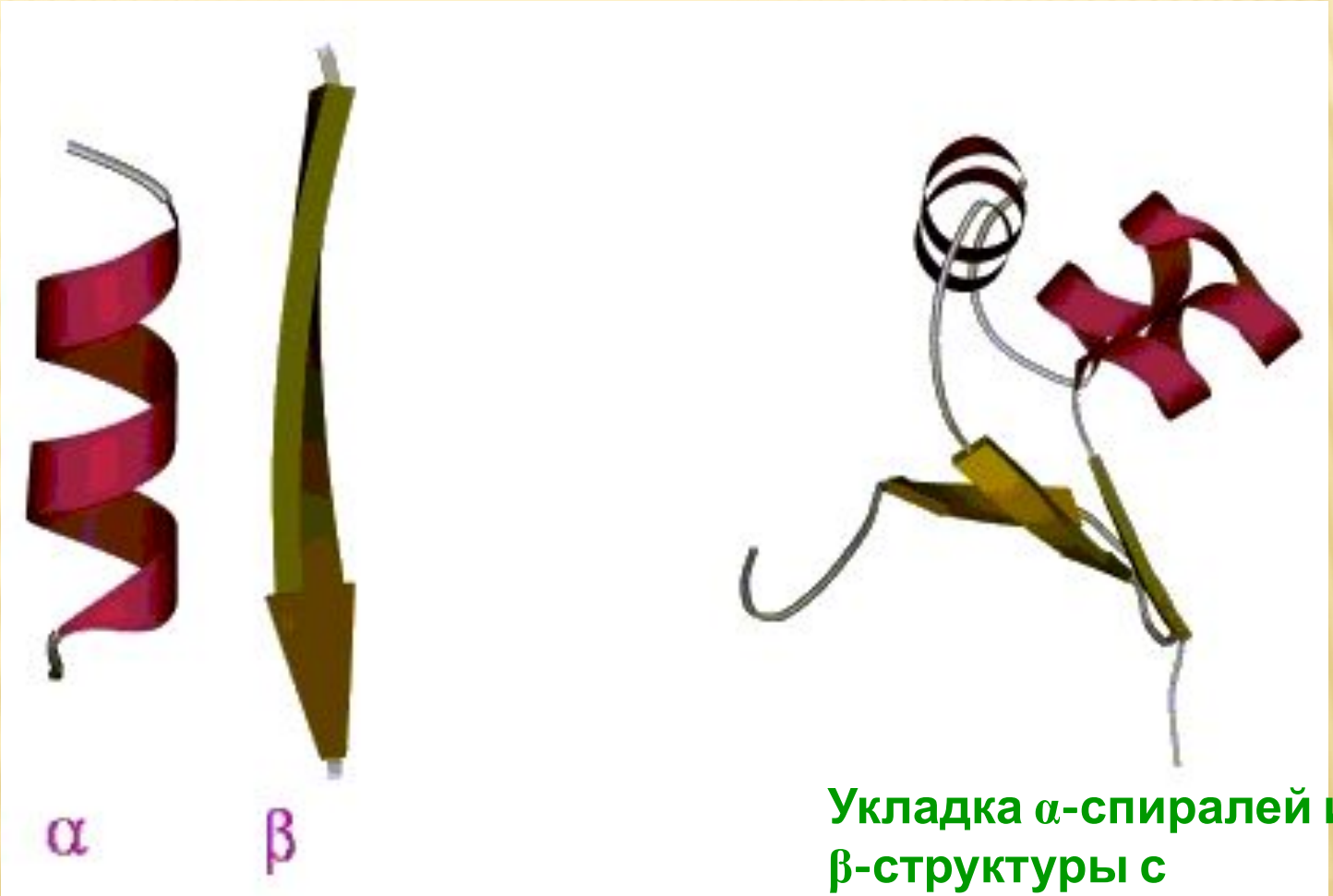
СТРУКТУРА В-СКЛАДЧАТЫХ СЛОЕВ

ВОДОРОДНЫЕ СВЯЗИ



Тре-Ала-Гли-Сер-Асп
Вал-Фен-Тир-Ала-
Лей

ОБОЗНАЧЕНИЕ ВТОРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ



Укладка α-спиралей и β-структуры с образованием глобулы

ТРЕТИЧНАЯ СТРУКТУРА

- **третичная структура** – форма белковой молекулы; трёхмерная структура белка.

- **Укладка нерегулярных областей и α и β-структур в глобулу определяет третичную структуру белка**

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСТАТКОВ АК В ТРЕТИЧНОЙ СТРУКТУРЕ

Остатки АК в белковой глобуле взаимодействуют за счёт:

1. **Гидрофобных взаимодействий**

(они взаимодействиями не являются, но так называются)

(Вал, Лей, Иле, Фен)

2. **Ковалентных связей**

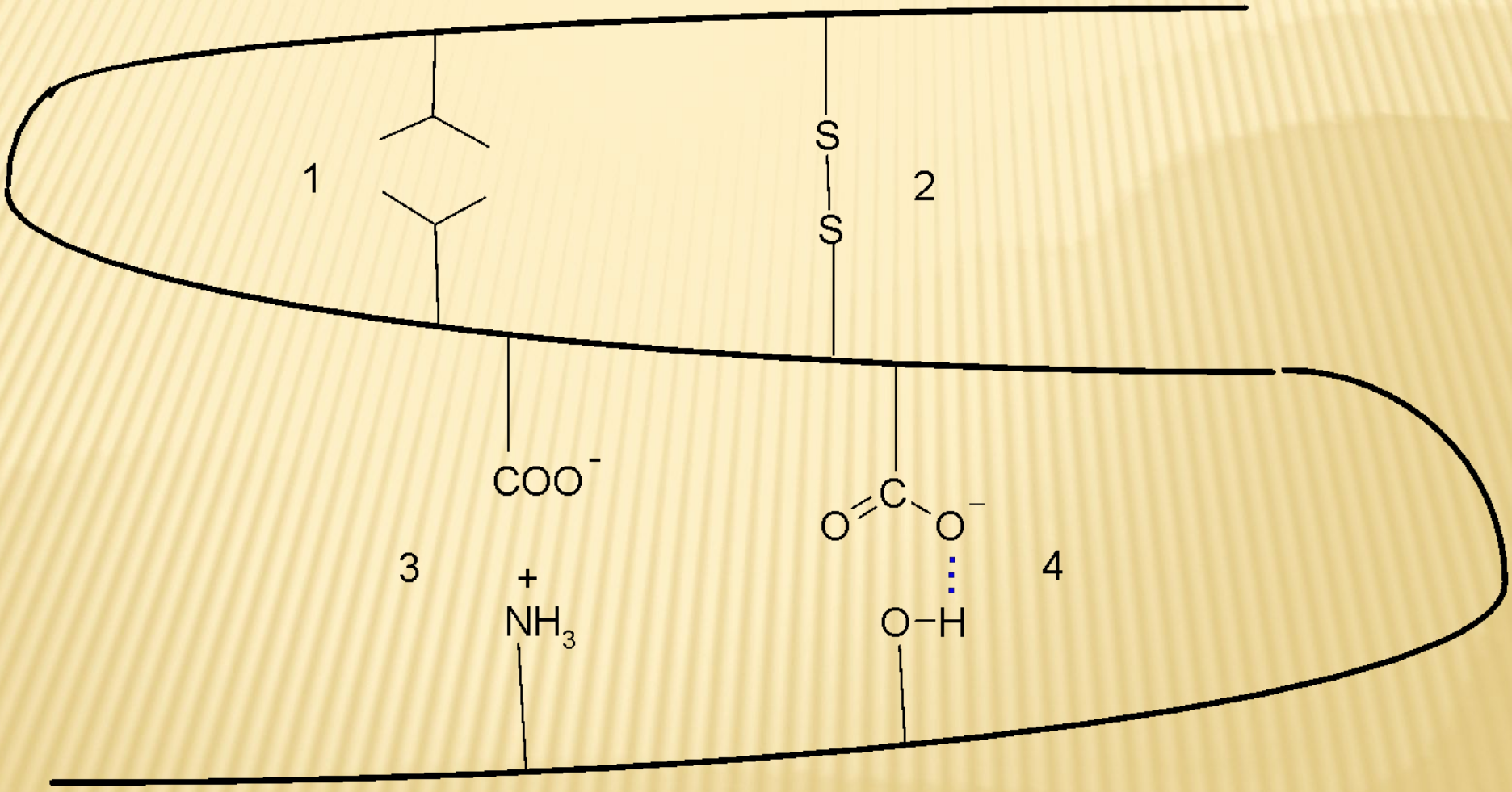
(дисульфидные –S–S– связи в цистине)

3. **Ионных связей**

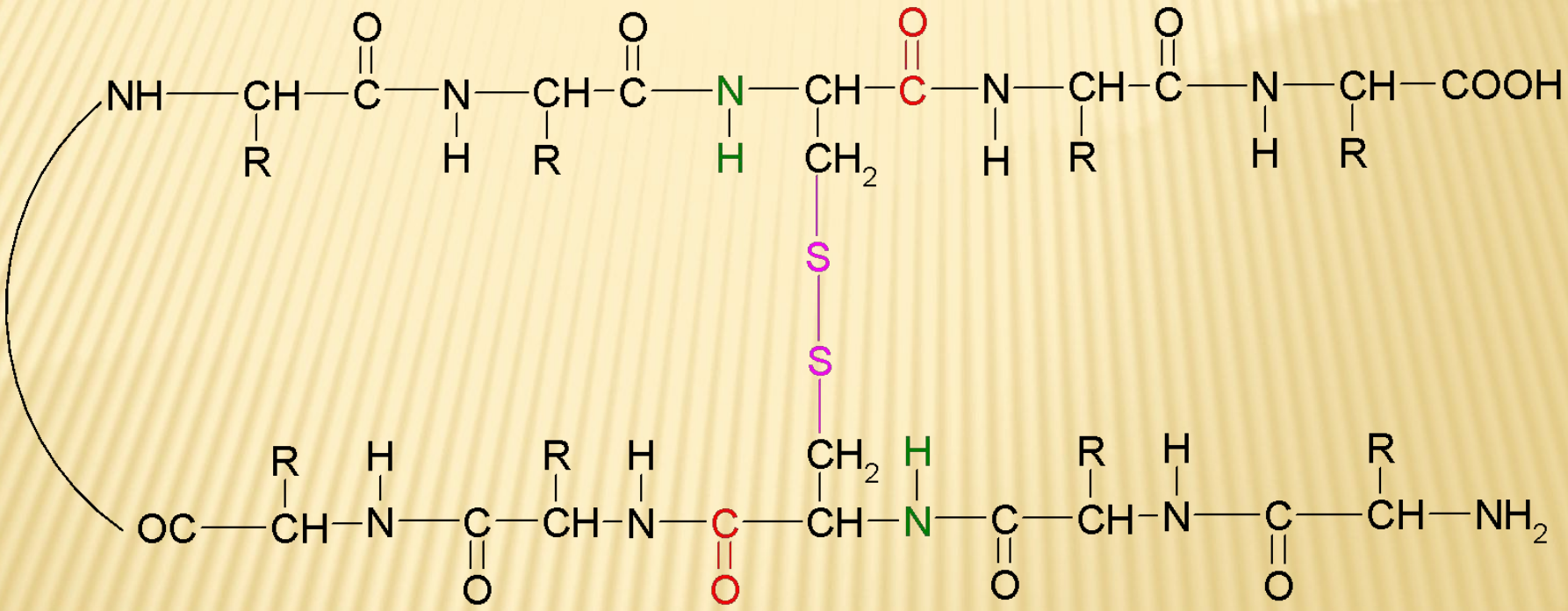
(Глу-COO^- H_3N^+-Лиз)

4. **Водородных связей**

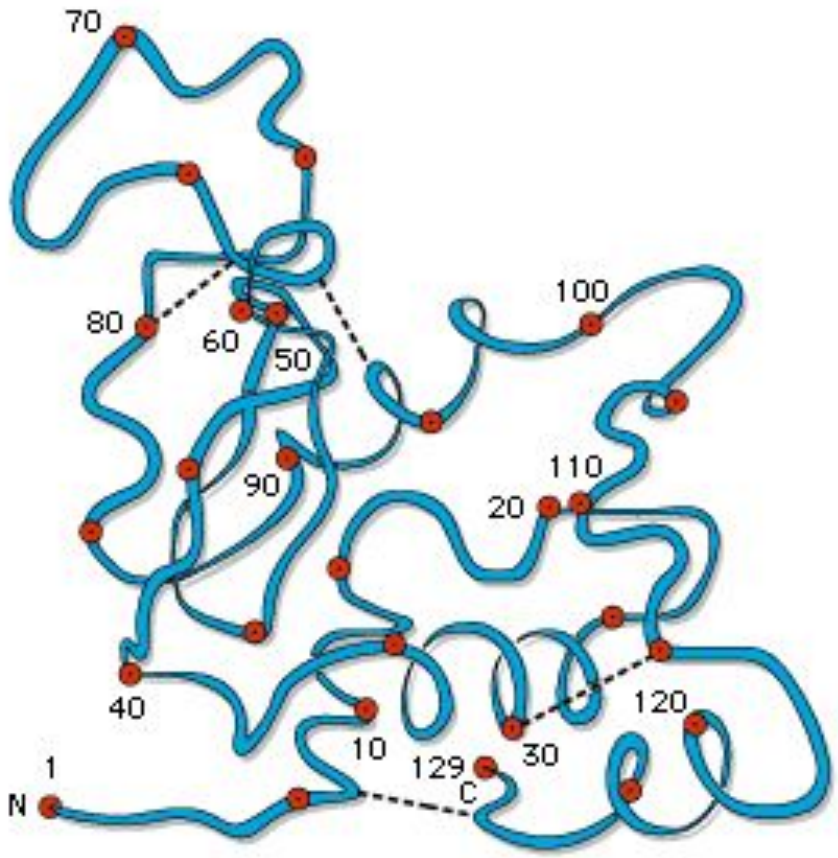
(Глу-COO^-...HO-Тир)


1
S
S
2
COO-
C
O
O
3
+
NH3
O–H
4

ДИСУЛЬФИДНЫЕ СВЯЗИ В ЦИСТИНЕ



ДИСУЛЬФИДНЫЕ СВЯЗИ



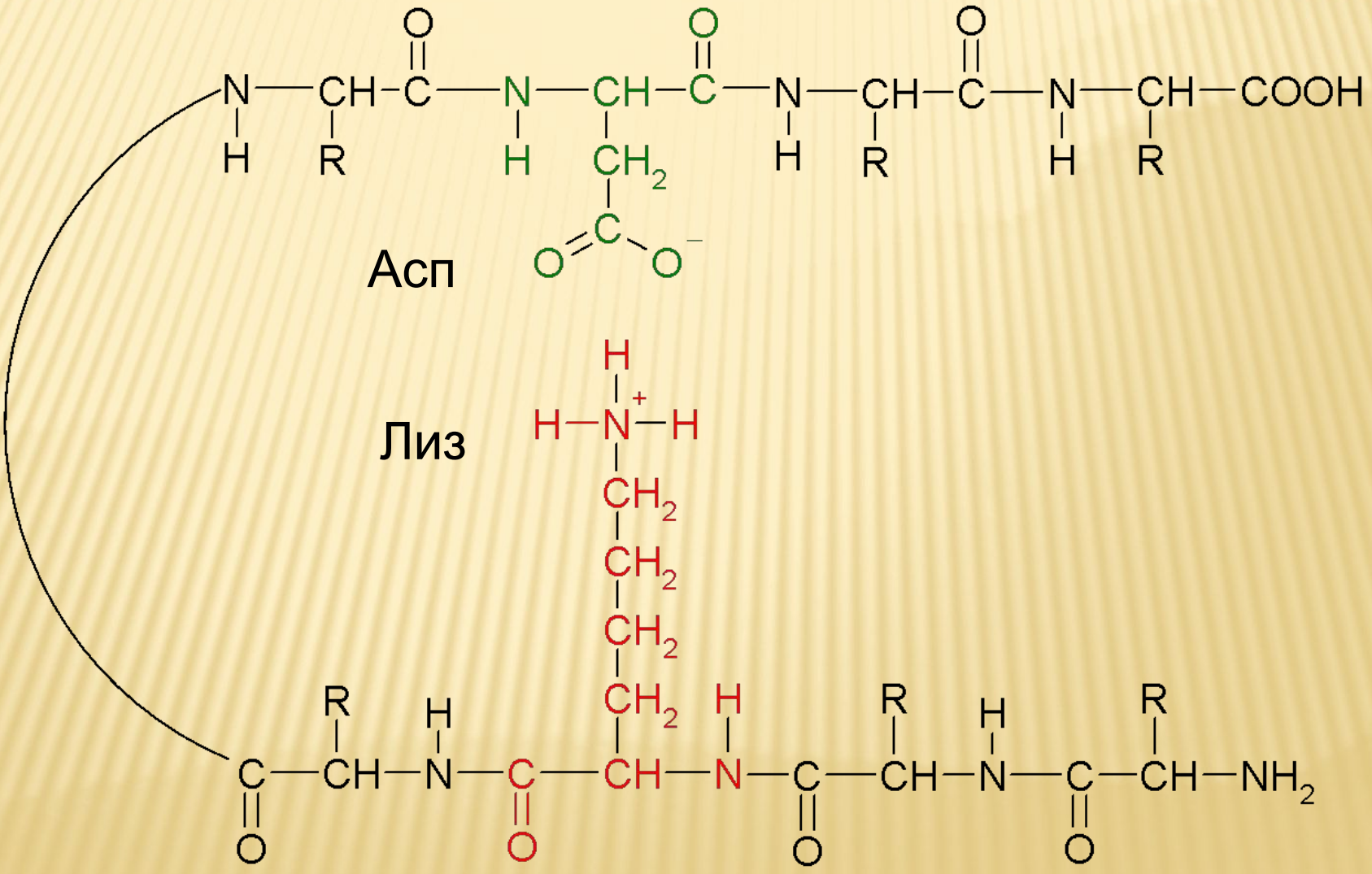
The simplified structure of lysozyme from hen's egg white has a single peptide chain of 129 amino acids. The amino acid residues are numbered from the terminal α amino group (N) to the terminal carboxyl group (C). Circles indicate every fifth residue; every tenth residue is numbered. Broken lines indicate the four disulfide bridges. Alpha-helices are visible in the ranges 25 to 35, 90 to 100, and 120 to 125.

©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.

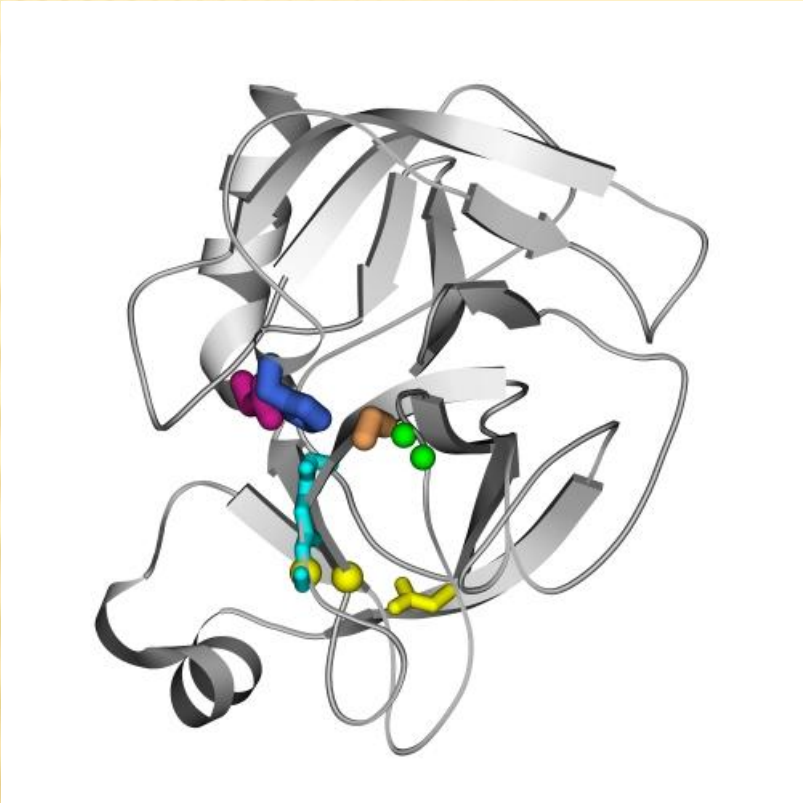
Структура лизоцима.

Дисульфидные связи показаны пунктиром

ИОННЫЕ СВЯЗИ



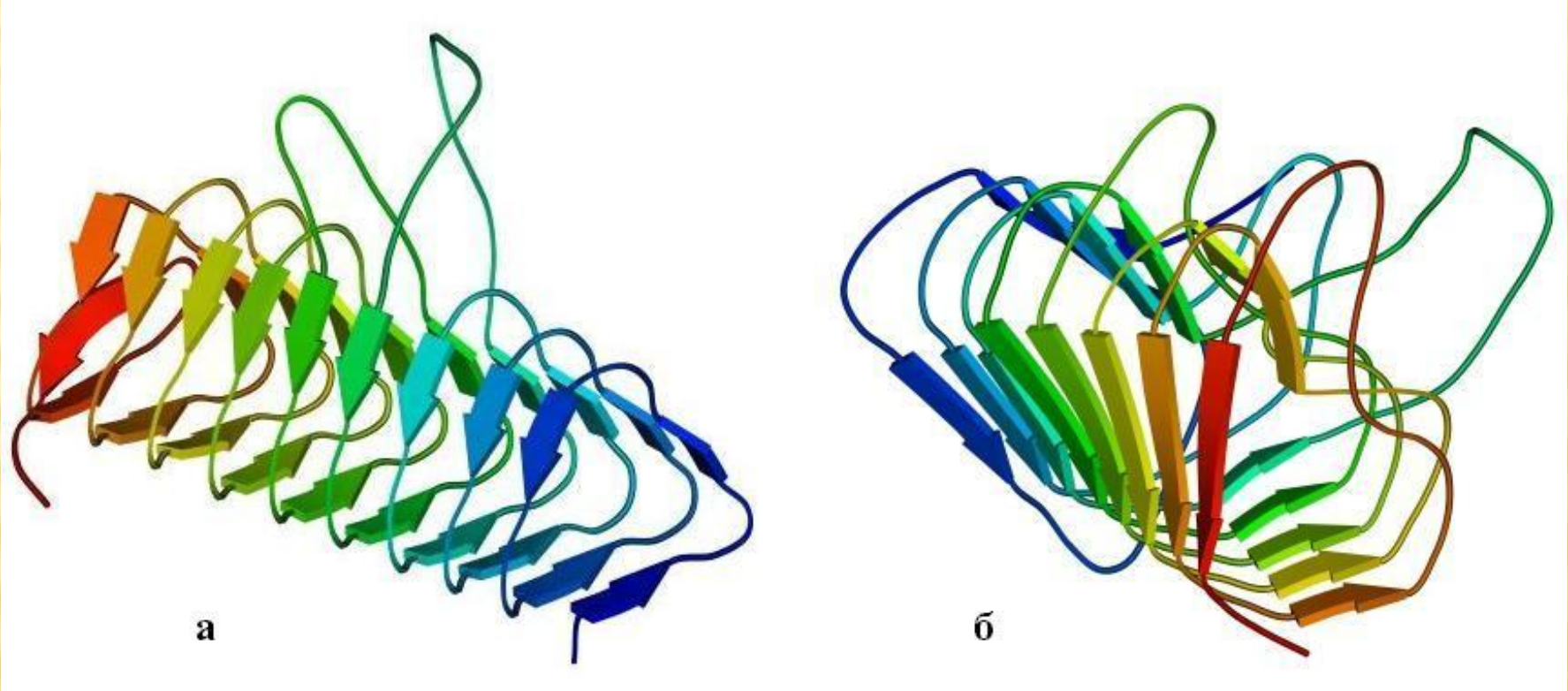
ТРЕТИЧНАЯ СТРУКТУРА



Сериновая протеаза - трипсин

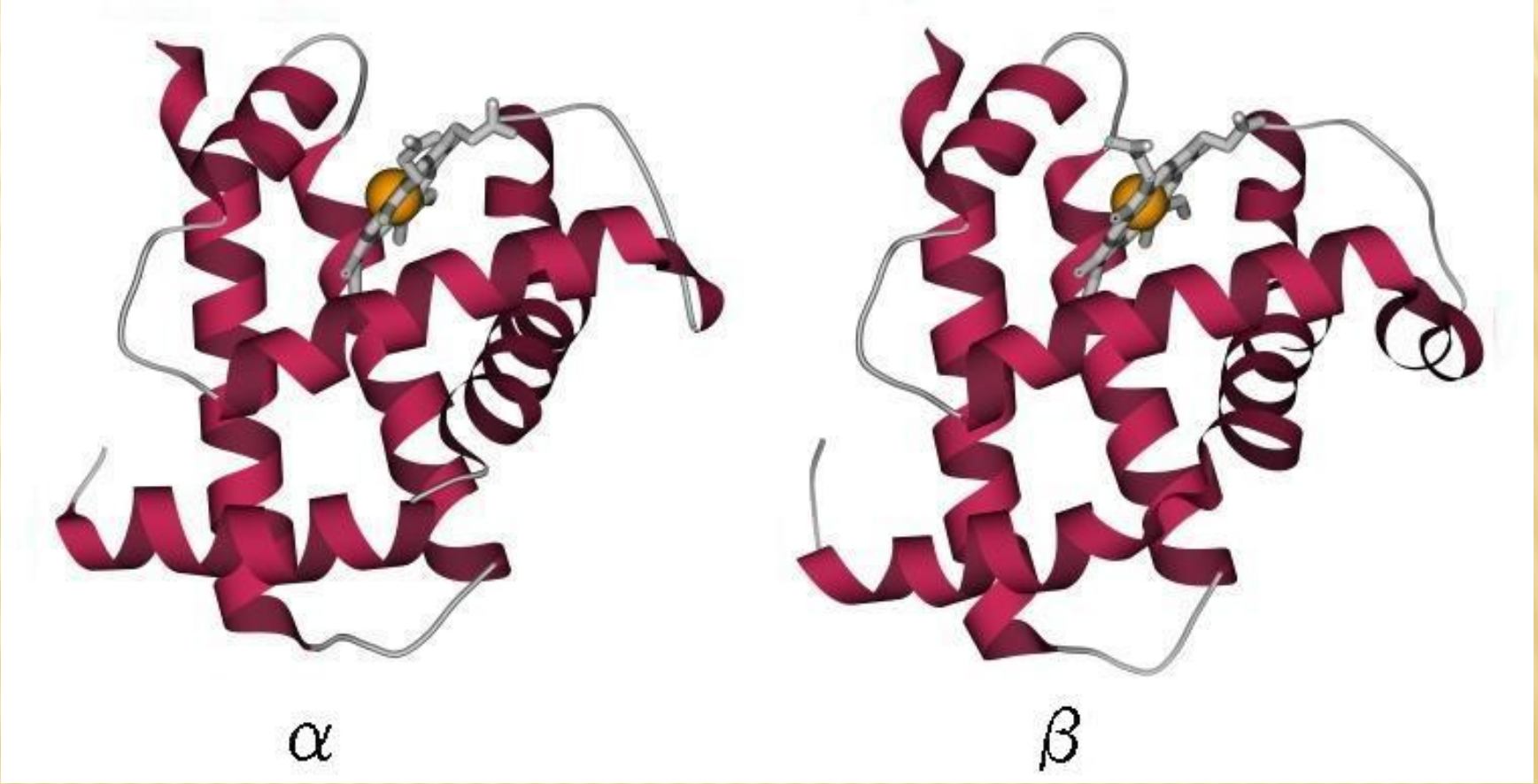
Родопсин

ТРЕТИЧНАЯ СТРУКТУРА



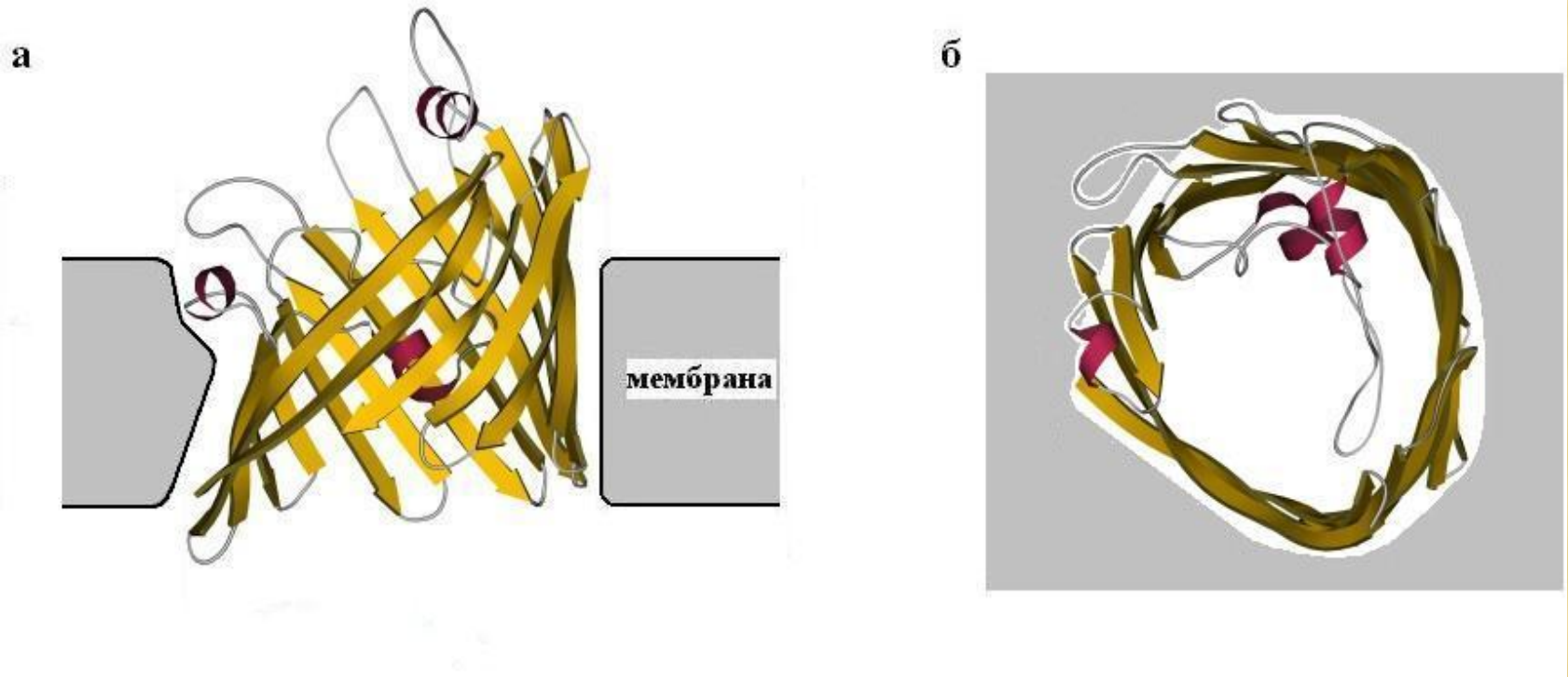
ацилтрансфераза **пиктатлиаза С**

ТРЕТИЧНАЯ СТРУКТУРА



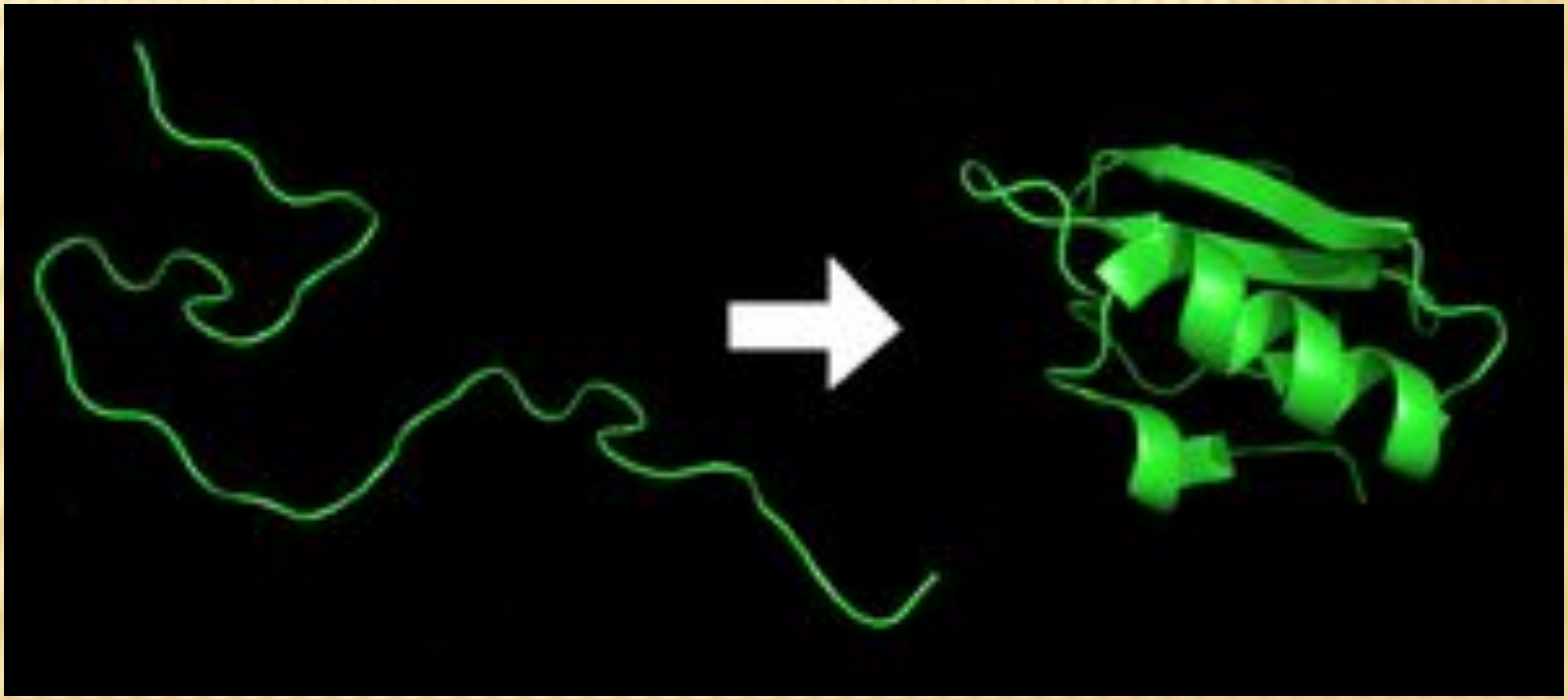
α и β цепи гемоглобина лошади

ТРЕТИЧНАЯ СТРУКТУРА



Порин

- **Фолдинг – сворачивание белковой цепи с образованием нативной структуры.**



- Неправильный фолдинг может привести к различным болезням, например к губчатым энцефалопатиям:

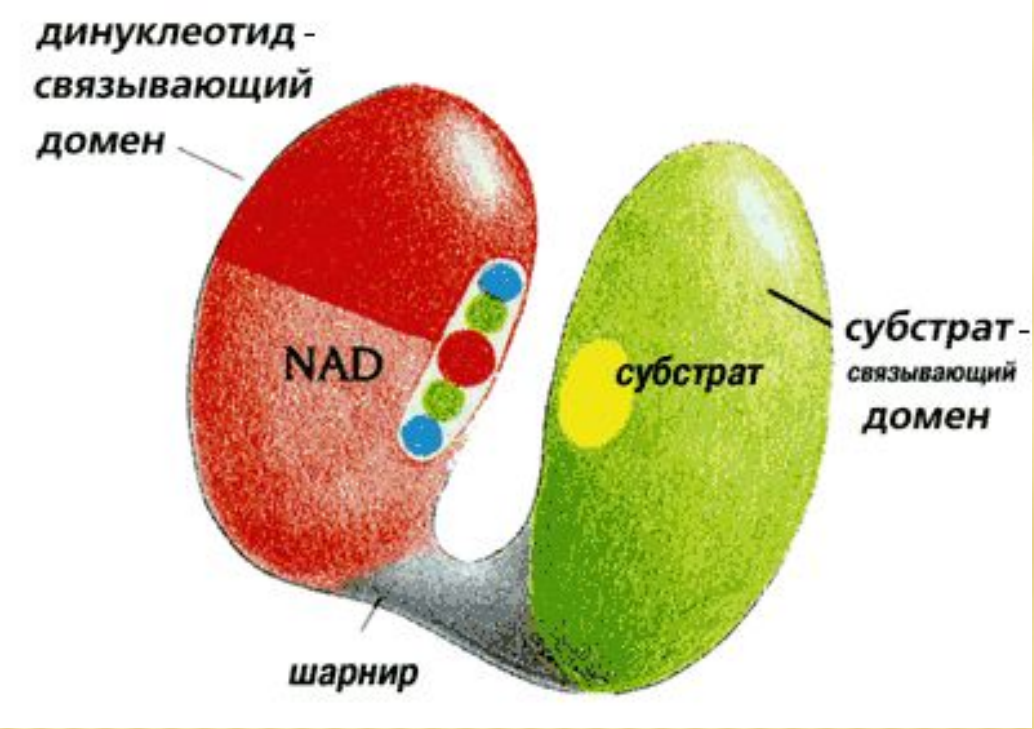
- Синдром Крейцфельда-Якоба
- Новый вариант Крейцфельда-Якоба – коровье бешенство
- синдром Герсманна–Штройслера–Шейнкера
- хроническая семейная бессонница,
- куру,
- скрепи

Инфекционными агентами, вызывающими эти болезни являются неправильно свернувшиеся белки - **прионы**

ДОМЕНЫ

Домены – глобулярные области в пределах одной белковой молекулы

Домены соединены шарнирным участком

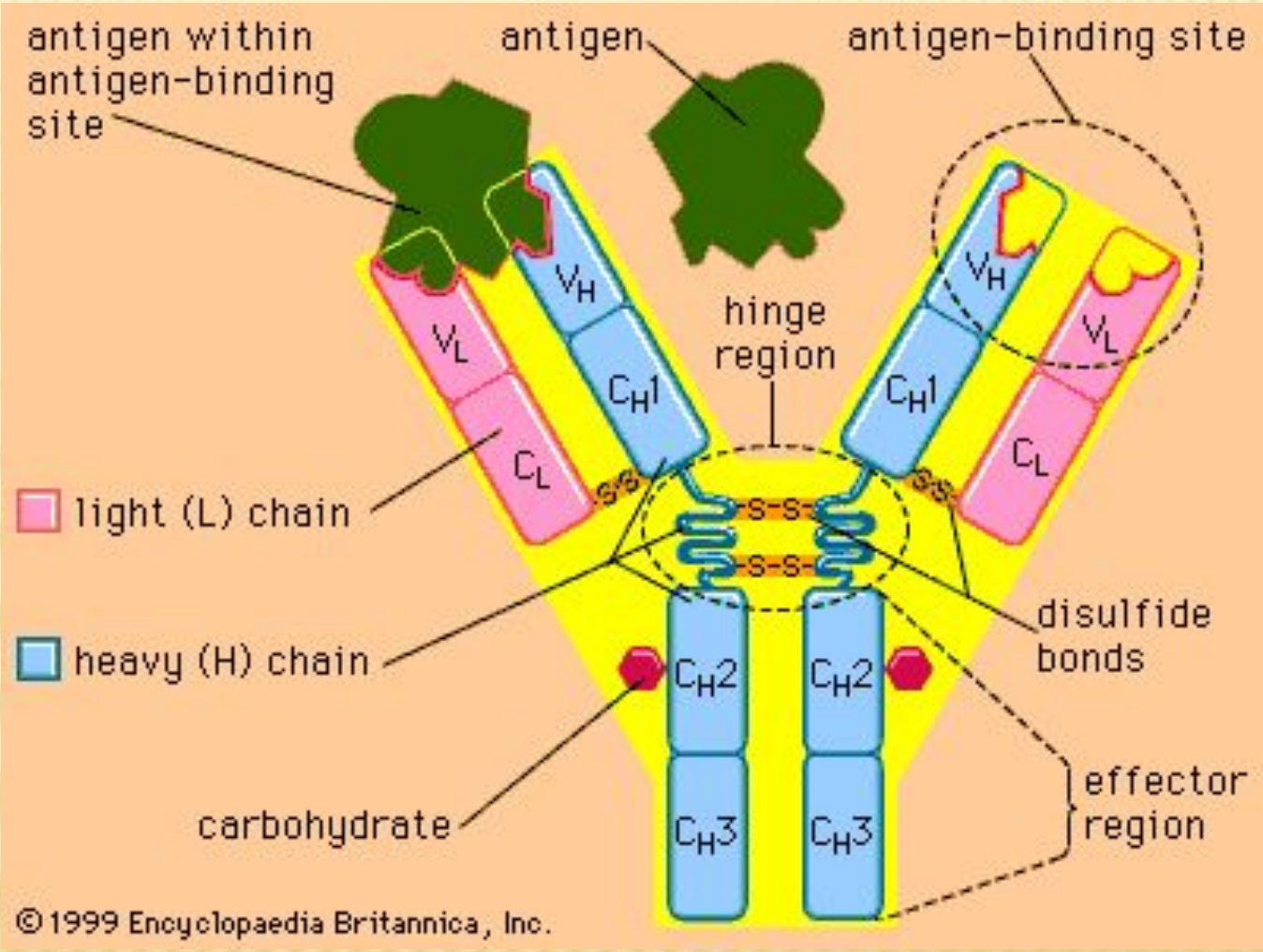


Доменная структура NAD^+-зависимой дегидрогеназы

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СТРУКТУРА

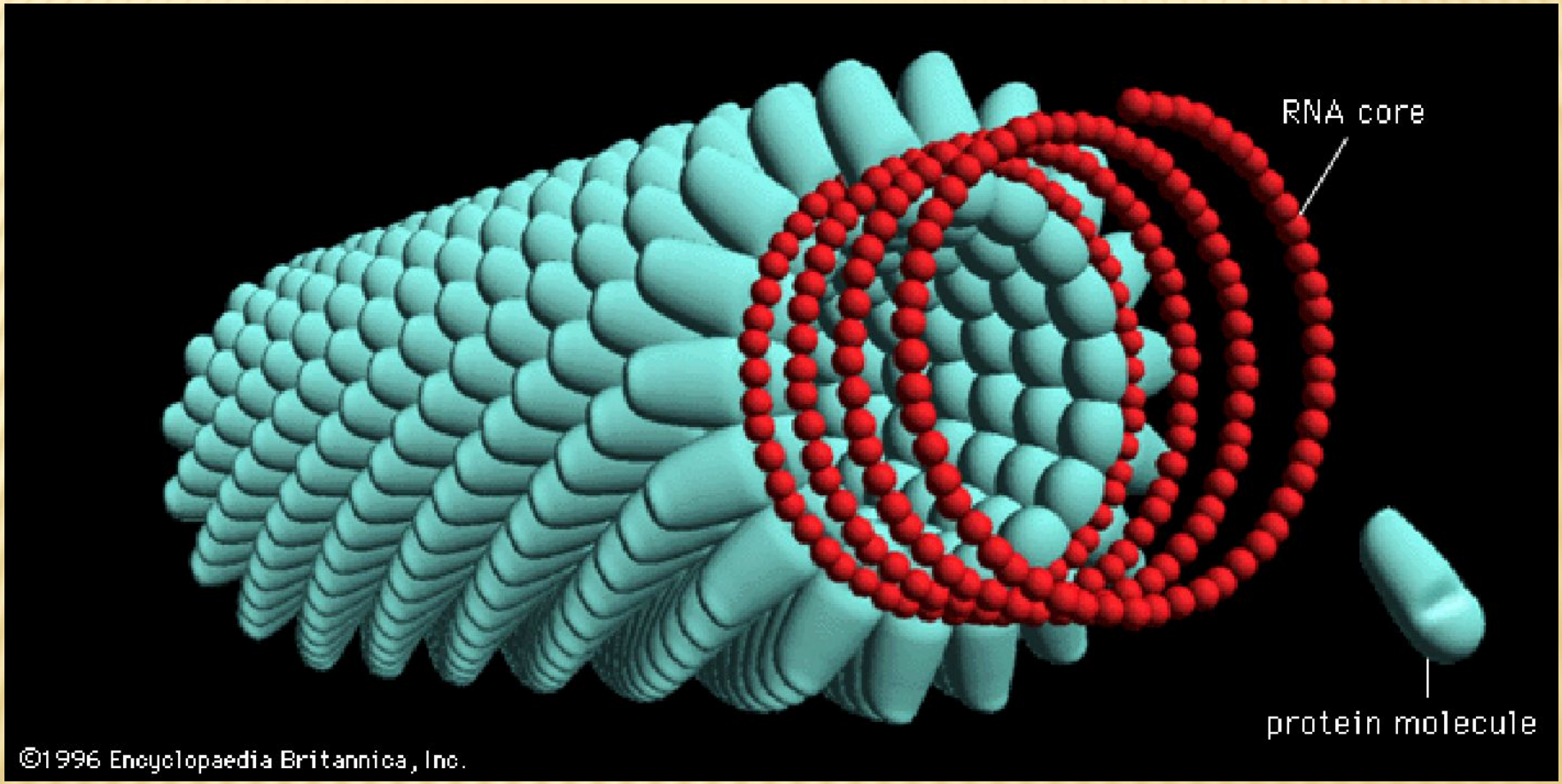
- **Четвертичная структура- агрегат нескольких белковых молекул образующих одну структуру**
- **Взаимодействия: ионные, водородные, гидрофобные, ковалентные (дисульфидные)**
- **Протомер- отдельная полипептидная цепь**
- **Субъединица- функциональная единица**

ДИСУЛЬФИДНЫЕ СВЯЗИ



Дисульфидные связи в иммуноглобулине G

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СТРУКТУРА



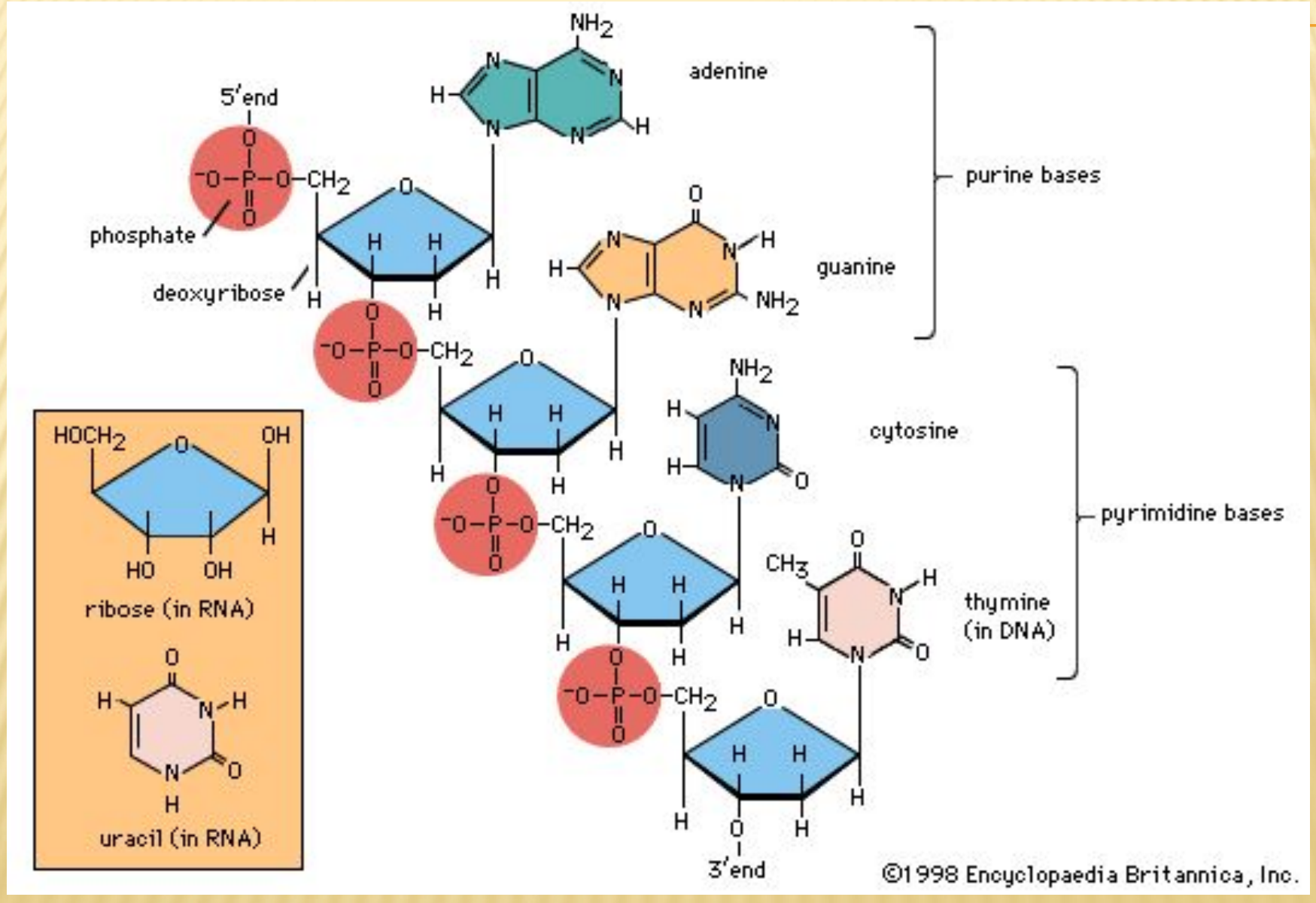
Пример четвертичной структуры - вирус табачной мозаики:
2130 одинаковых молекул белка расположены вокруг РНК вируса

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

- НК- это полинуклеотиды,

  т.е. биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды.
- Нуклеотиды-фосфорные эфиры нуклеозидов
- Нуклеозиды – гликозиды, образованные нуклеиновыми основаниями и пентозой (рибозой или дезоксирибозой)

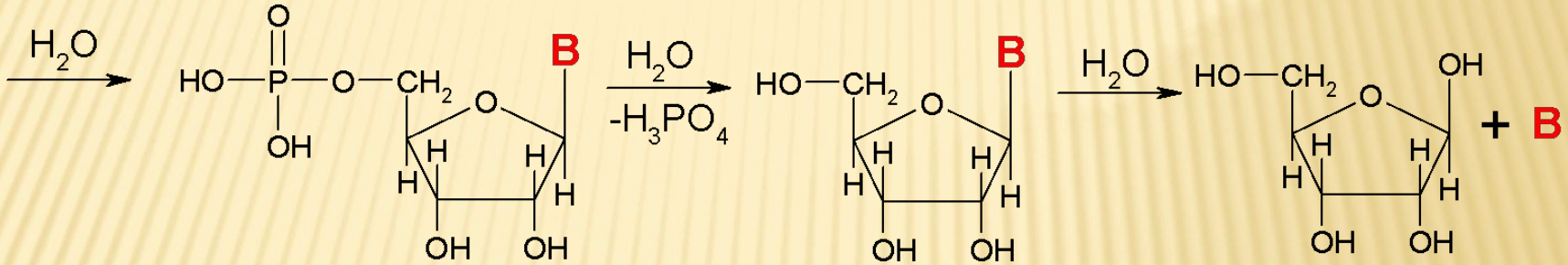
НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ



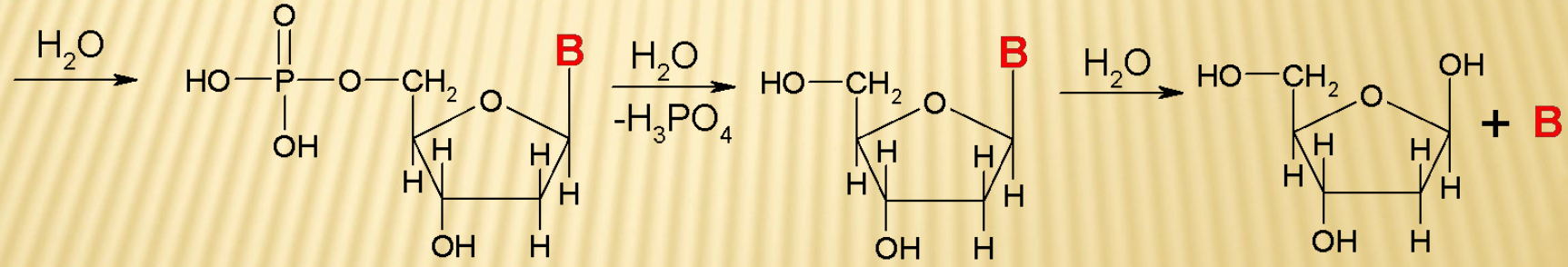
НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Гидролиз

РНК



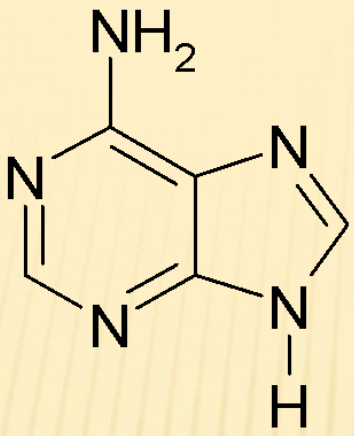
ДНК



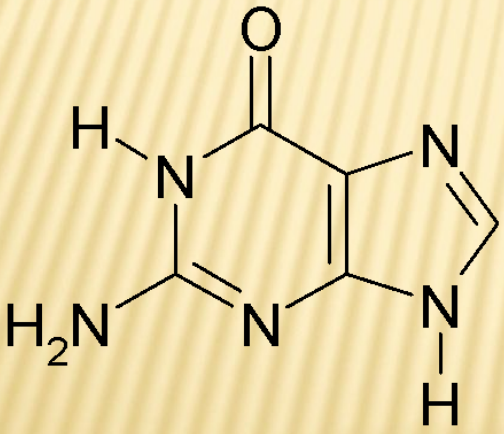
нуклеотиды нуклеозиды пентоза Нукл. Осн.

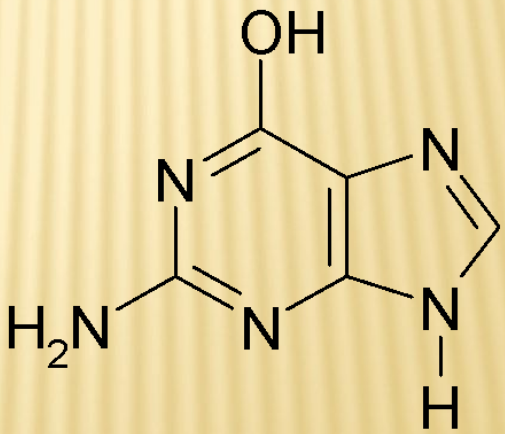
НУКЛЕИНОВЫЕ ОСНОВАНИЯ

ПУРИНОВЫЕ ОСНОВАНИЯ



Аденин





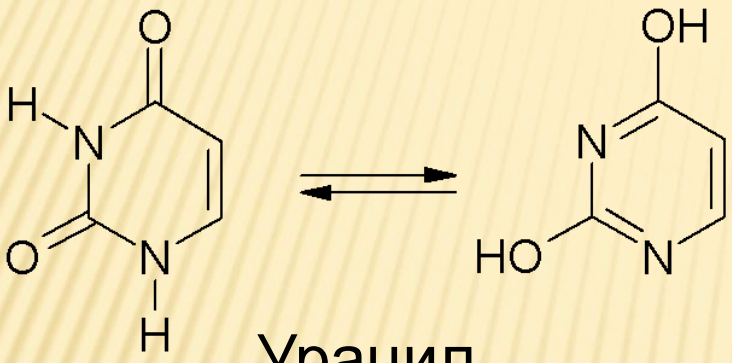
Гуанин

лактам

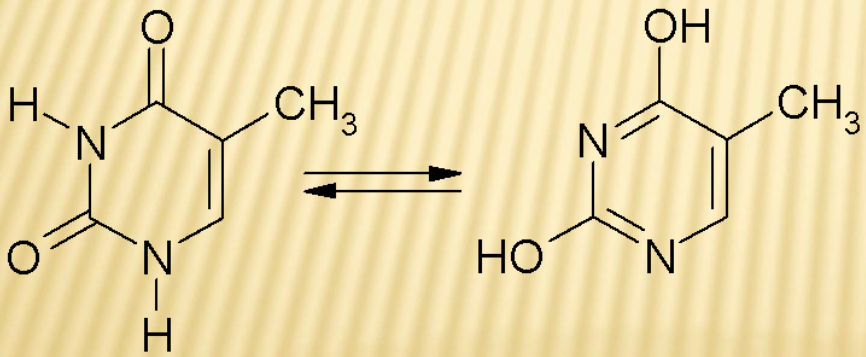
лактим

НУКЛЕИНОВЫЕ ОСНОВАНИЯ

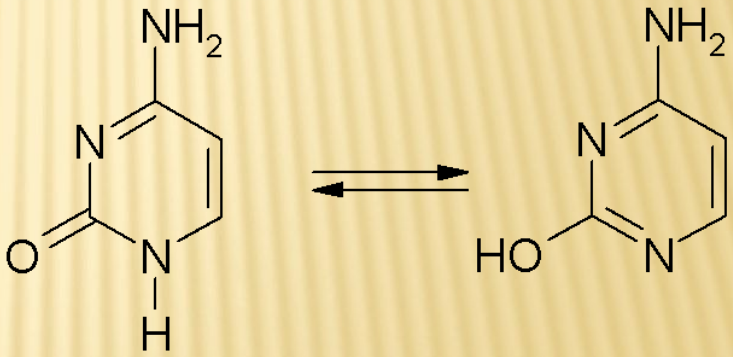
ПИРИМИДИНОВЫЕ ОСНОВАНИЯ



Урацил



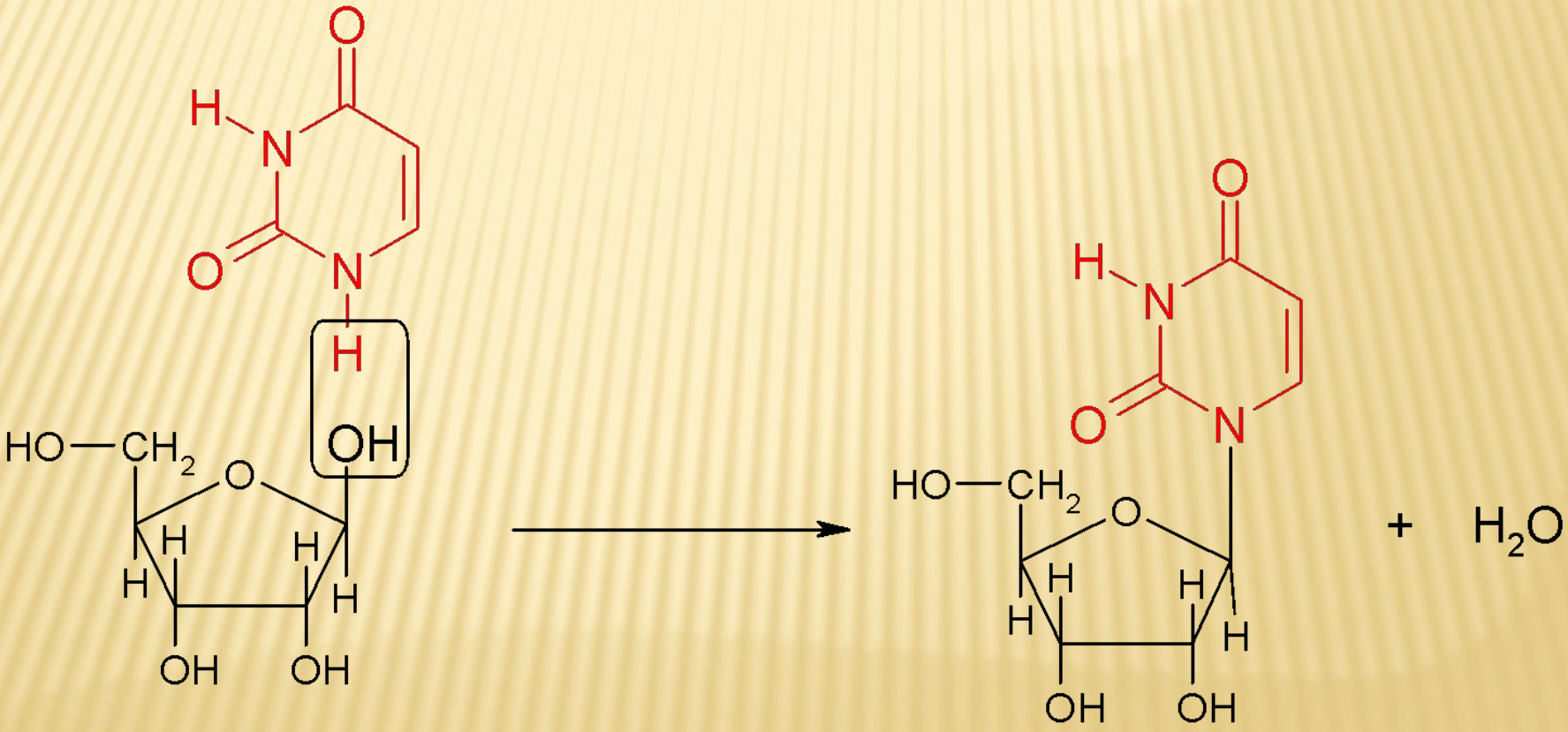
Тимин



Цитозин

НУКЛЕОЗИДЫ

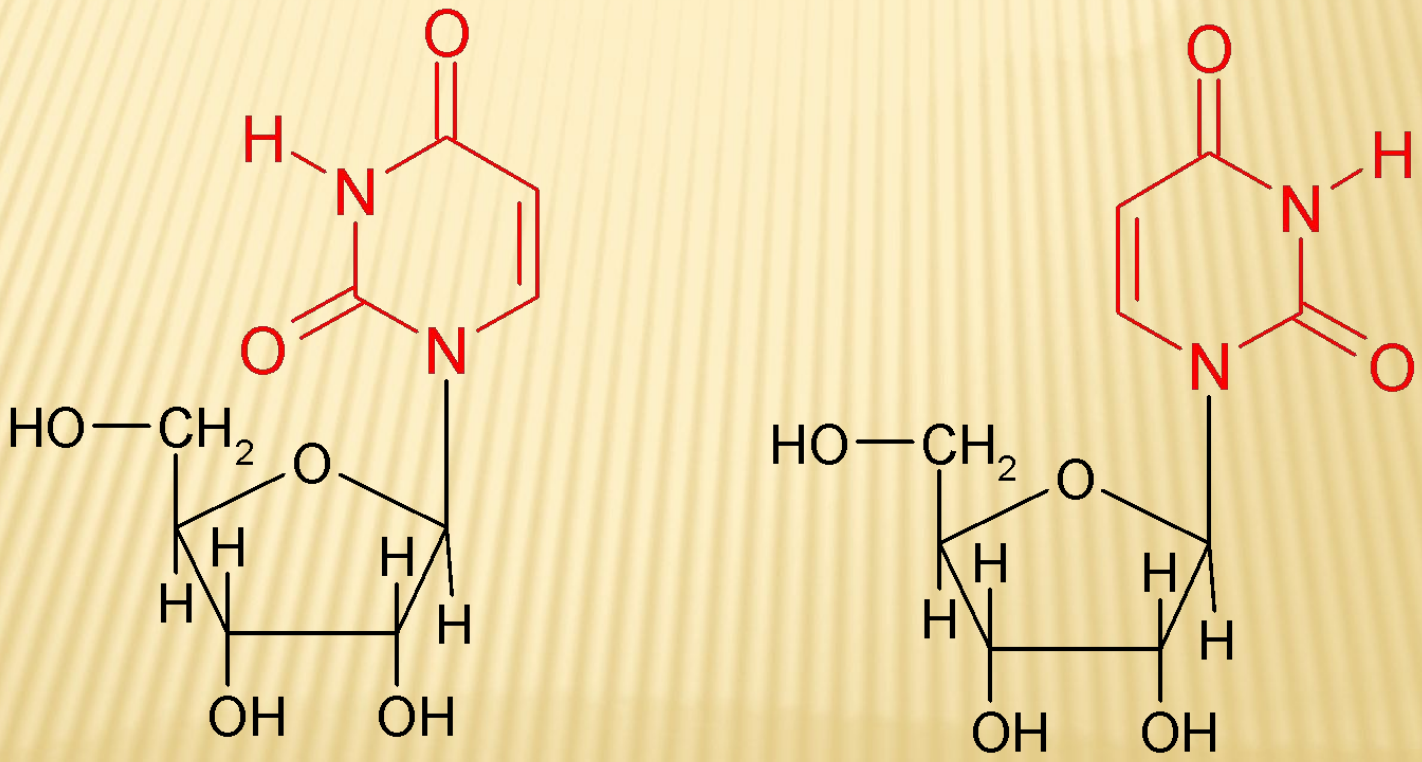
- Нуклеозиды-гликозиды, образованные нуклеиновыми основаниями и пентозой (рибозой или дезоксирибозой)



Уридин

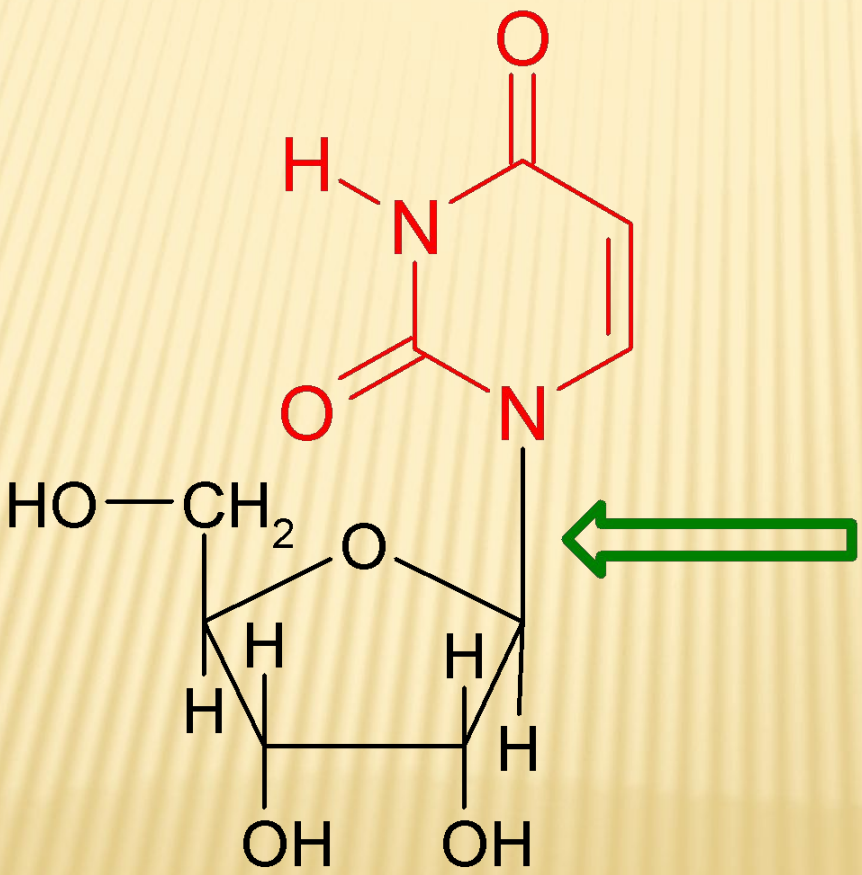
НУКЛЕОЗИДЫ

Надо иметь ввиду, что можно и иногда надо писать нуклеиновое основание развёрнутым на 180 градусов. Поэтому потренируйтесь изображать нуклеозиды разными способами.



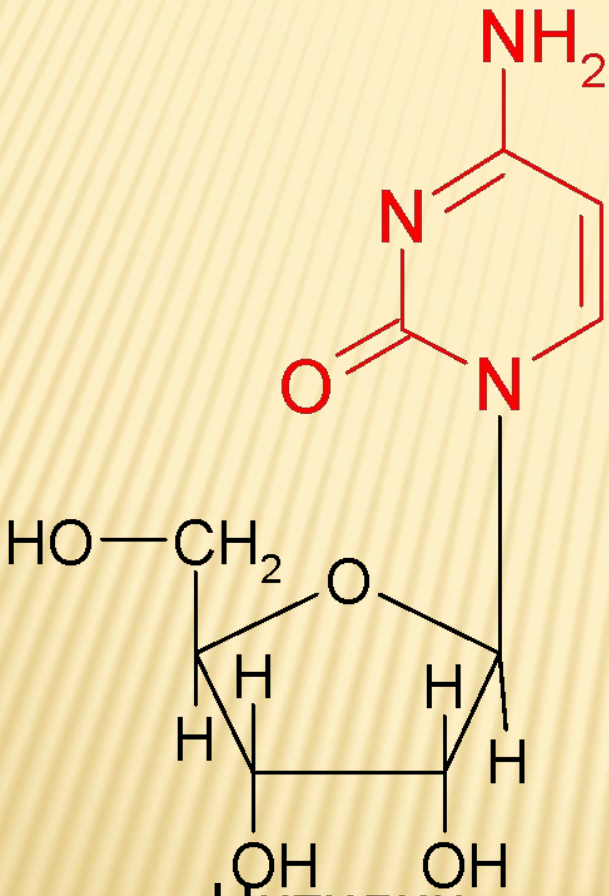
Уридин

НУКЛЕОЗИДЫ



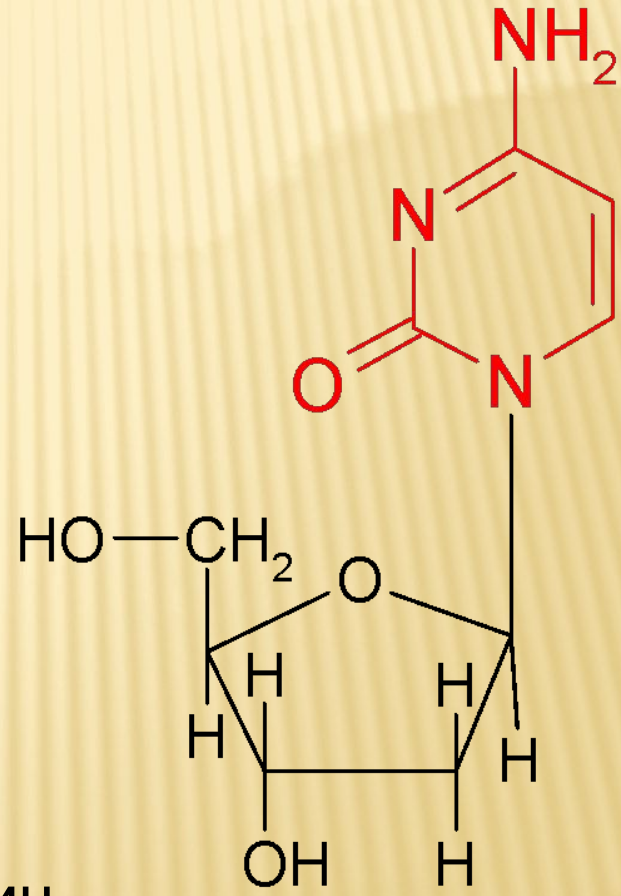
Гликозидная связь

НУКЛЕОЗИДЫ

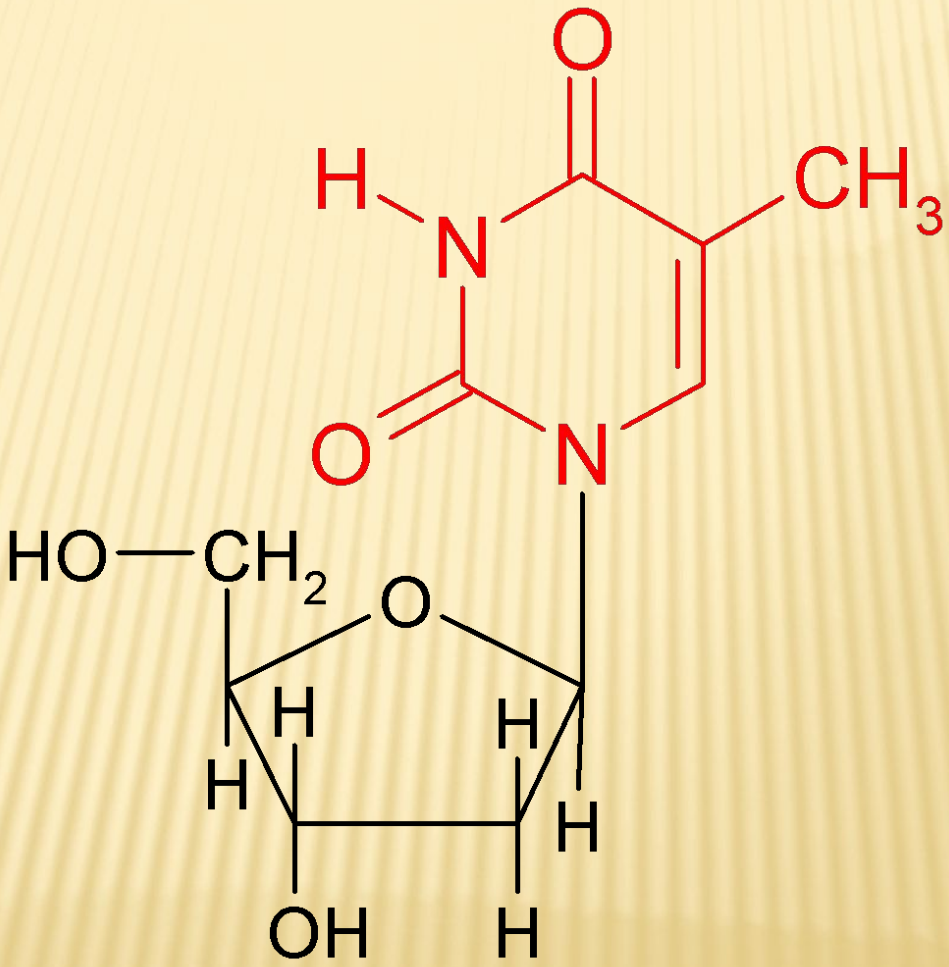


Цитидин

Дезоксицитидин

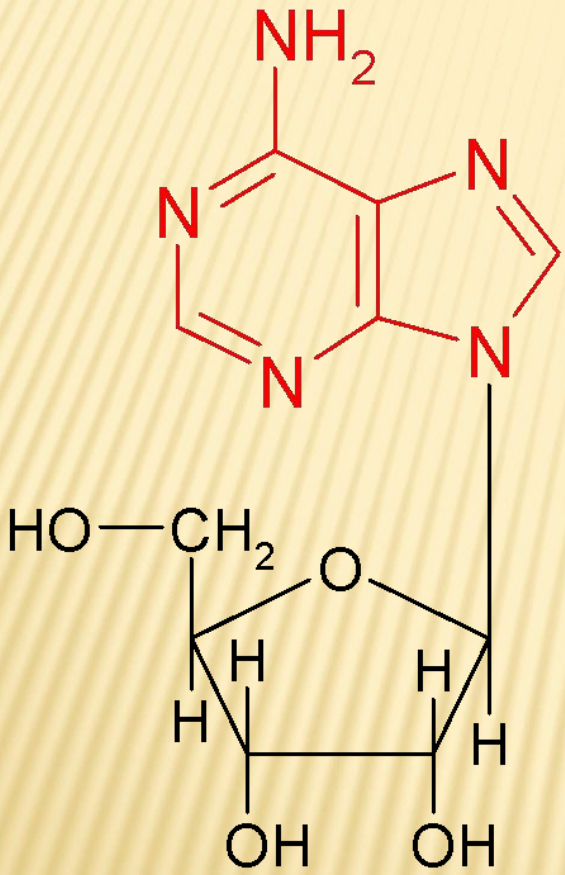


НУКЛЕОЗИДЫ

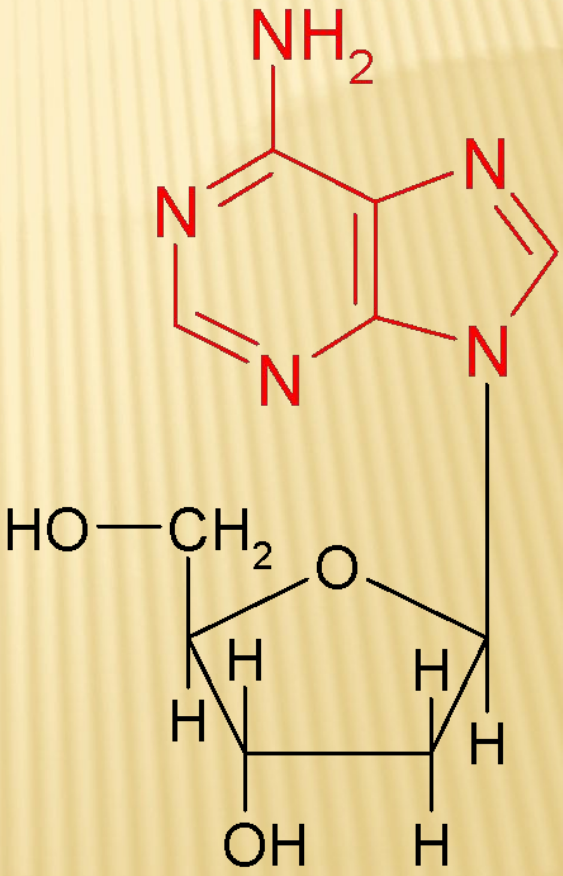


Тимидин

НУКЛЕОЗИДЫ



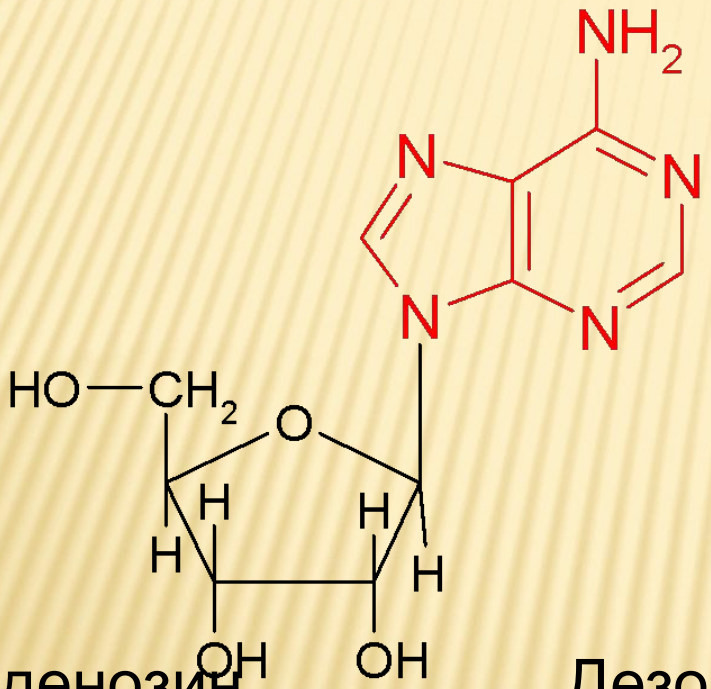
Аденозин



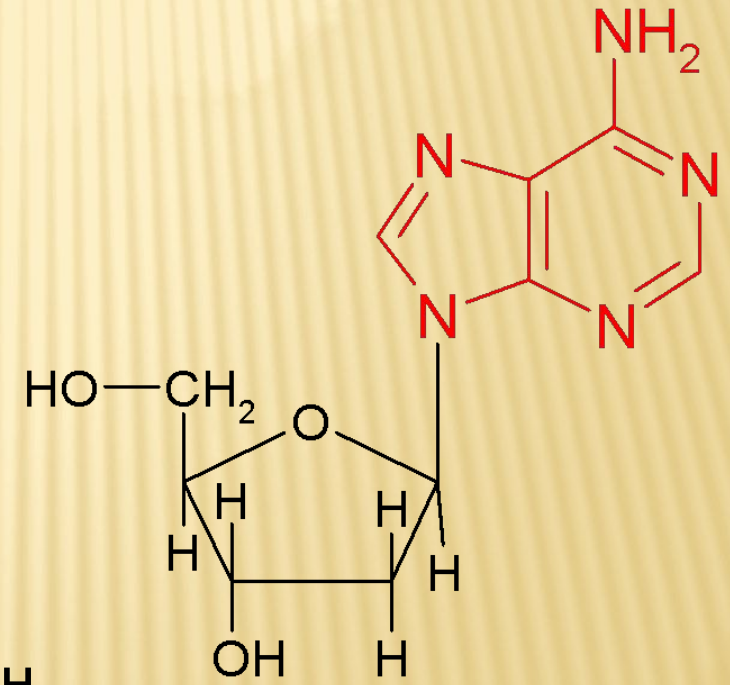
Дезоксиаденозин

НУКЛЕОЗИДЫ

Аденозин и дезоксиаденозин можно изобразить и так:

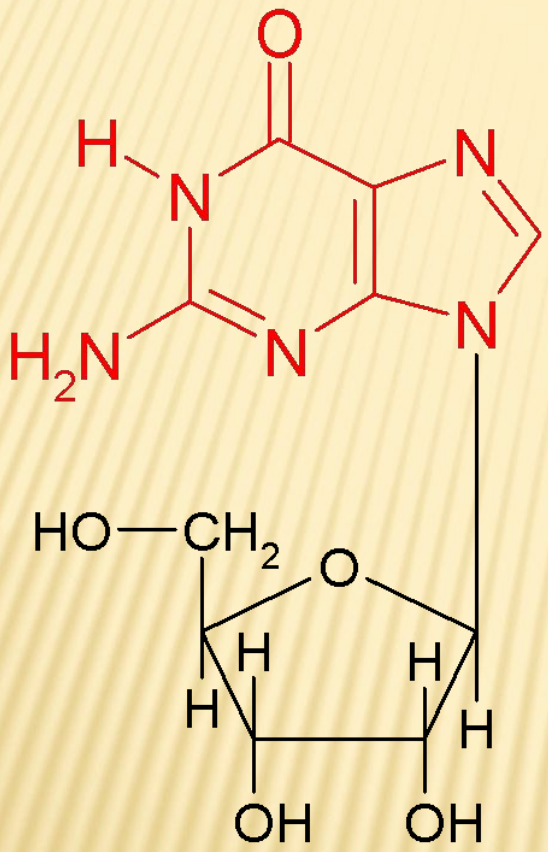


Аденозин

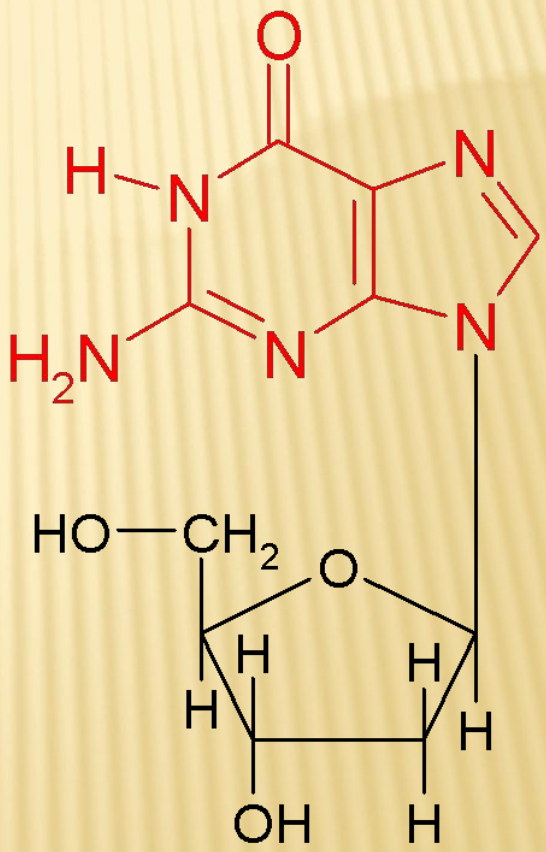


Дезоксиаденозин

НУКЛЕОЗИДЫ



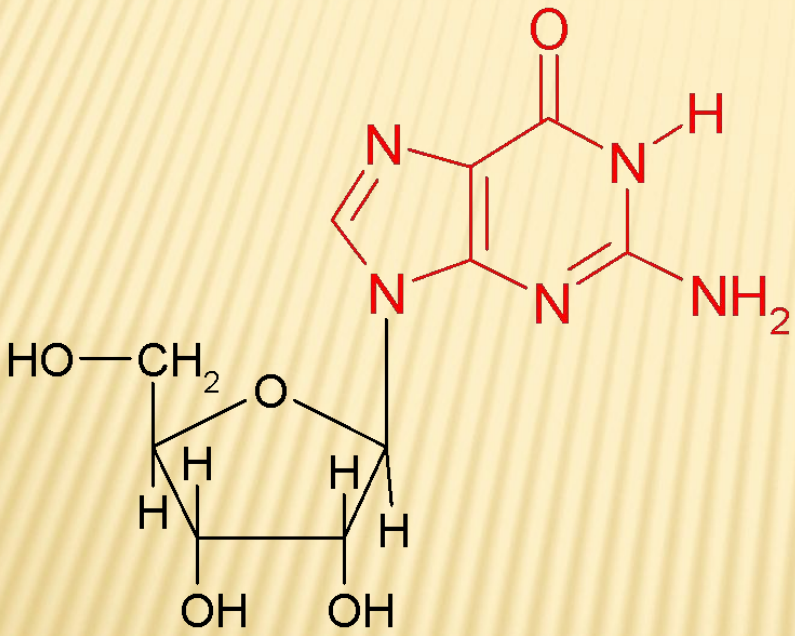
Гуанозин



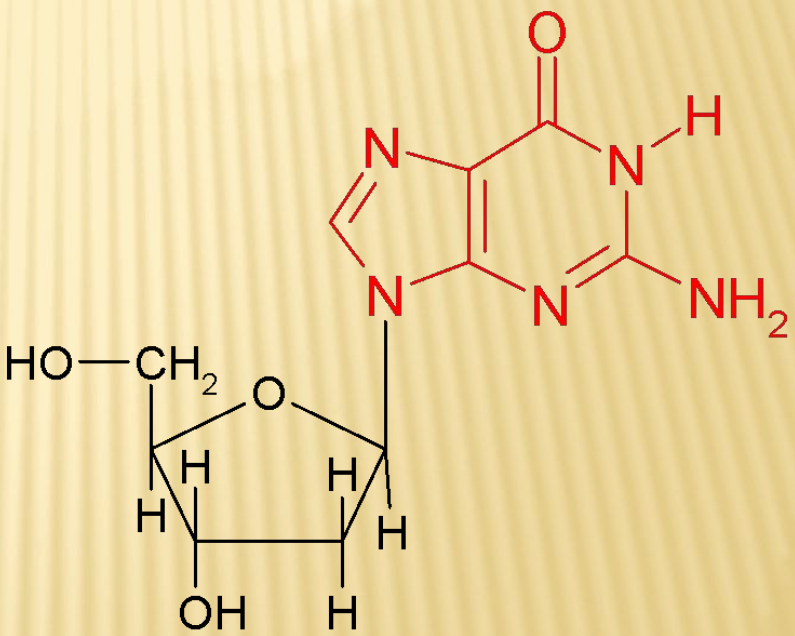
Дезоксигуанозин

НУКЛЕОЗИДЫ

Гуанозин и дезоксигуанозин можно изобразить и так:

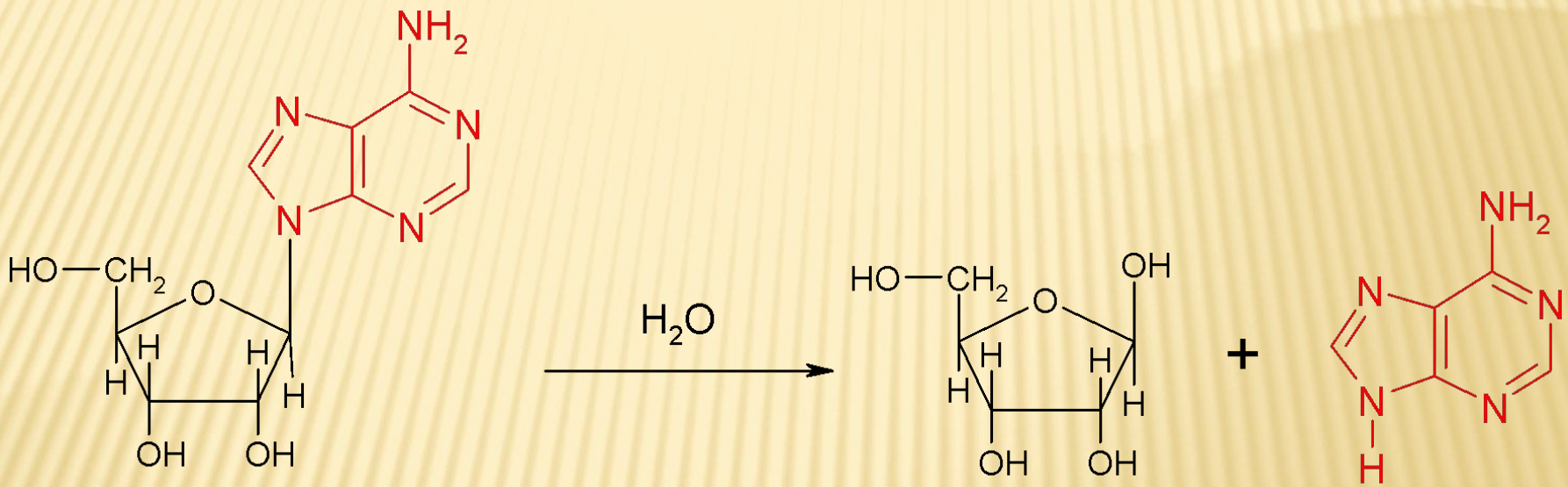


Гуанозин



Дезоксигуанозин

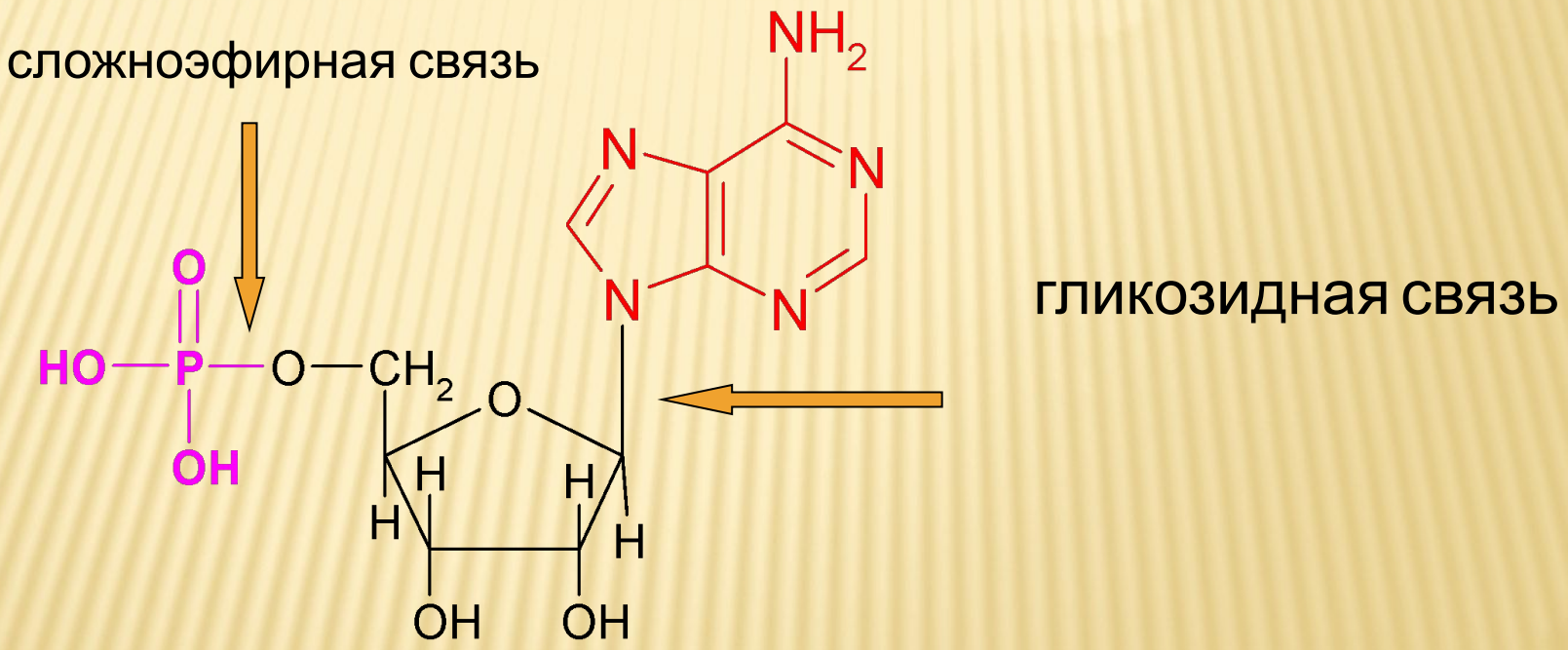
ГИДРОЛИЗ НУКЛЕОЗИДОВ



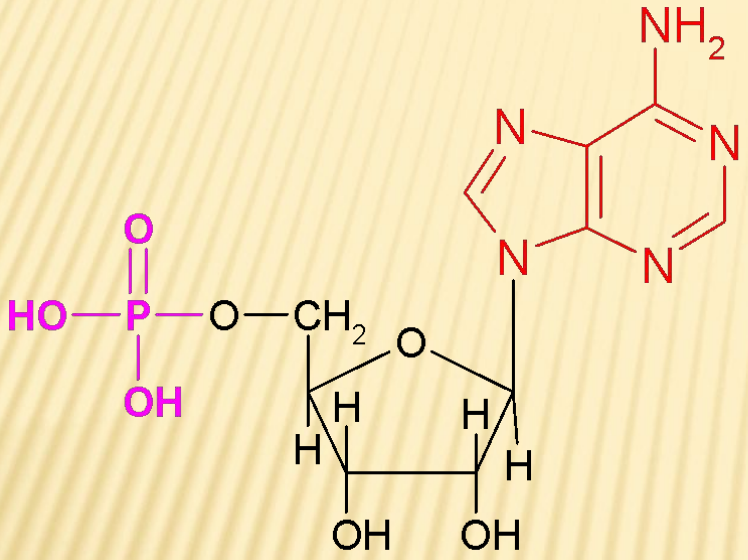
аденозин рибоза аденин

НУКЛЕОТИДЫ

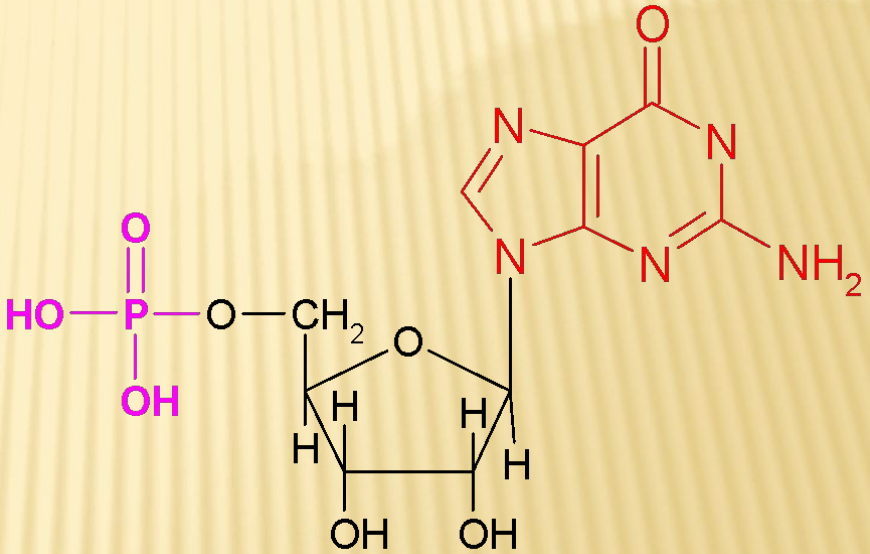
- Нуклеотиды - фосфорные эфиры нуклеозидов



НУКЛЕОТИДЫ

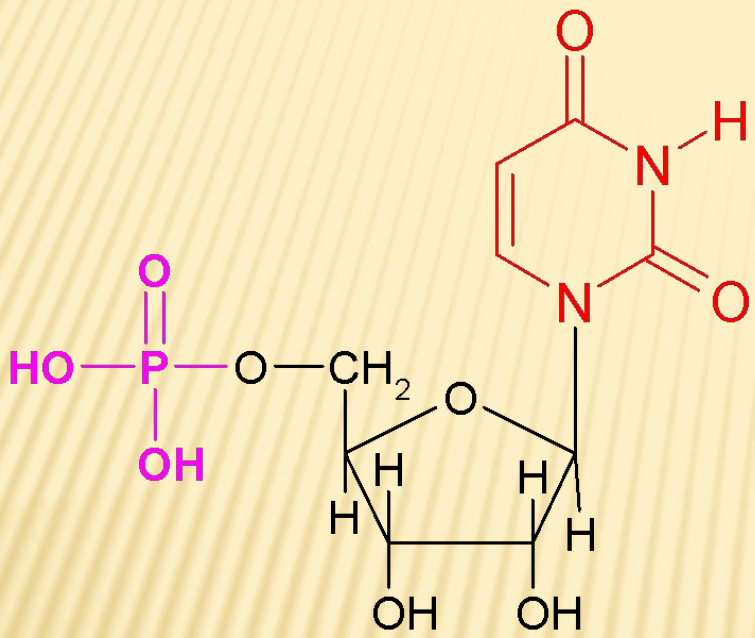


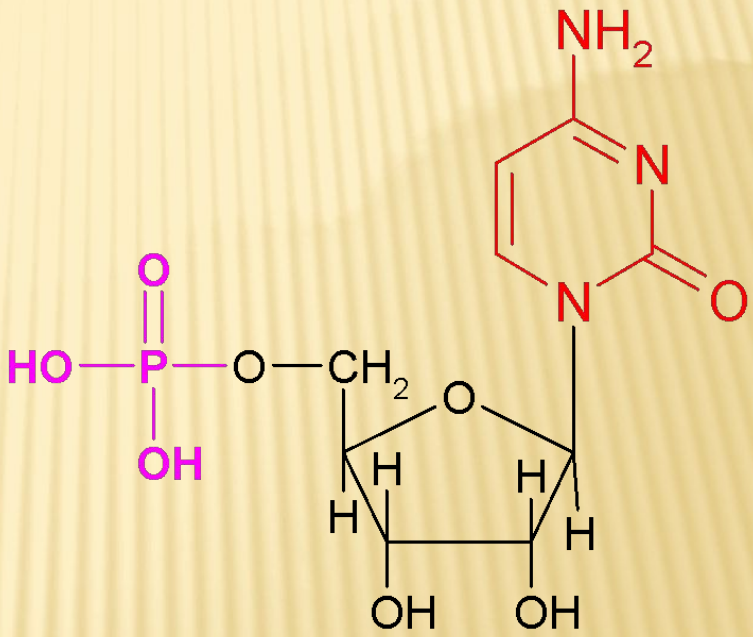
Аденозин-5’-фосфат
Аденозинмонофосфат (АМФ)
5’-адениловая кислота



Гуанозин-5’-фосфат
Гуанозинмонофосфат (ГМФ)
5’-гуаниловая кислота

НУКЛЕОТИДЫ





Уридин-5’-фосфат
Уридинмонофосфат (УМФ)
5’-уридиловая кислота

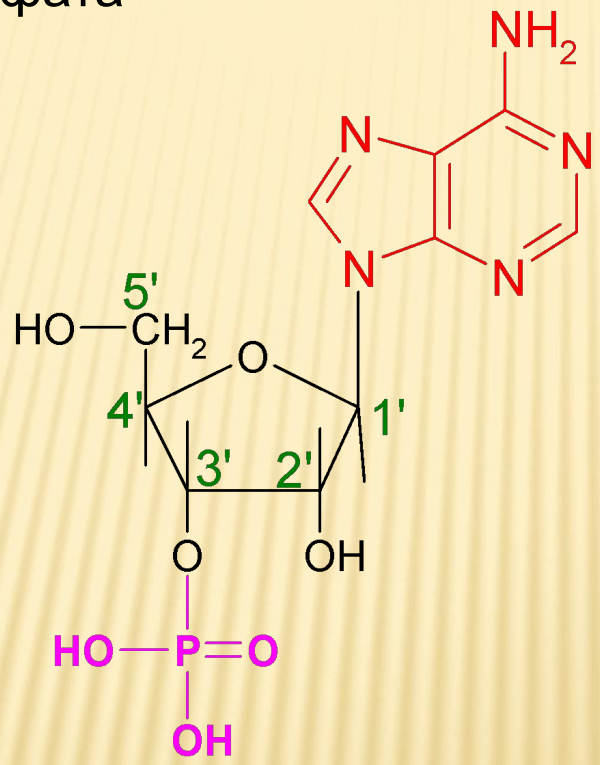
Цитидин-5’-фосфат
Цитидинмонофосфат (ЦМФ)
5’-цитидиловая кислота

НУКЛЕОТИДЫ

Название как монофосфатов	Название как кислот	Сокращение
Аденозин-5’-фосфат	5’-Адениловая кислота	АМФ
Гуанозин-5’-фосфат	5’-Гуаниловая кислота	ГМФ
Цитидин-5’-фосфат	5’-Цитидиловая кислота	ЦМФ
Уридин-5’-фосфат	5’-Уридиловая кислота	УМФ
Дезоксиаденозин-5’-фосфат	5’-Дезоксиадениловая кислота	дАМФ
Дезоксигуанозин-5’-фосфат	5’-Дезоксигуаниловая кислота	дГМФ
Дезоксицитидин-5’-фосфат	5’-Дезоксицитидиловая кислота	дЦМФ
Тимидин-5’-фосфат	5’-Тимидиловая кислота	дТМФ

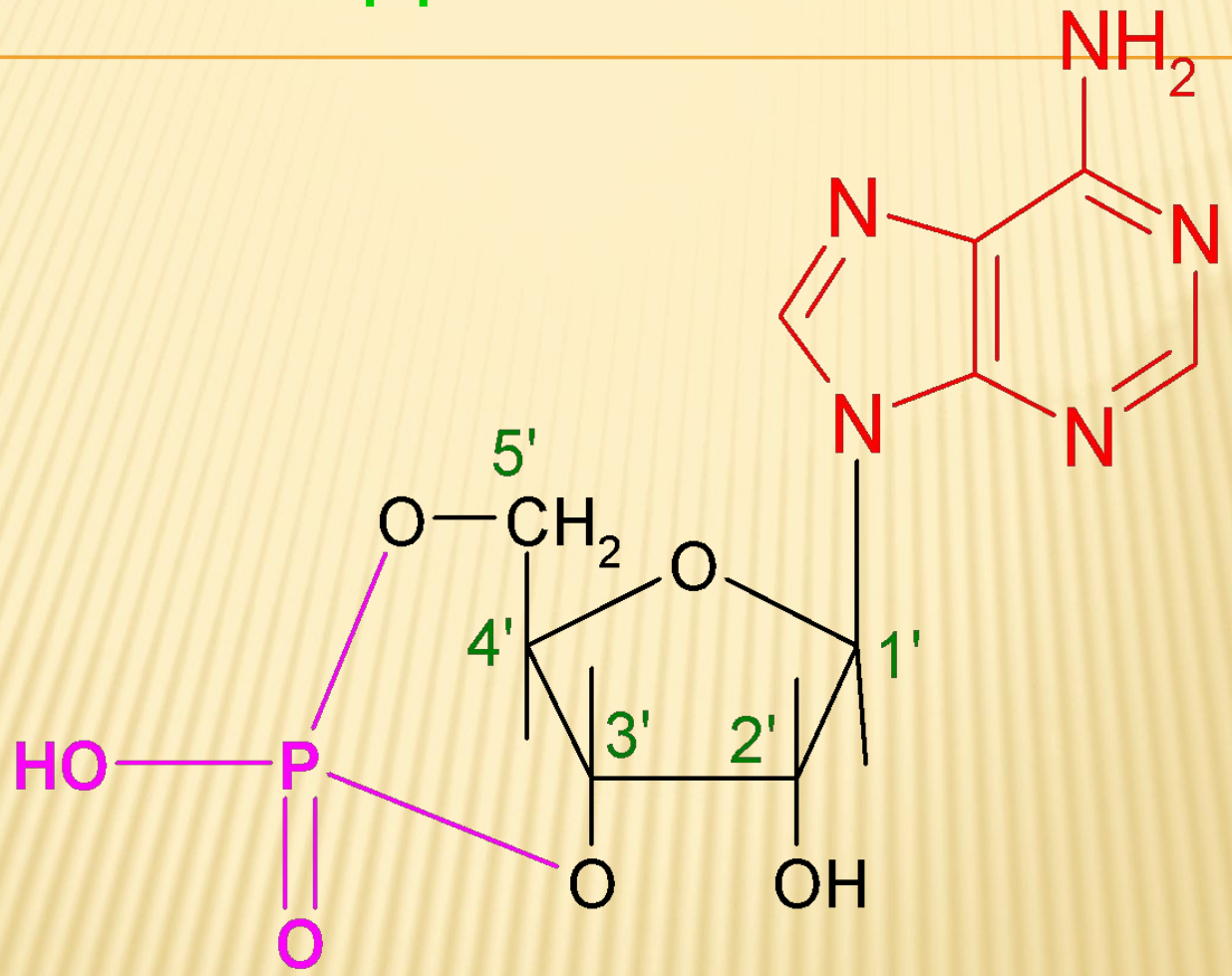
НУКЛЕОТИДЫ

Сокращения АМФ, ГМФ и т.д. относят к 5’-нуклеотидам.
У других нуклеотидов в сокращённом названии указывают положение фосфата



Аденозин-3’-фосфат
3’- Аденозинмонофосфат (3’- АМФ)
3’-адениловая кислота

НУКЛЕОТИДЫ

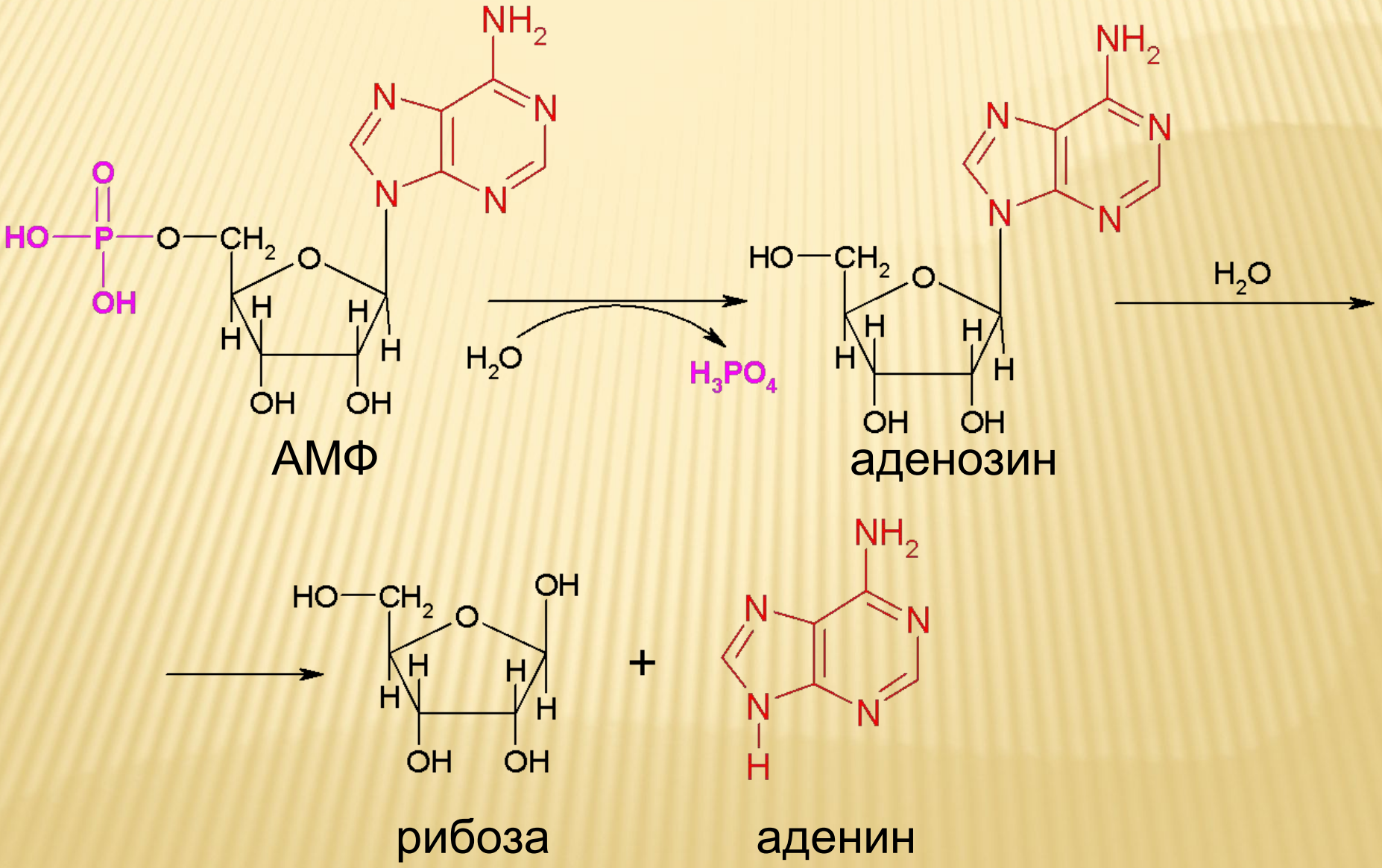


цАМФ

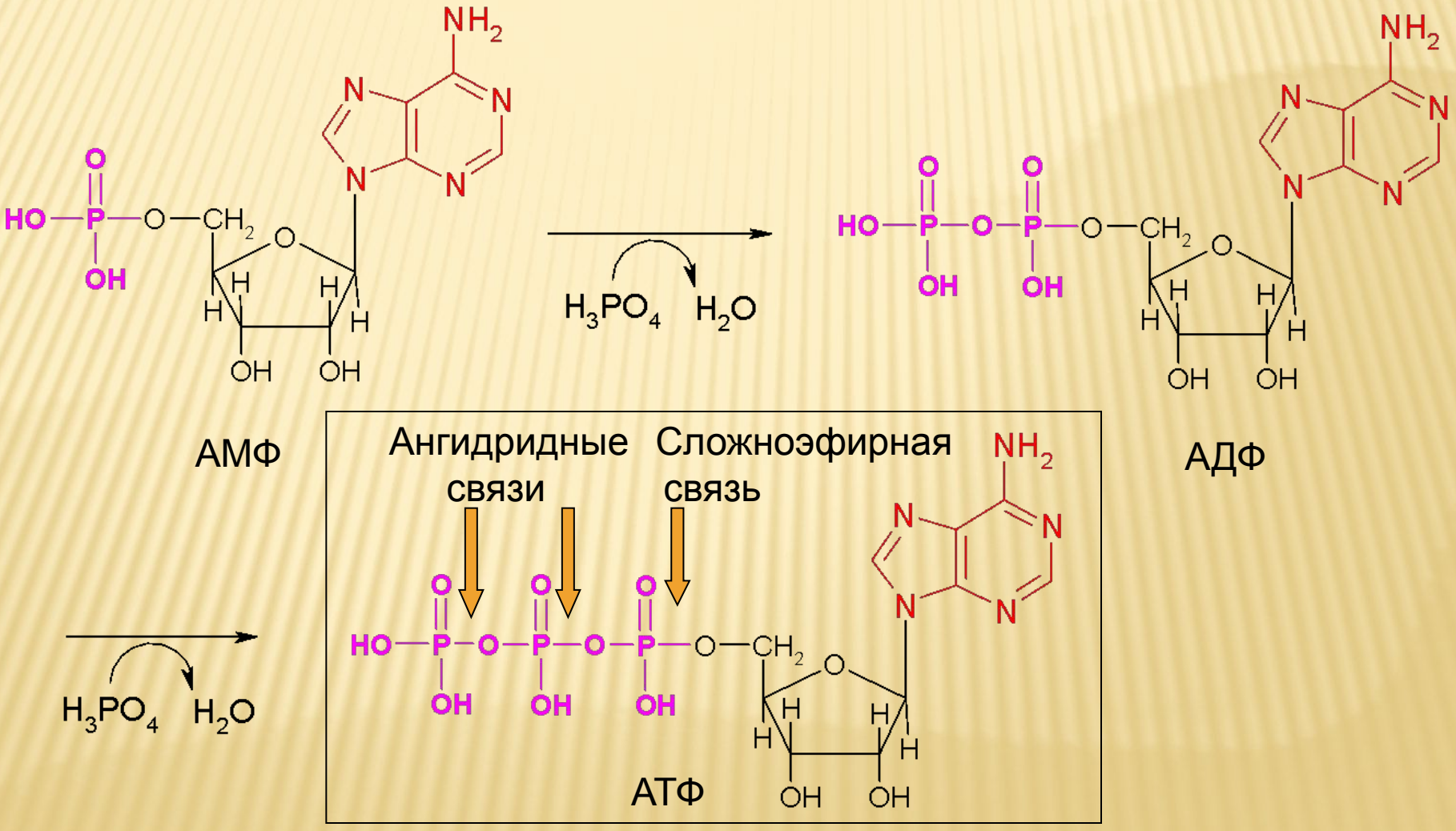
- **Циклический аденозинмонофосфат** (**циклический АМФ**, **цАМФ**, **cAMP**) — Циклический нуклеотид, играющий роль вторичного посредника некоторых гормонов (глюкагона или адреналина), которые не могут проходить через клеточную мембрану.

У прокариот **цАМФ** участвует в регуляции метаболизма.

ГИДРОЛИЗ НУКЛЕОТИДОВ



НУКЛЕОТИДЫ - КОФЕРМЕНТЫ

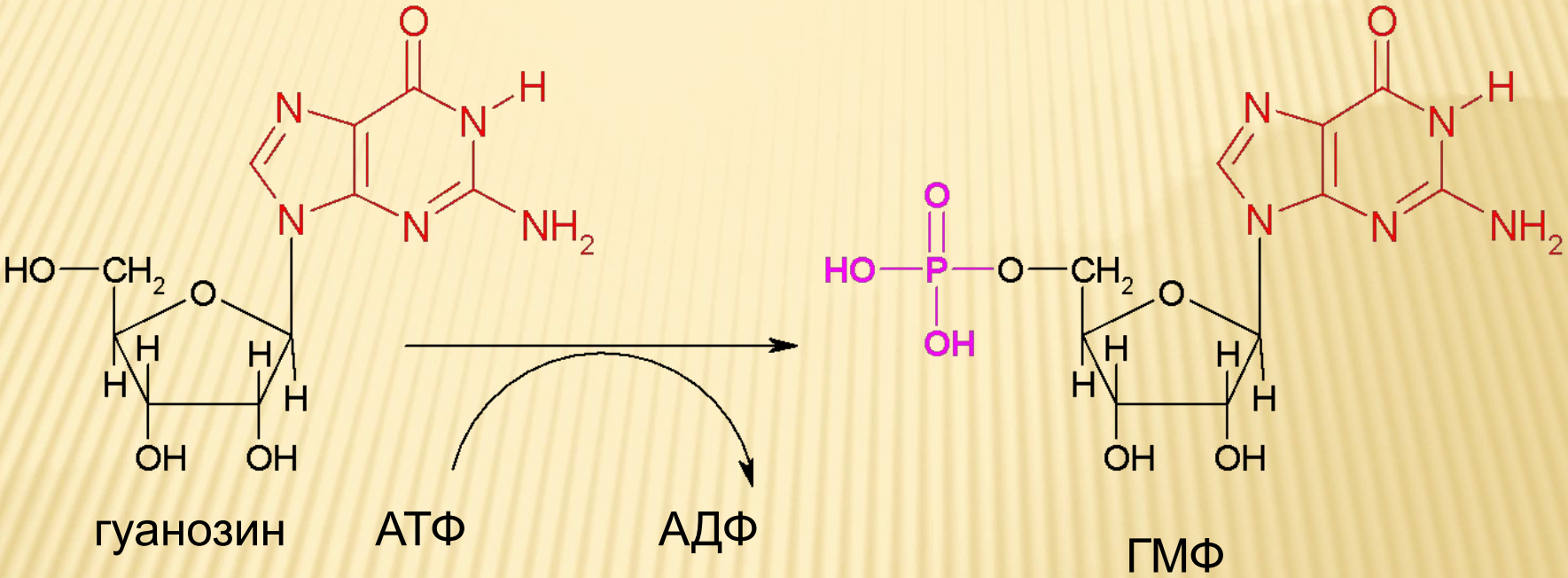


АТФ – универсальный макроэрг

Образование АТФ происходит

- 1. В результате субстратного фосфорилирования (гликолиз, одна реакция ЦТК)
- 2. Окислительное фосфорилирование (в митохондриях)
- 3. Фотофосфорилирование (в хлоропластах)

АТФ КАК КОФЕРМЕНТ

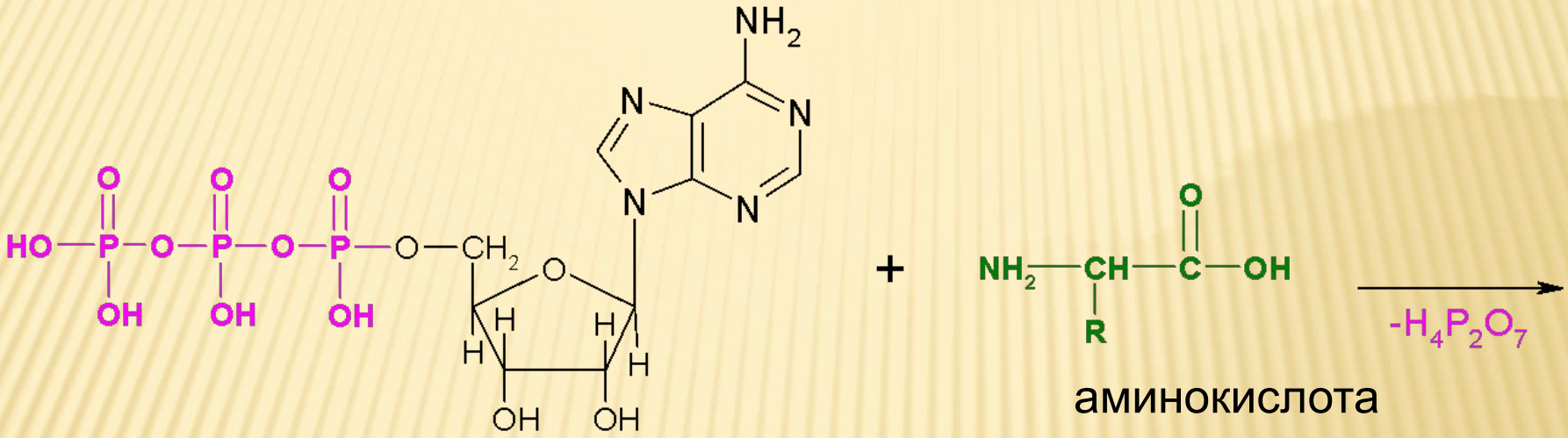


ГМФ → ГДФ → ГТФ

АТФ → АДФ

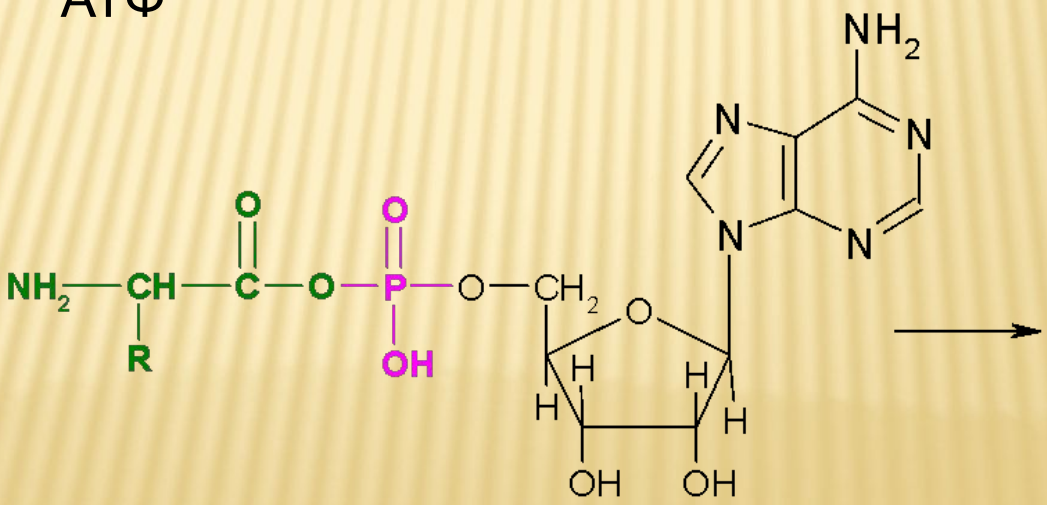
АТФ → АДФ

ОБРАЗОВАНИЕ АМИНОАЦИЛАДЕНИЛАТА



АТФ

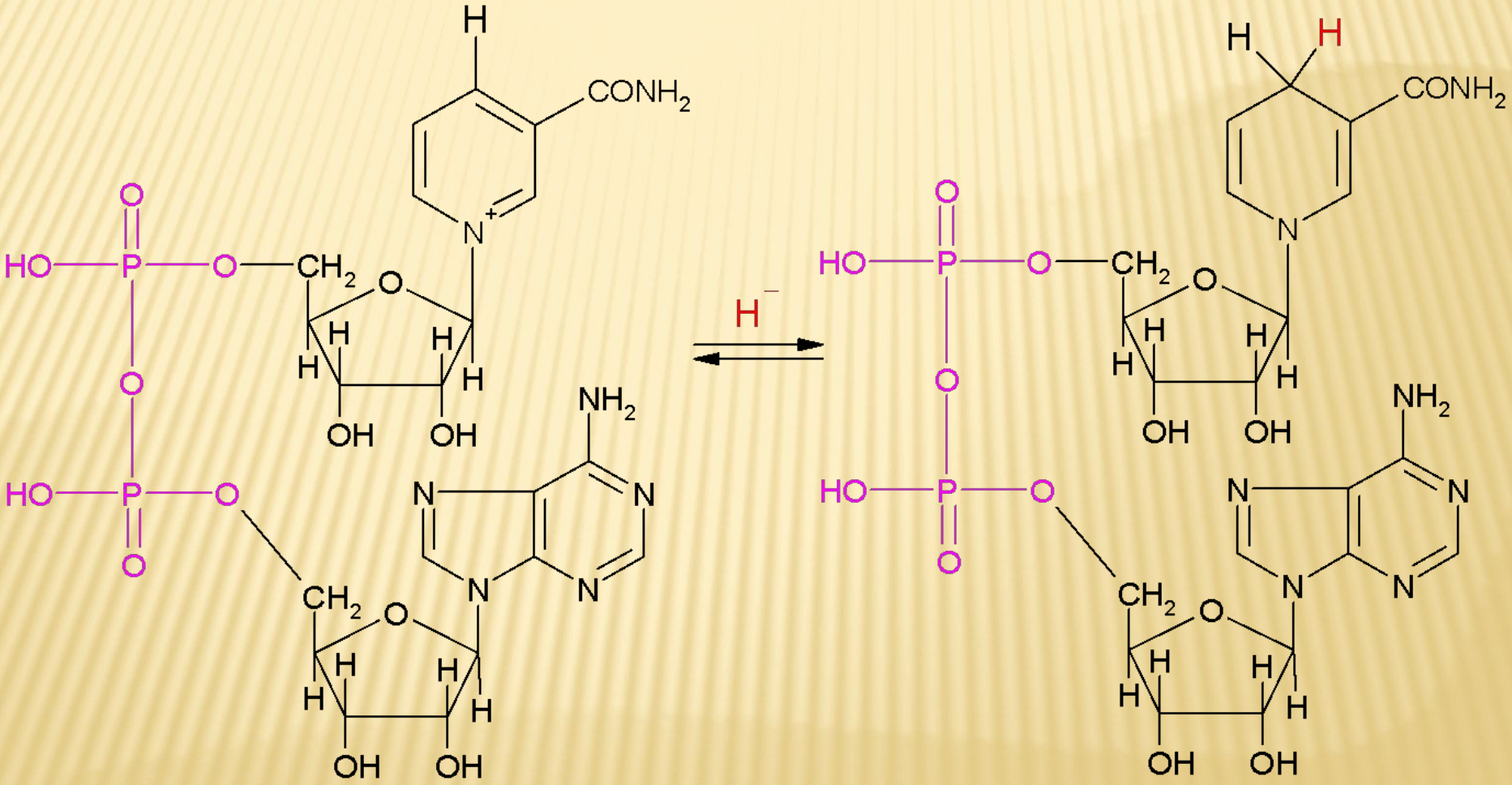
аминокислота



аминоациладенилат

Аминоацил-тРНК
(в синтез белка)

НИКОТИНАМИДДИНУКЛЕОТИД ($НАД^+$) КАК КОФЕРМЕНТ



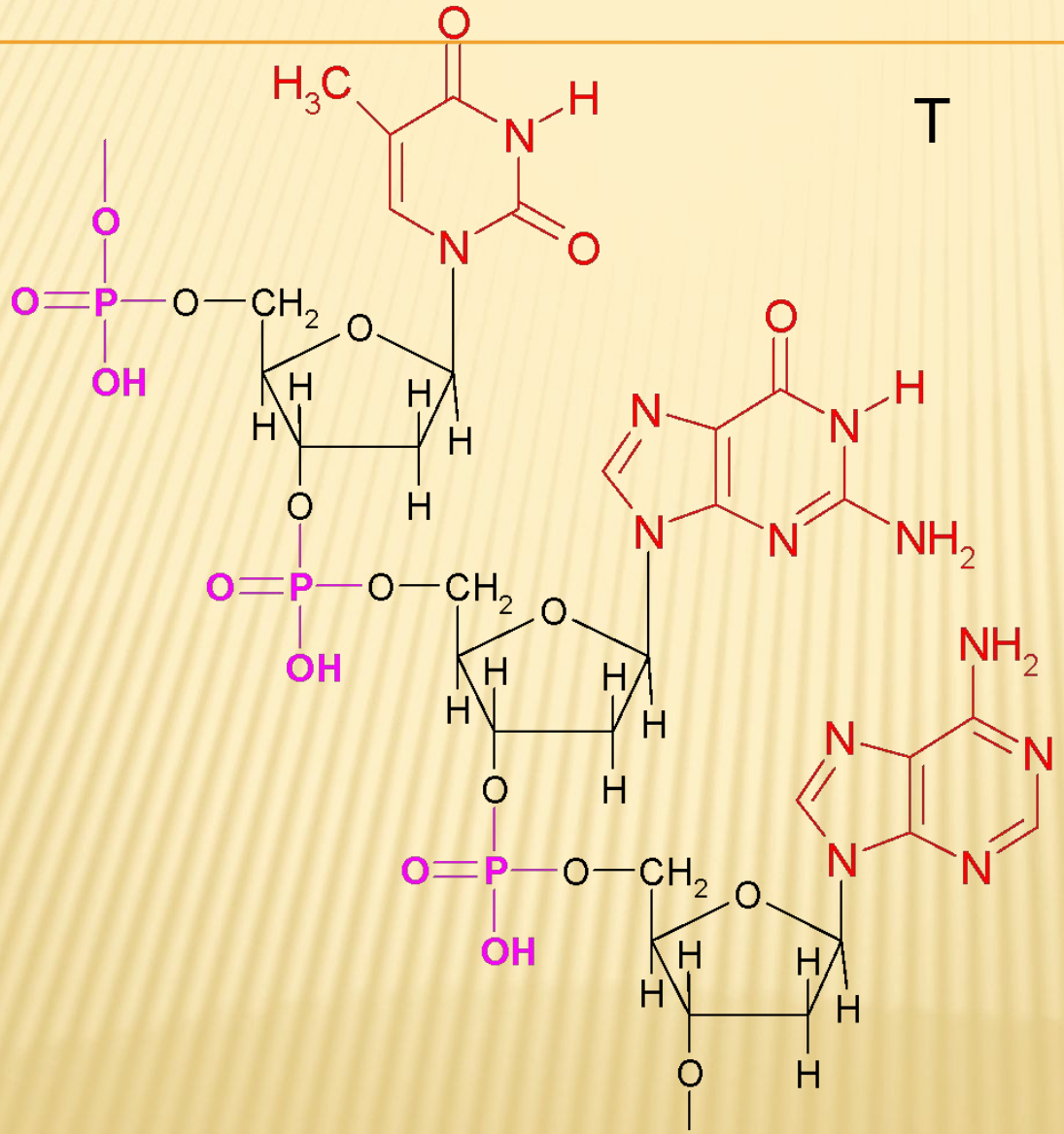
ПЕРВИЧНАЯ СТРУКТУРА НК

- Первичная структура НК - последовательность нуклеотидов

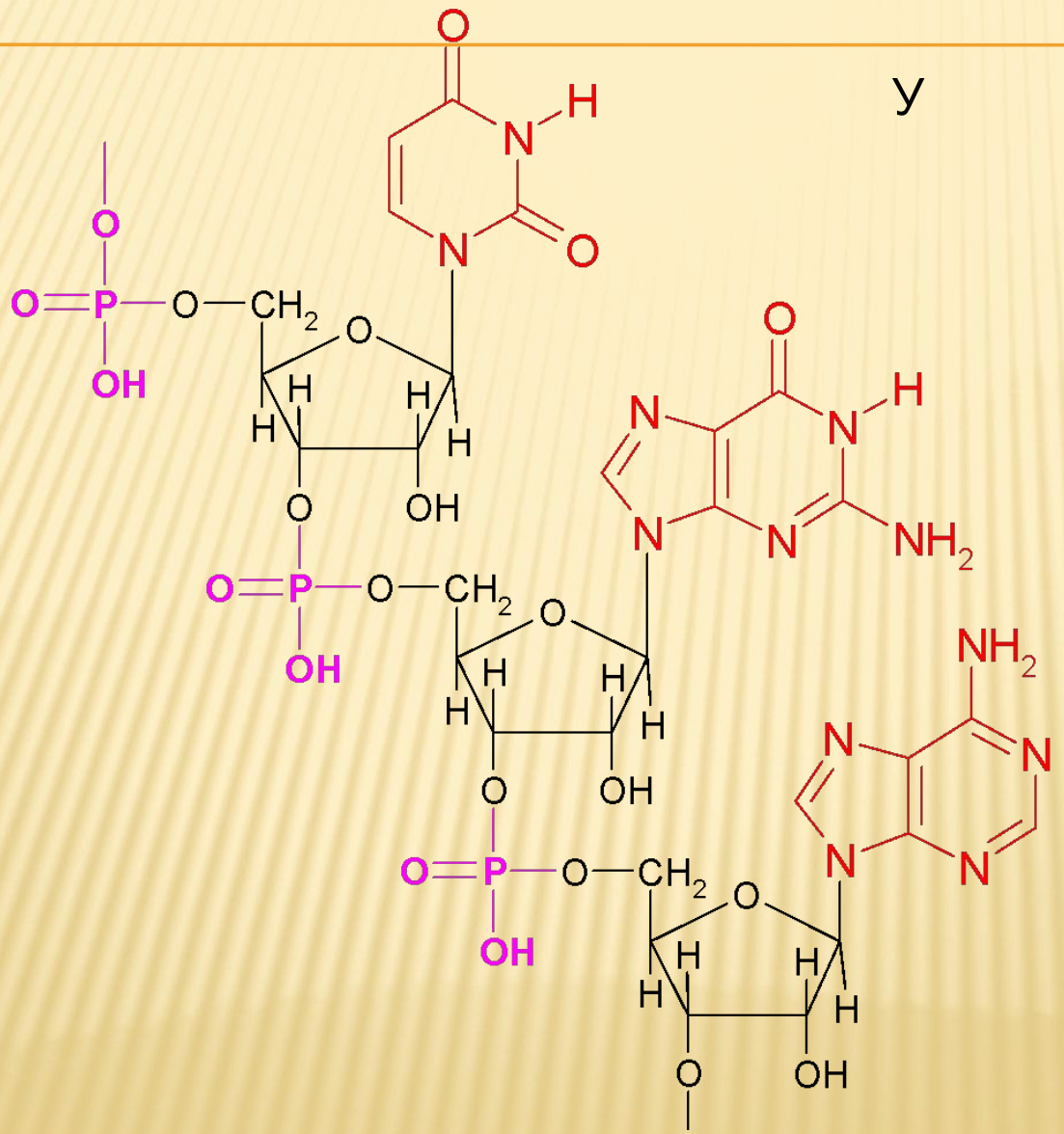
5’- конец ТГАЦТААГТАЦЦ 3’-конец

(ф-конец) (ОН-конец)

ПЕРВИЧНАЯ СТРУКТУРА ДНК



ПЕРВИЧНАЯ СТРУКТУРА РНК



У

Г

А

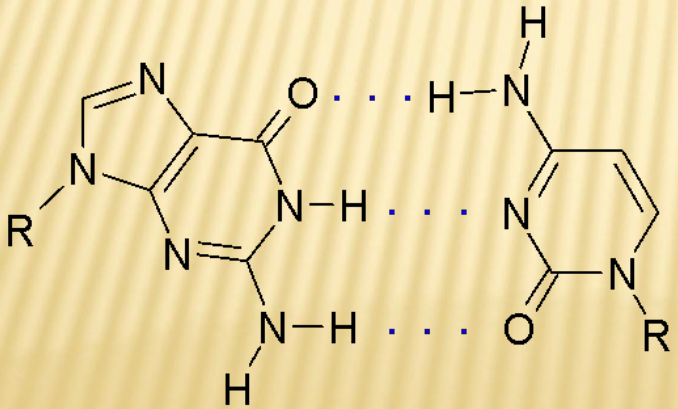
ВТОРИЧНАЯ СТРУКТУРА

- Вторичная структура ДНК – двойная правая спираль (Уотсон, Крик, 1953)
- Две цепи антипараллельны друг другу.
- Цепи связаны водородными связями по принципу комплементарности.

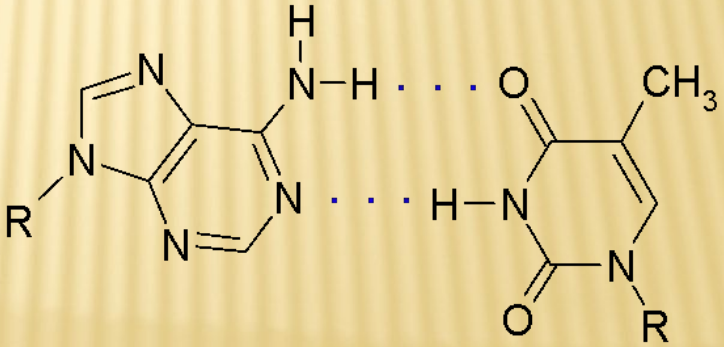
```
5'  А Г Г Т Ц Т А Т Г А Ц Т Т Г Ц Т А Ц  3'
    || ||| ||| || ||| || || || ||| || ||| || || ||| ||| || || |||
3'  Т Ц Ц А Г А Т А Ц Т Г А А Ц Г А Т Г  5'
```

Более подробно см зеленый учебник с. 412-420

ВОДОРОДНЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ КОМПЛЕМЕНТАРНЫМИ ОСНОВАНИЯМИ В ДНК



Г ≡Ц



А ═Т

ДНК → ДНК

ДНК → ДНК → РНК → белок

Репликация Транскрипция Трансляция

Репликация и транскрипция идут по принципу комплементарности:

5’ ЦАТ 3’ участок первой цепи ДНК
3’ ГТА 5’ участок второй цепи ДНК
Т.к. 5’ это начало , то не ГТА, а АТГ

5’ ЦТТ 3’ участок ДНК
3’ ГАА 5’ участок РНК
Т.к. 5’ это начало , то не ГАА, а ААГ

Кодону ААГ в мРНК соответствует антикодон УУЦ в тРНК