

Структуры и функции биополимеров (ДНК, РНК, белки)

**Введение в молекулярную биологию
(как часть введения в биоинформатику)**

БиБи МГУ, сентябрь 2003

Осенний семестр:

- лекции (среда 17.20-18.55) - коллоквиум

потом занятия по вторникам:

- Банк EMBL (4 + зачётное задание)
 - структура записи
 - поиск по аннотации
 - поиск по последовательности
- пакет EMBOSS (4 + зачётное задание)
 - UNIX, командная строка, возможности
- теор.вер.

Весенний семестр

- продолжение занятий по биоинформатике (биоинформатика с точки зрения биолога)
- введение в алгоритмы – лекции и занятия (биоинформатика с точки зрения разработчика)
- мат. статистика

Четыре лекции + зачёт

1. Структуры

- ДНК
- РНК
- белки

2. Функции

- репликация
- транскрипция
- трансляция
- сплайсинг

3. Регуляция

Литература

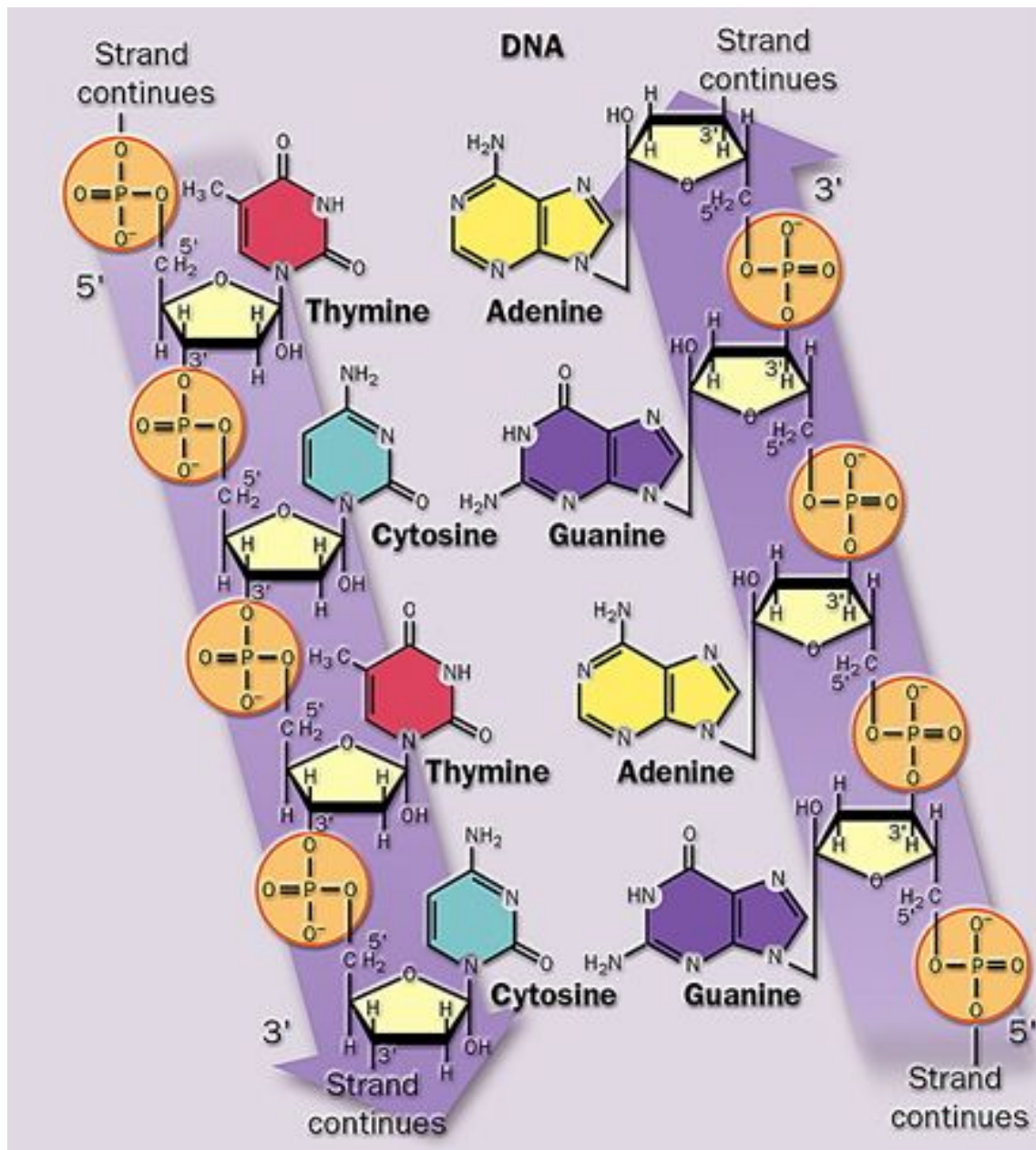
- Э.Рис, М.Стернберг
Введение в молекулярную биологию
(Мир, 2002; оригинал 1984)
- [**http://rnp-group.genebee.msu.ru/lectures**](http://rnp-group.genebee.msu.ru/lectures)
(А. Головин)
- Б.Льюин «Гены» (Мир, 1987)
- Б.Албертс - ... - Дж. Уотсон «Молекулярная биология клетки»
(Мир, 1994; оригинал 1989)
- М.Сингер, П.Берг «Гены и геномы»
(Мир, 1998; оригинал 1991)

1. СТРУКТУРЫ

ДНК

- хранение генетической информации, наследственность
- линейный сополимер ортофосфорной **к**ислоты и **д**езоксирибозы, выделенный Ф. Мишером в 1869 из ядер (**n**ucleus) лейкоцитов

Полинуклеотидная цепь ДНК

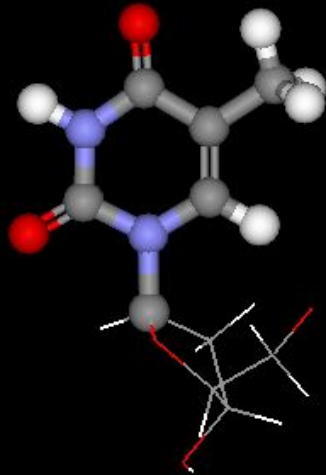


1020 нуклеотидов из 5386 нт. генома фага фХ174

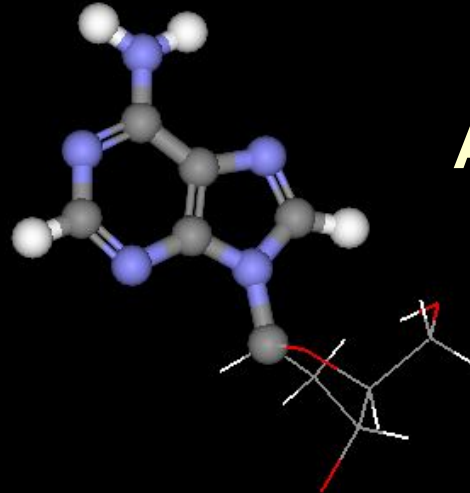
```
1  gagttttatc gcttccatga cgcagaagtt aacactttcg gatattttctg atgagtcgaa
61  aaattatctt gataaagcag gaattactac tgcttgttta cgaattaaat cgaagtggac
121 tgctggcgga aaatgagaaa attcgacctt tccttgcgca gctcgagaag ctcttacttt
181 gcgacctttc gccatcaact aacgattctg tcaaaaactg acgcgttgga tgaggagaag
241 tggcttaata tgcttggcac gttcgtcaag gactggttta gatatgagtc acattttggt
301 catggtagag attctcttgt tgacatttta aaagagcgtg gattactatc tgagtcgat
361 gctgttcaac cactaatagg taagaaatca tgagtcaagt tactgaacaa tccgtacgtt
421 tccagaccgc tttggcctct attaagctca ttcaggcttc tgccgttttg gatttaaccg
481 aagatgattt cgattttctg acgagtaaca aagtttggat tgctactgac cgctctcgtg
541 ctcgtcgctg cgttgaggct tgcgtttatg gtacgctgga ctttggtgga taccctcgct
601 ttctgctcc tgttgagttt attgctgccg tcattgctta ttatgttcat cccgtcaaca
661 ttcaaacggc ctgtctcatc atggaaggcg ctgaatttac ggaaaacatt attaatggcg
721 tcgagcgtcc ggttaaagcc gctgaattgt tcgcgtttac cttgcgtgta cgcgcaggaa
781 aactgacgt tcttactgac gcagaagaaa acgtgcgtca aaaattacgt gcggaaggag
841 tgatgtaatg tctaaaggta aaaaacgttc tggcgctcgc cctggtcgtc cgcagccgtt
901 gcgaggtagt aaaggcaagc gtaaaggcgc tcgtctttgg tatgtaggtg gtcaacaatt
961 ttaattgcag gggcttcggc cccttacttg aggataaatt atgtctaata ttcaaactgg
```

Гетероциклические основания (нуклеотиды)

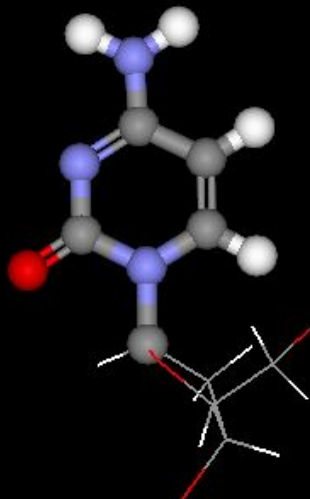
T



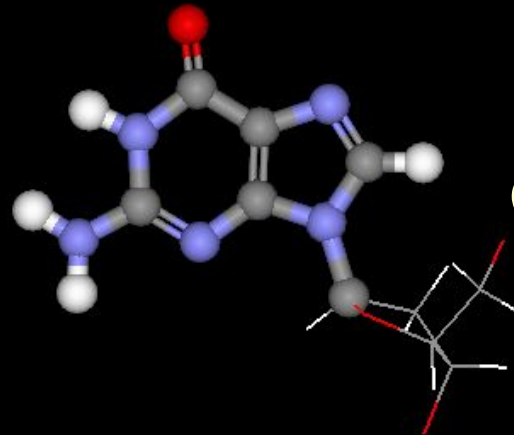
A



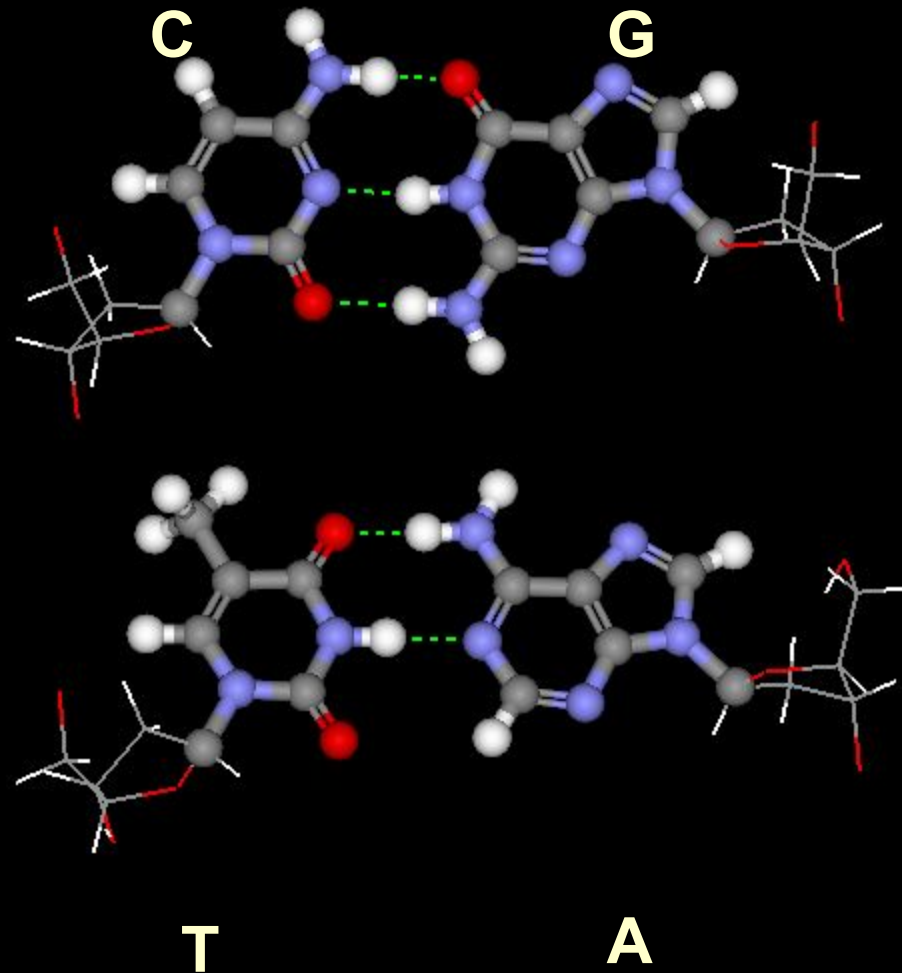
C



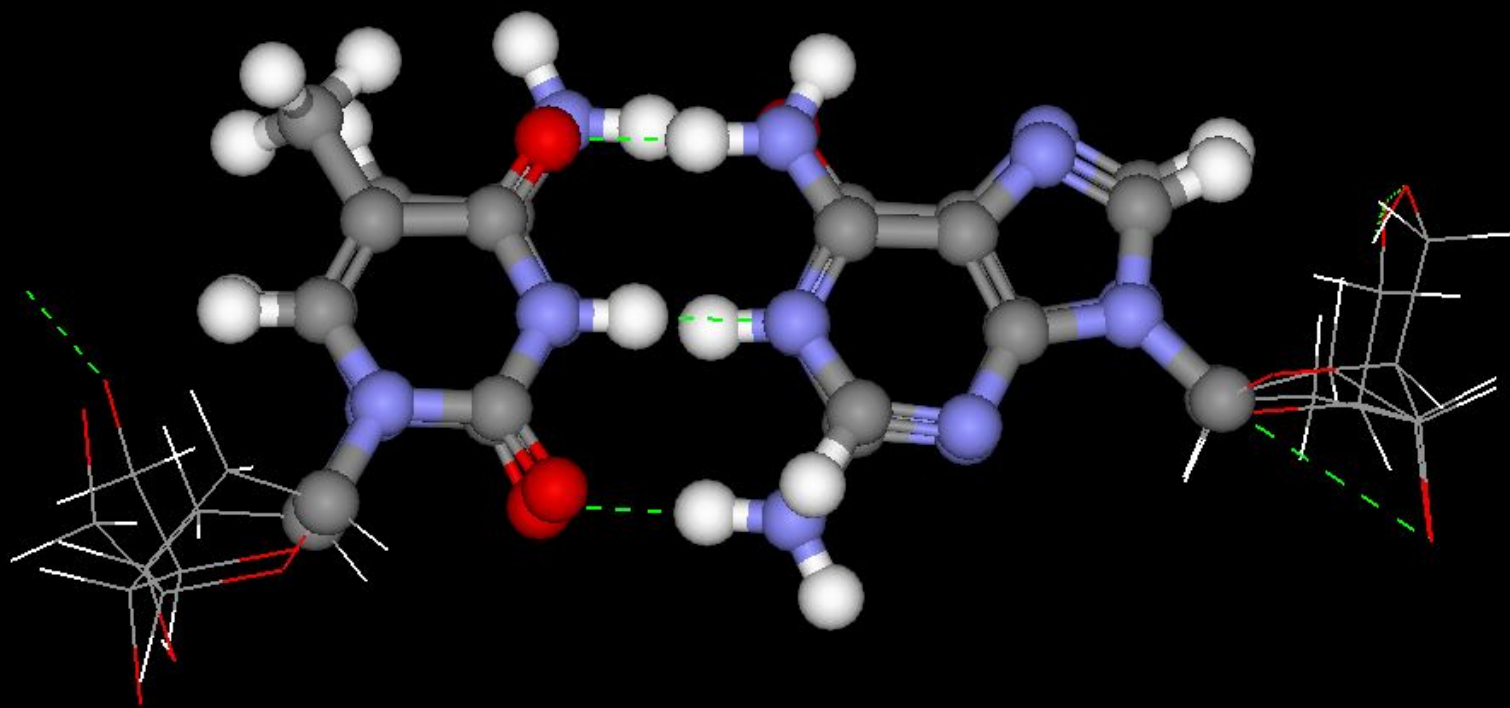
G



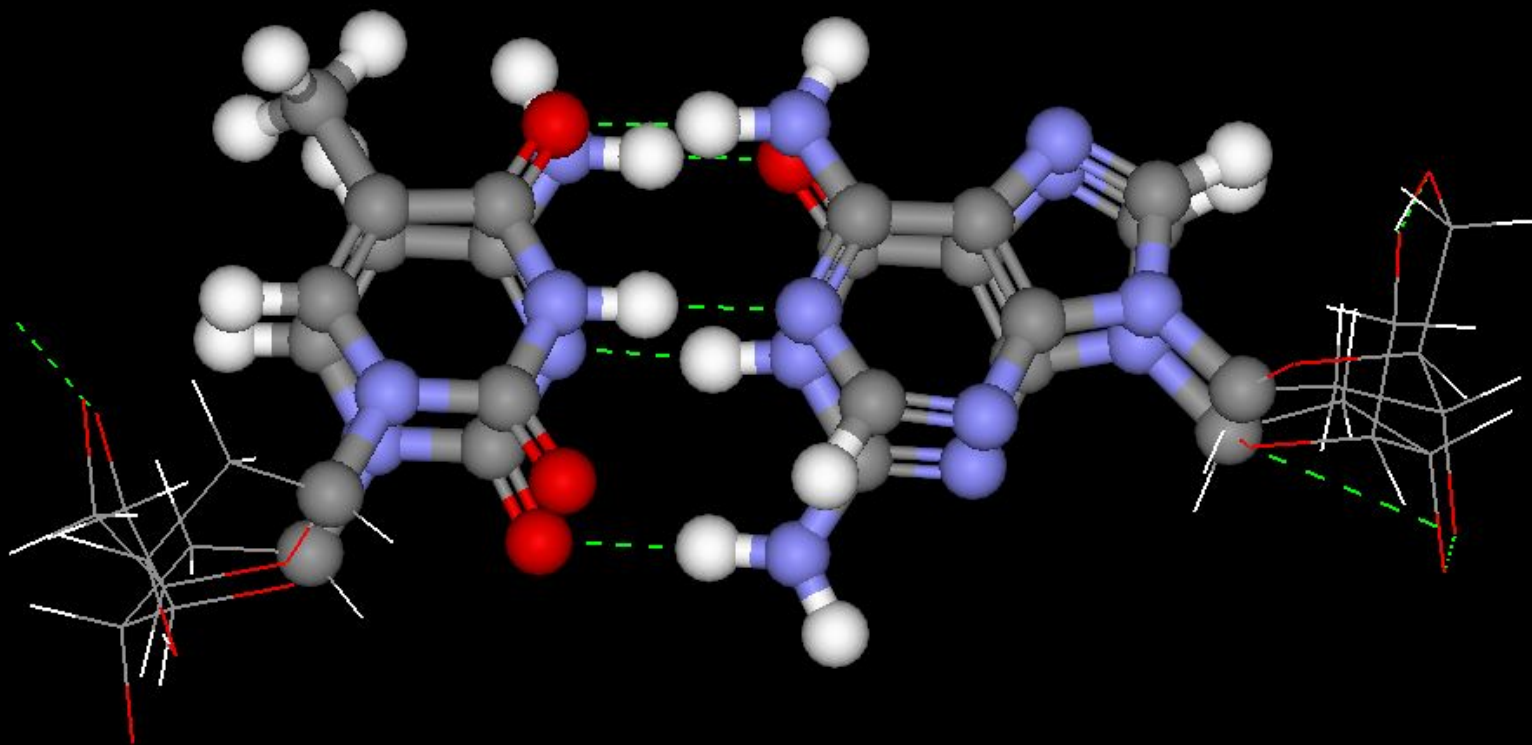
Комплементарные пары



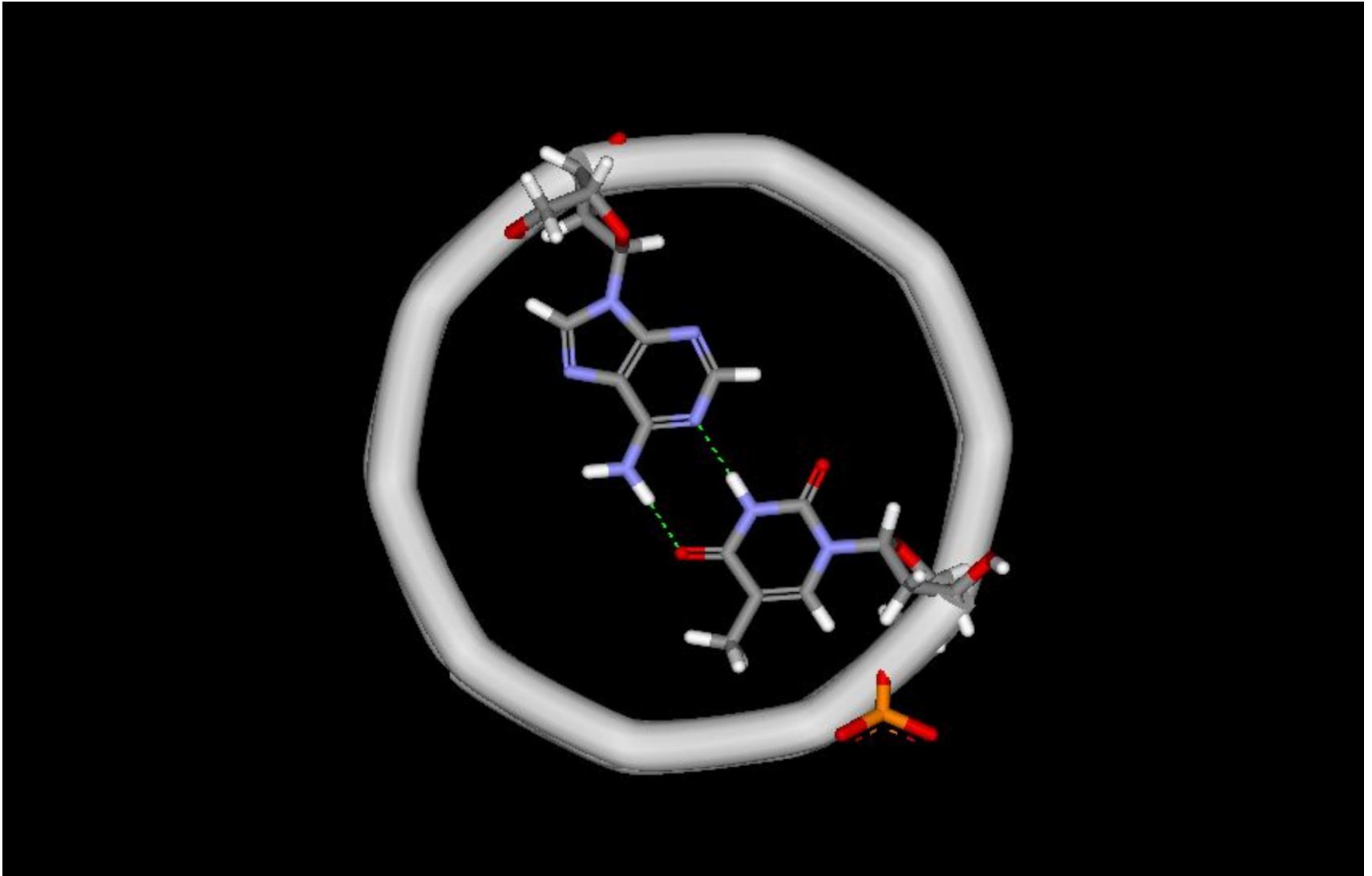
Изогеометричность комплементарных пар



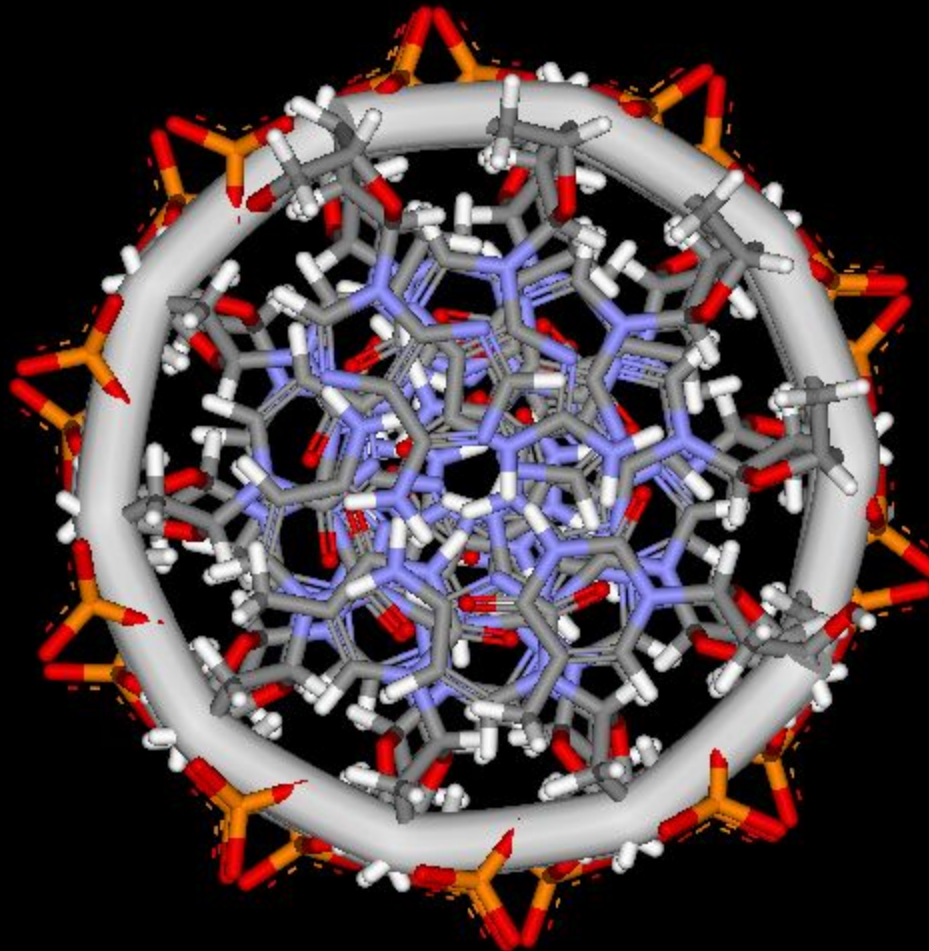
Изогеометричность комплементарных пар



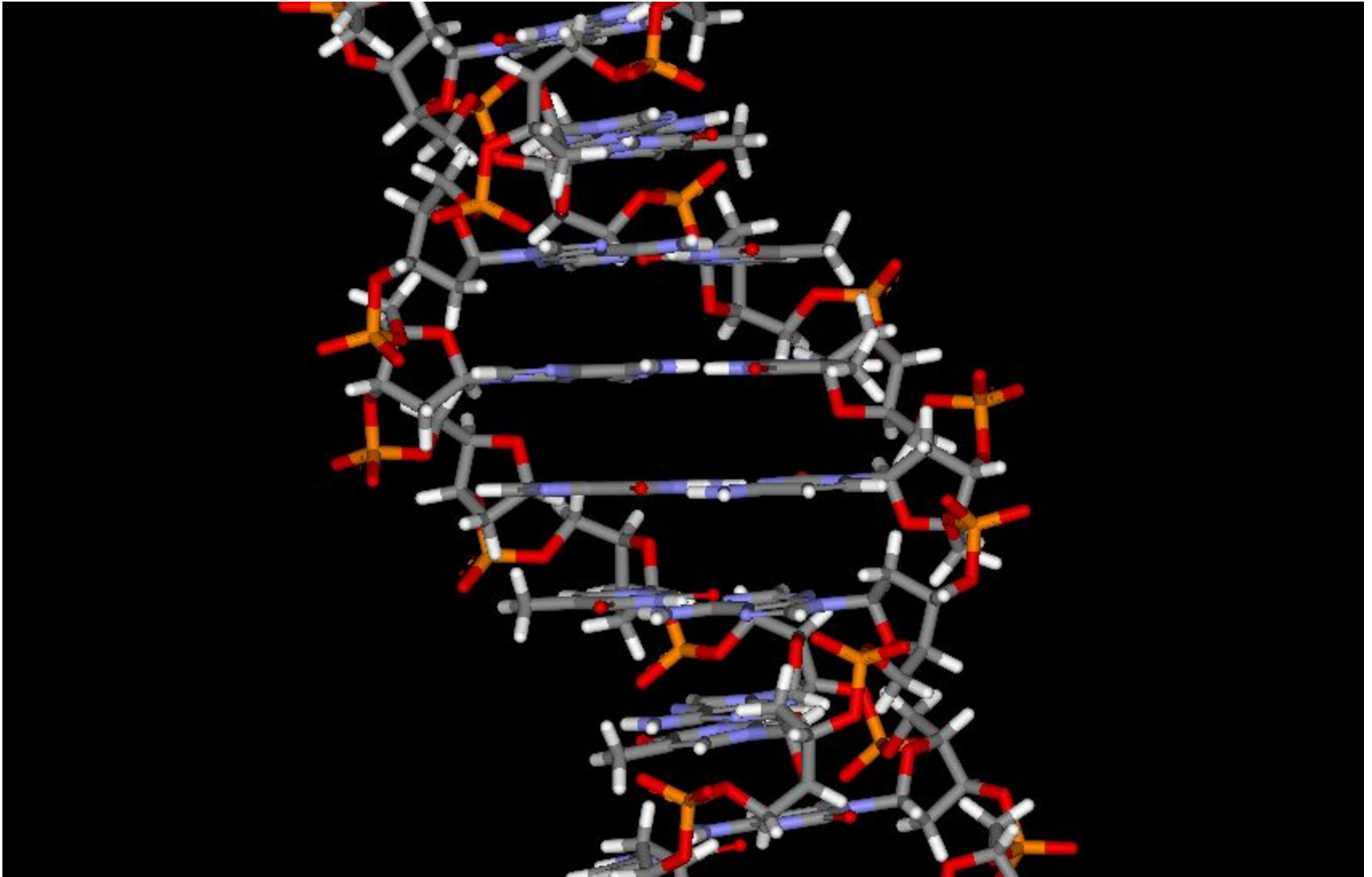
Двойная спираль ДНК (вид с торца)



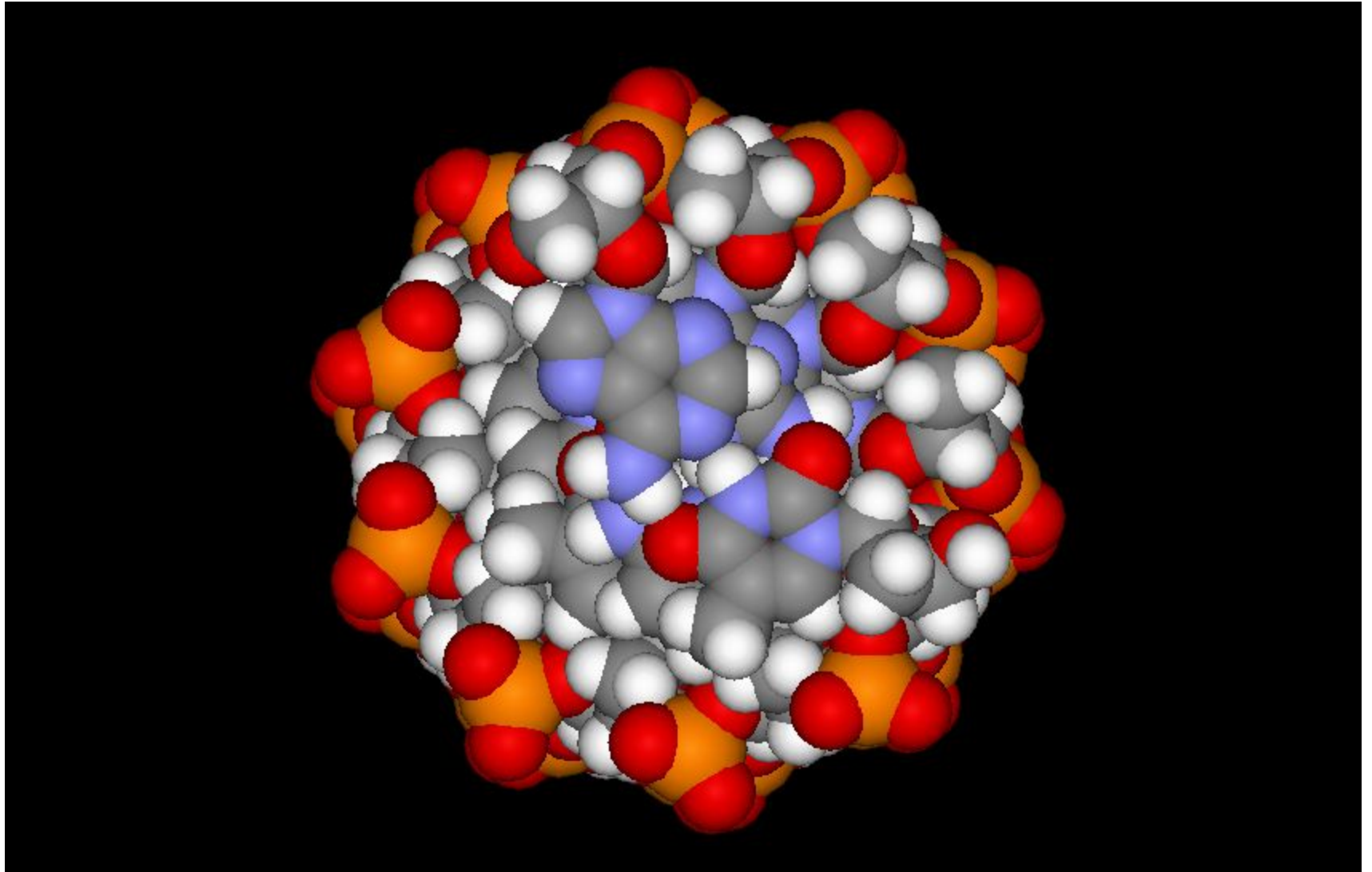
Двойная спираль ДНК (вид с торца)



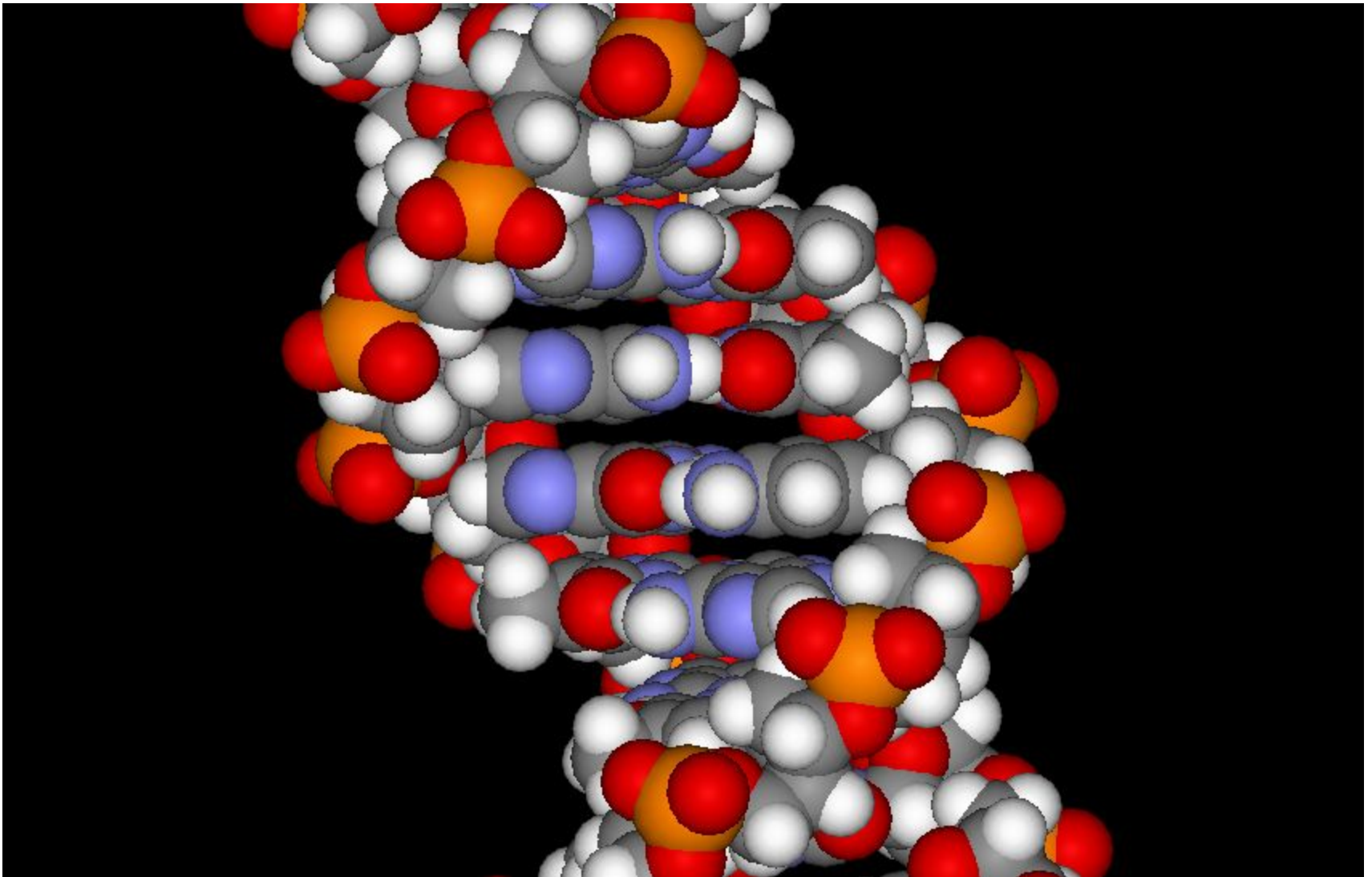
Двойная спираль ДНК (вид сбоку)



Двойная спираль ДНК (вид с торца)



Двойная спираль ДНК (вид сбоку)

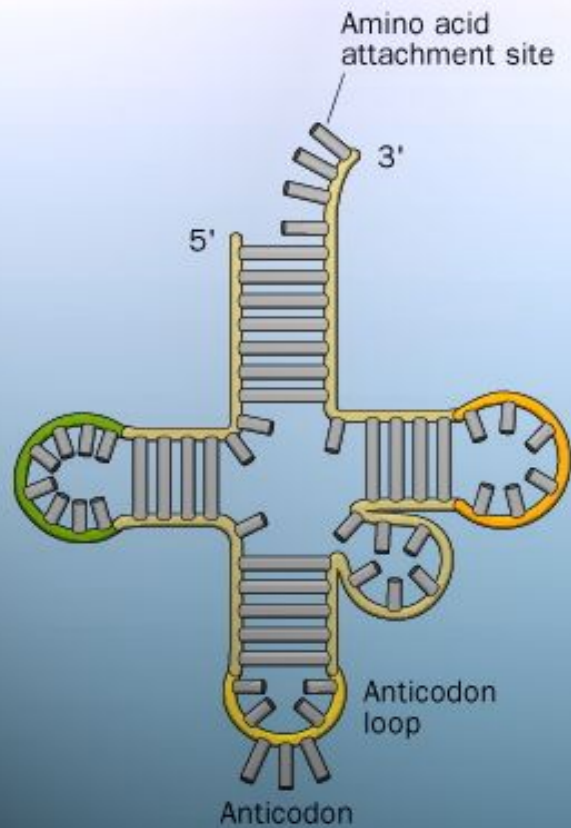


РНК

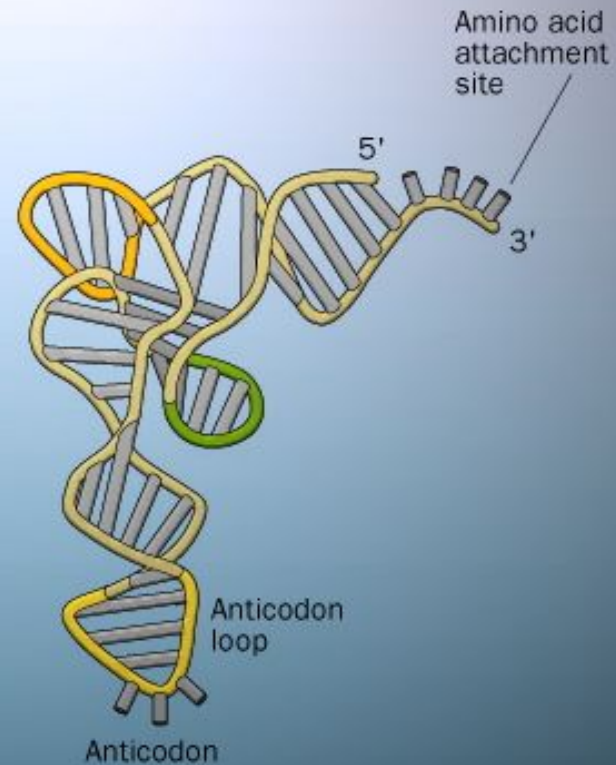
- мРНК - перенос информации от ДНК к белку
- хранение генетической информации (вирусы и фаги)
- рибозимы - катализ
- рРНК - структура (+ катализ)
- тРНК - трансляция
- регуляция

Вторичная структура тРНК

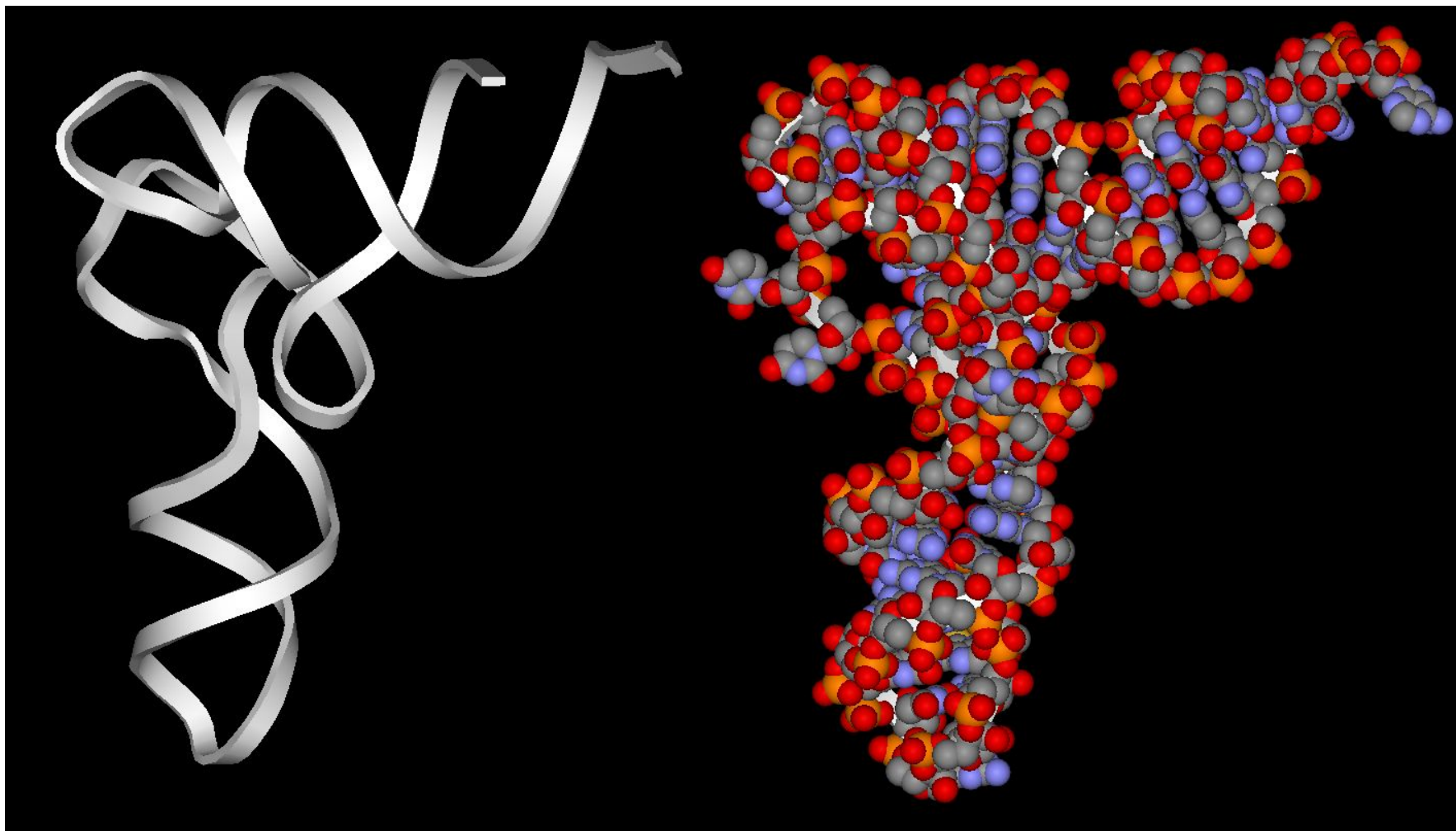
tRNA ("cloverleaf" model)



tRNA (folded model)

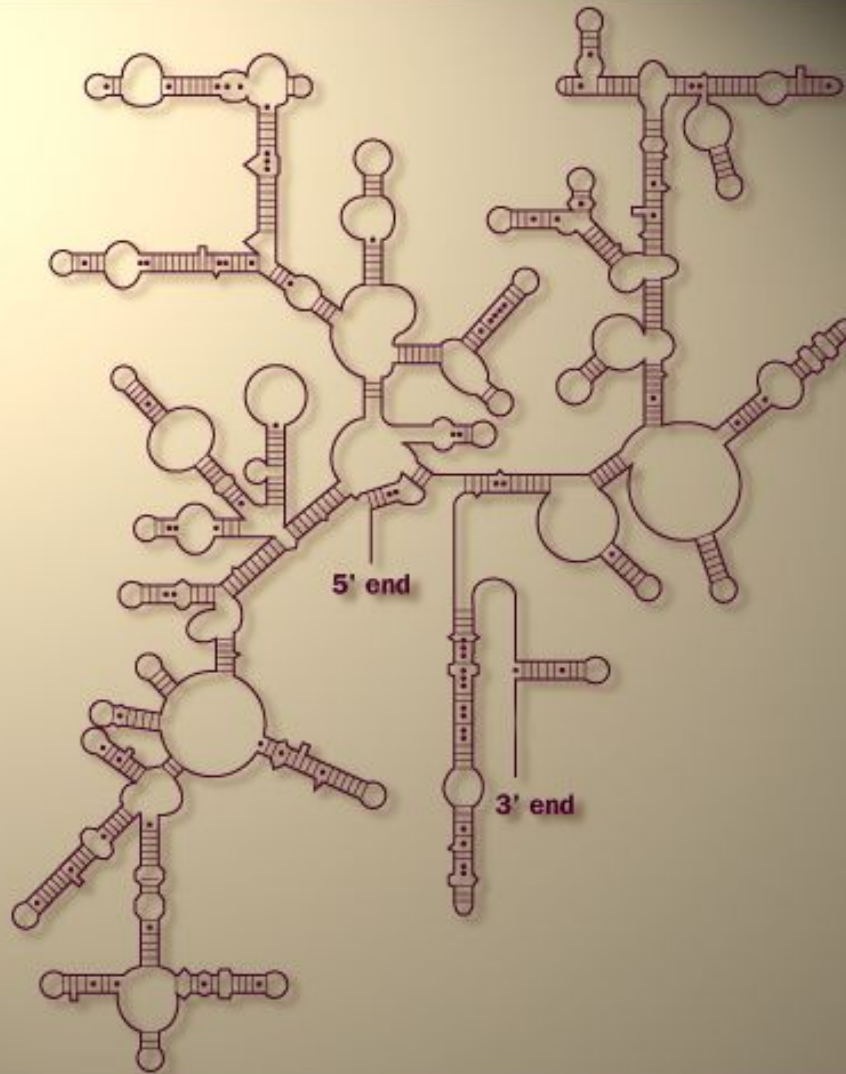


Пространственная структура тРНК



Вторичная структура рРНК

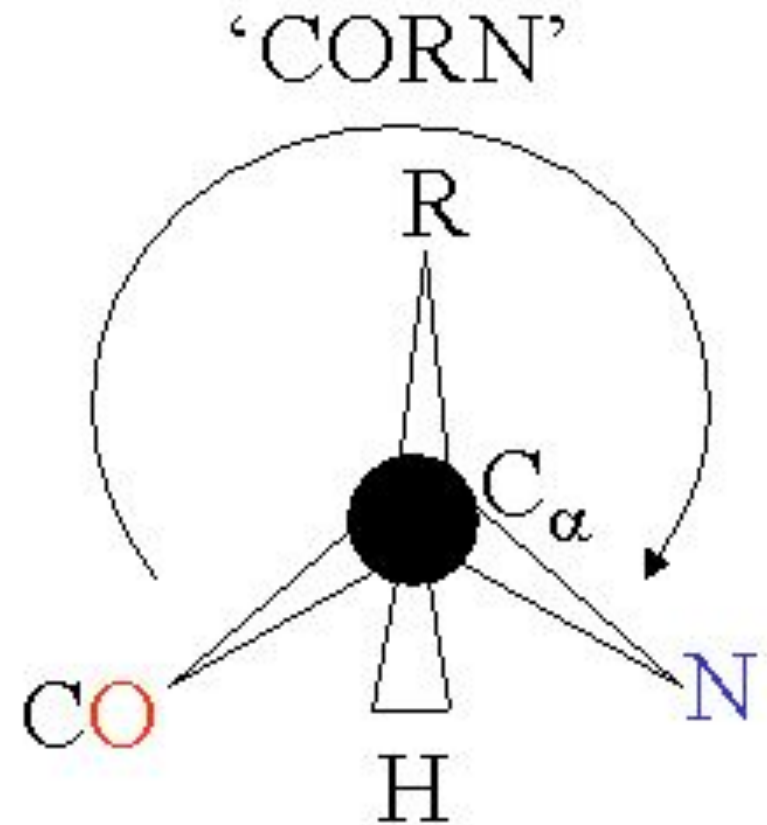
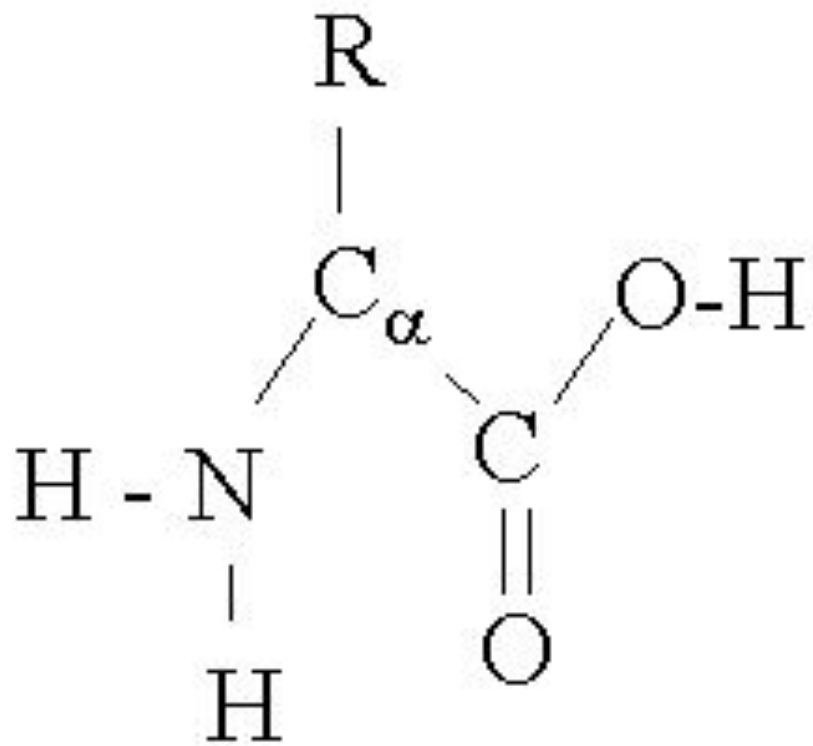
Ribosomal RNA



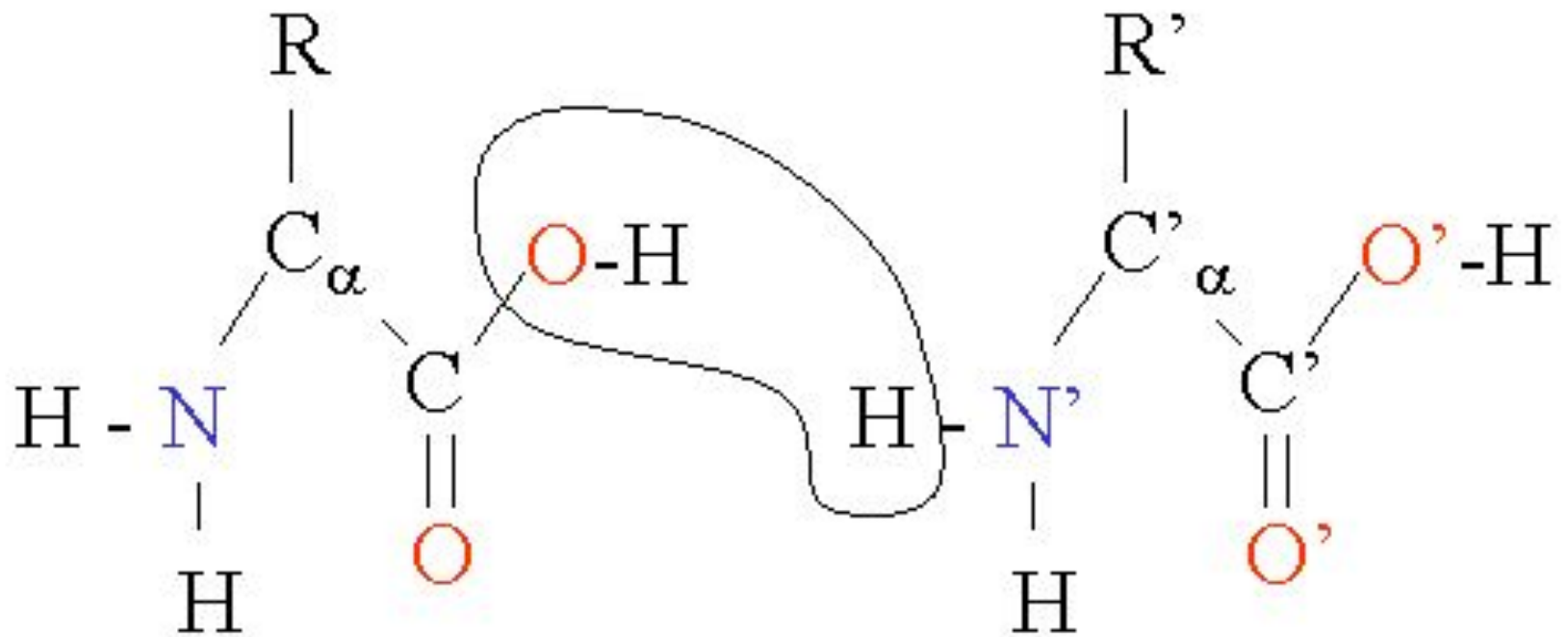
Белки

- ферментативный катализ
- транспорт
- структура (цитоскелет и т.п.)
- передача сигнала

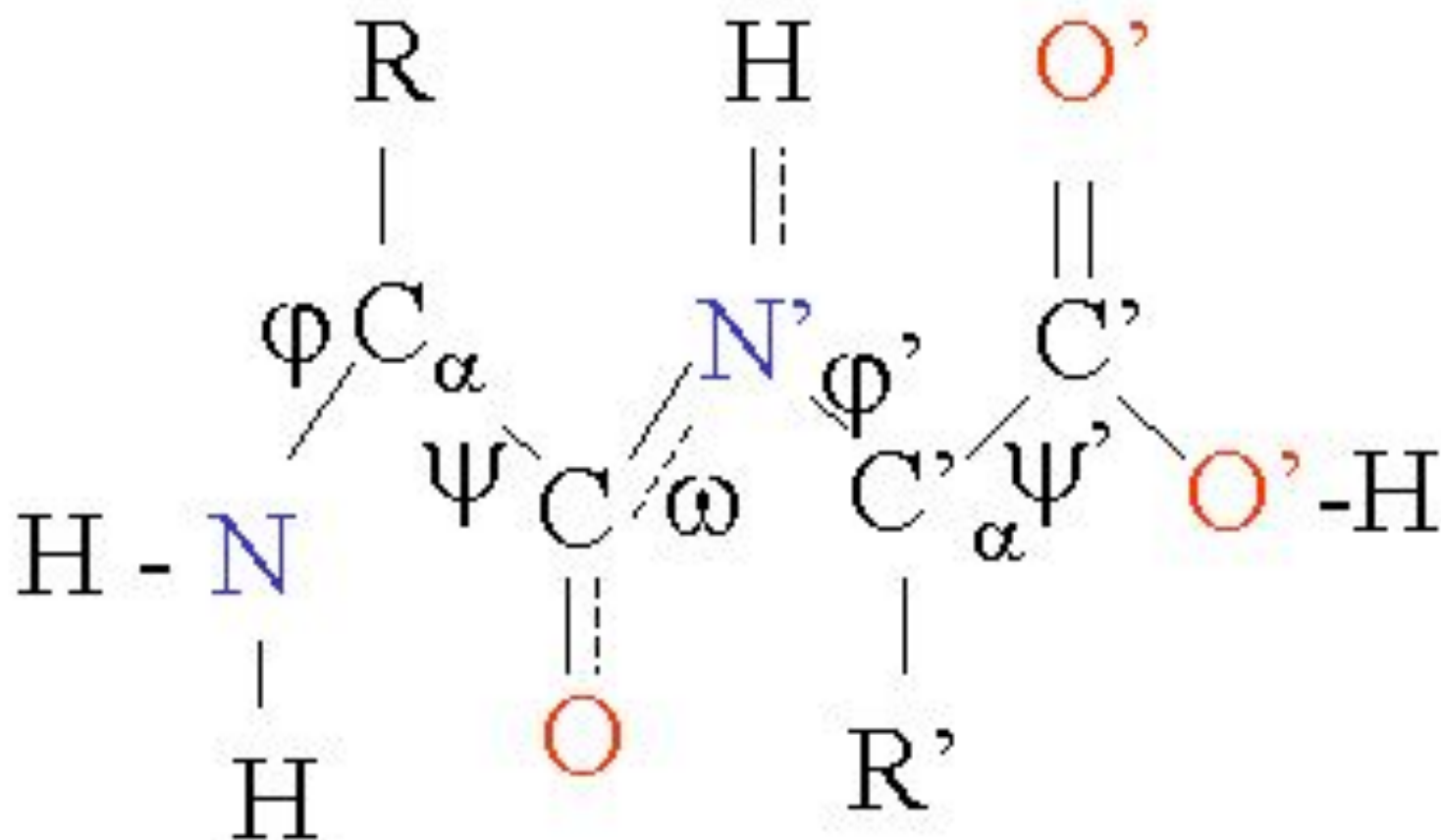
Аминокислота



Пептидная связь

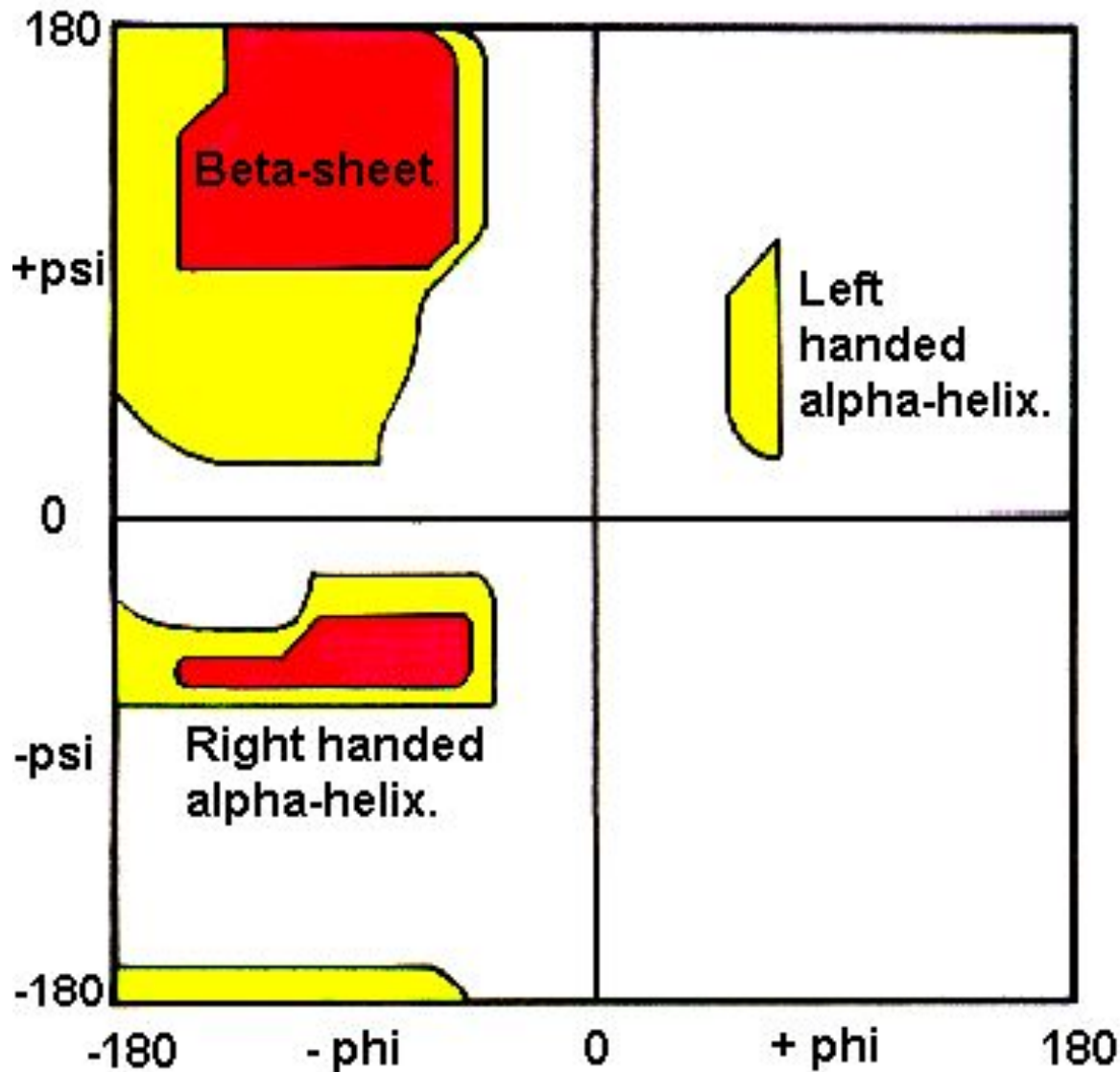


Торсионные углы

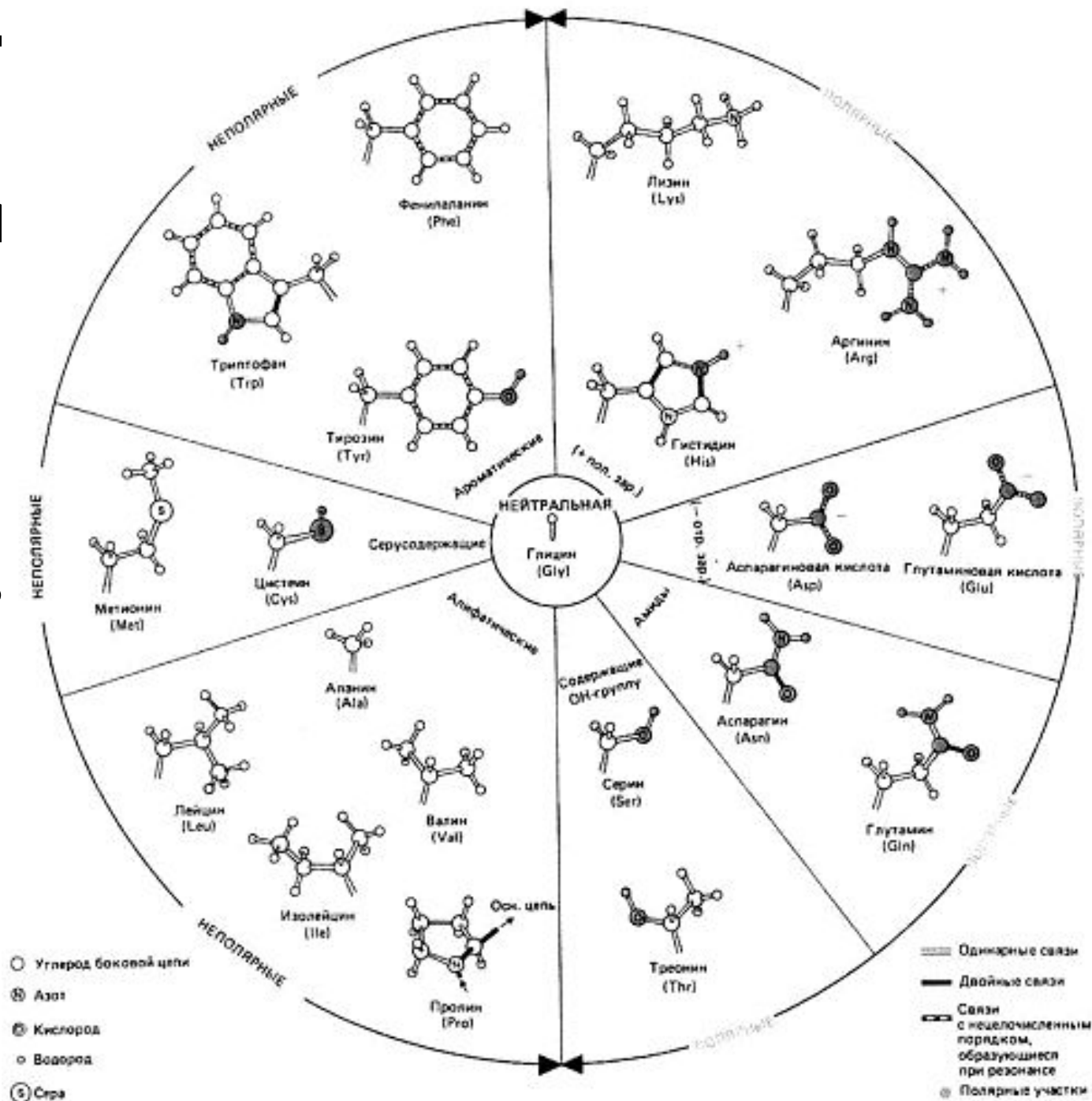


Карта Рамачандрана

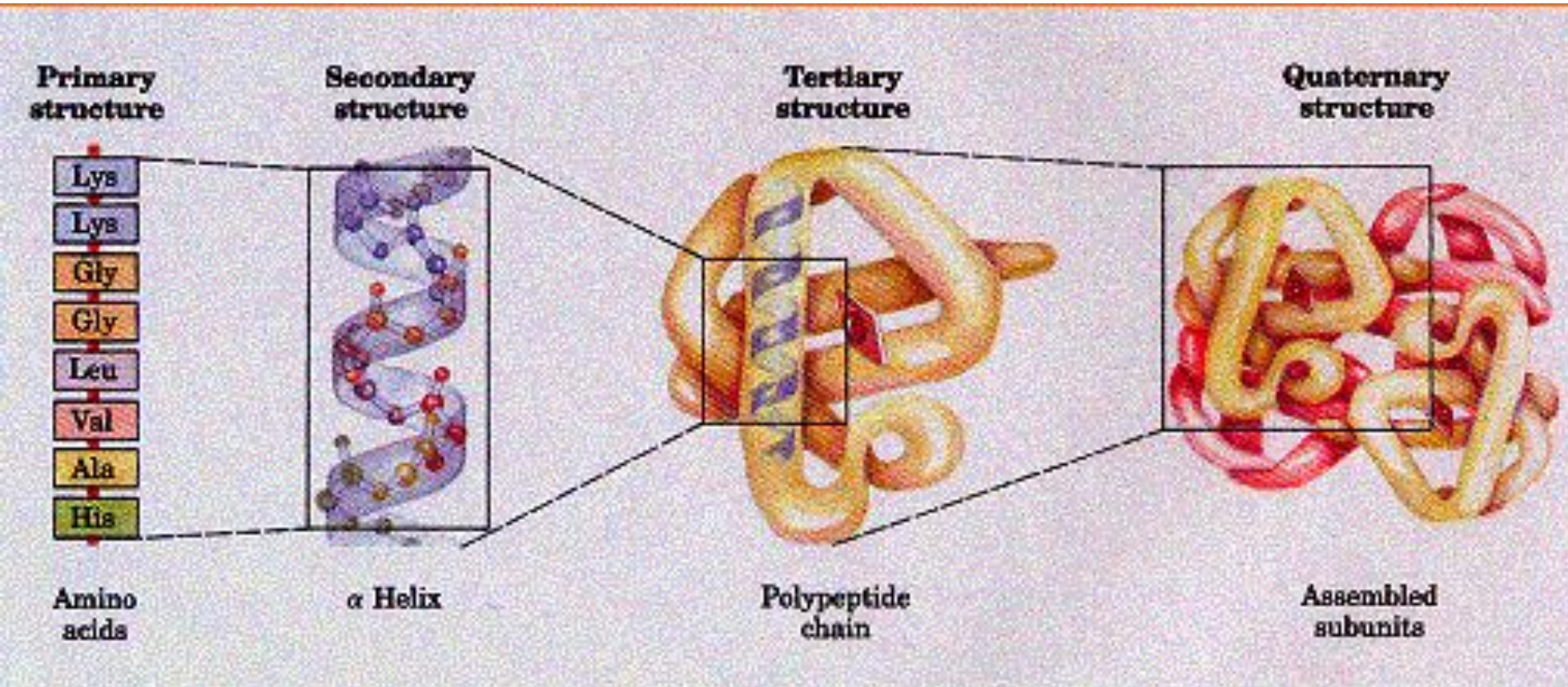
The Ramachandran Plot.



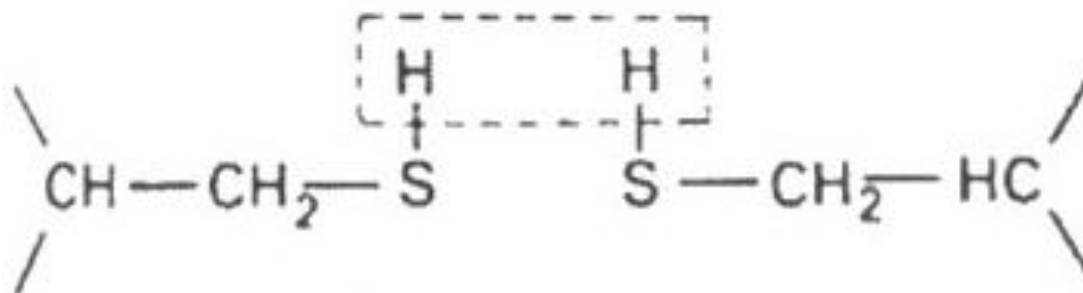
Физические свойства аминокислотных остатков



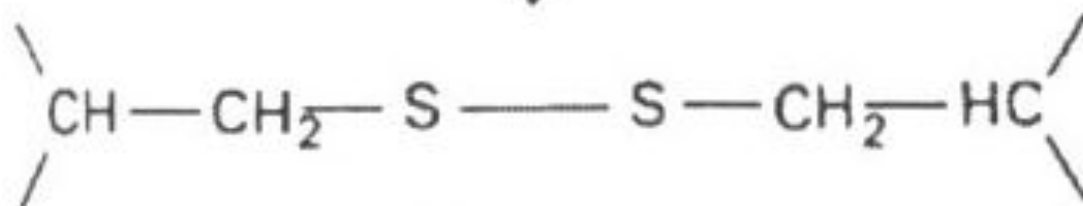
Уровни структуры белка



Цистеиновый мостик

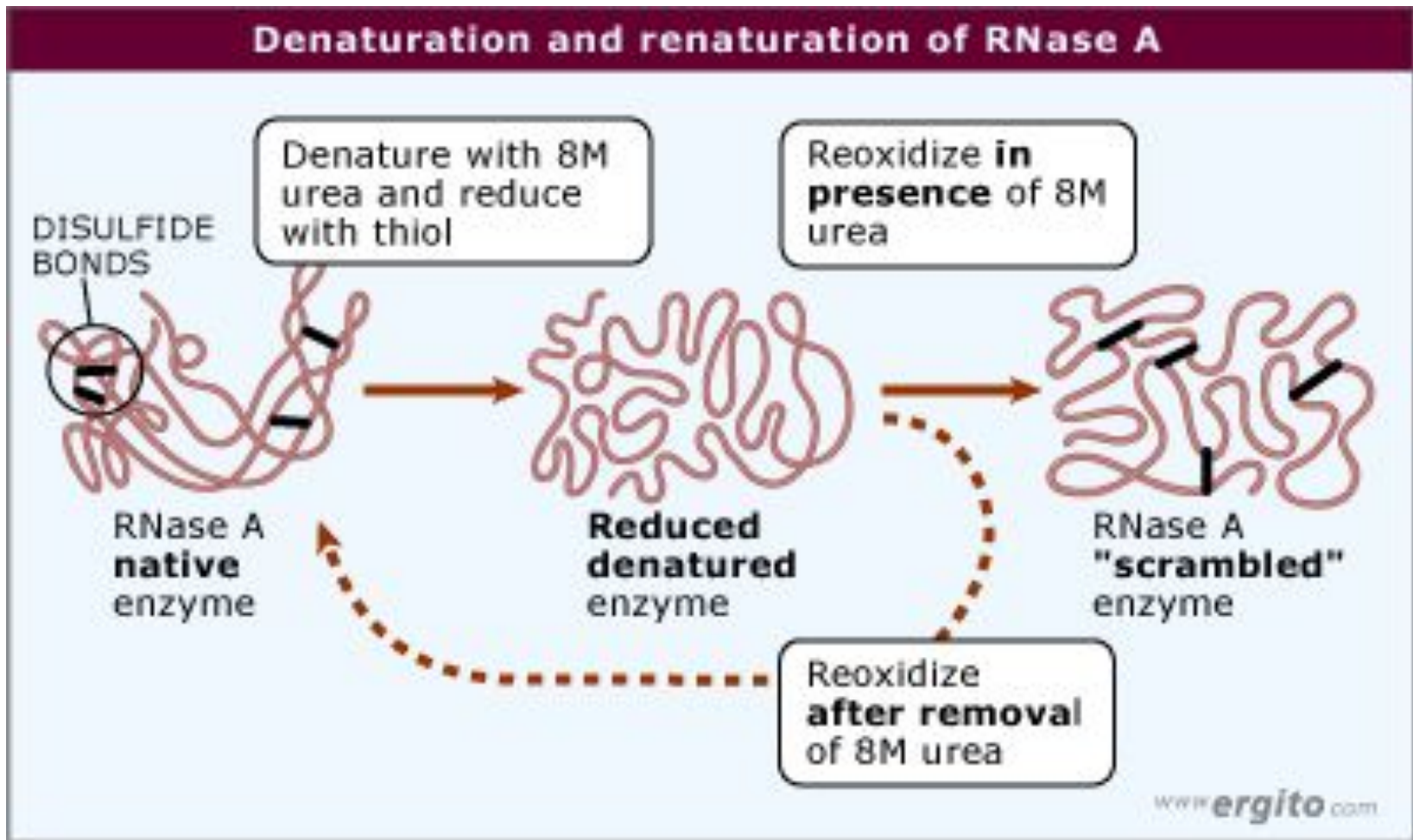


Два цистеина



Цистин

Эксперимент Анфинсена (1961)



Виды взаимо- дей- ствий

ИЗМЕНЕНИЕ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ
кДж/моль (без соблюдения масштаба)

- 350 Ковалентная связь
- 40 Стабильность белка
- 30 Макроэргическая химическая связь
- 10 Гидрофобный эффект
- 4 Ионная связь (солевой мостик)
- 3 Водородная связь

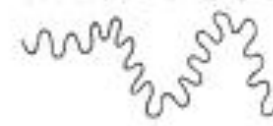


ПРИМЕР

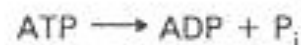
Образование одинарной углерод-углеродной связи

Молекула развернута

Молекула свернута



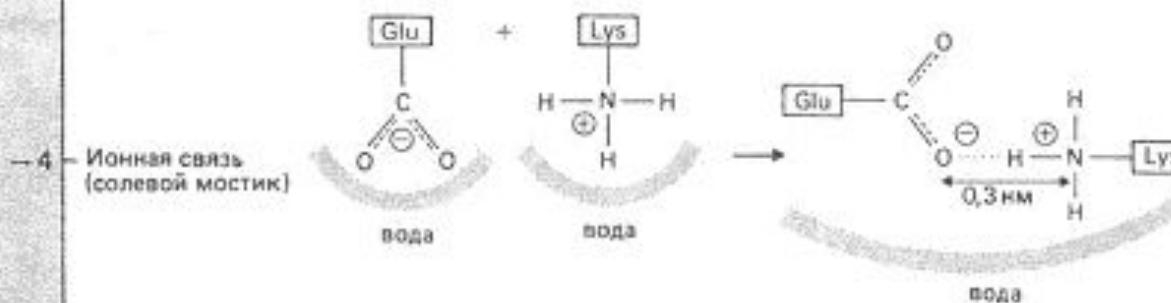
Свертывание лизоцима в воде



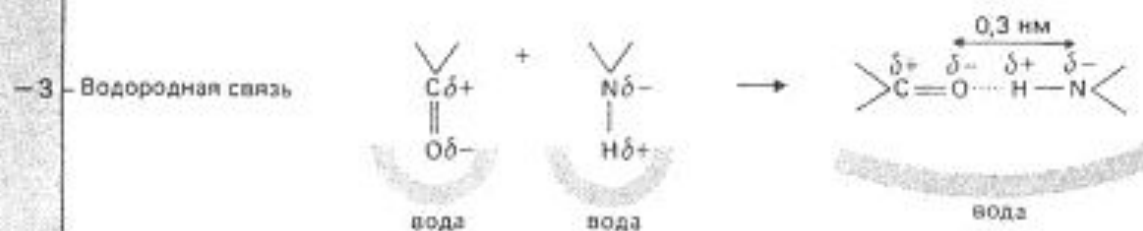
Гидролиз ATP



Переход боковой цепи остатка Phe из раствора внутрь белковой молекулы

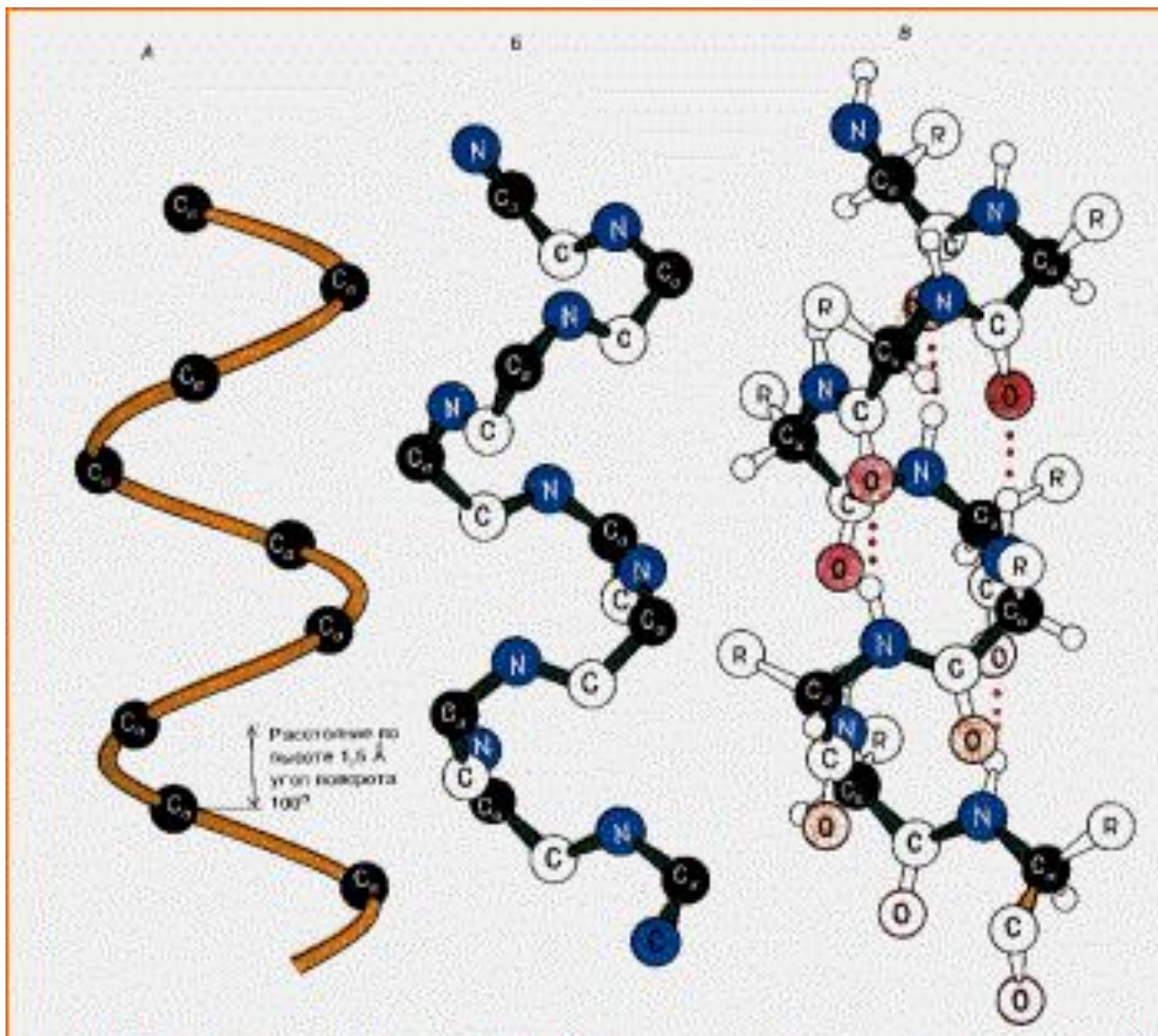


Образование солевого мостика в белковой молекуле



Образование водородной связи между двумя пептидными группами

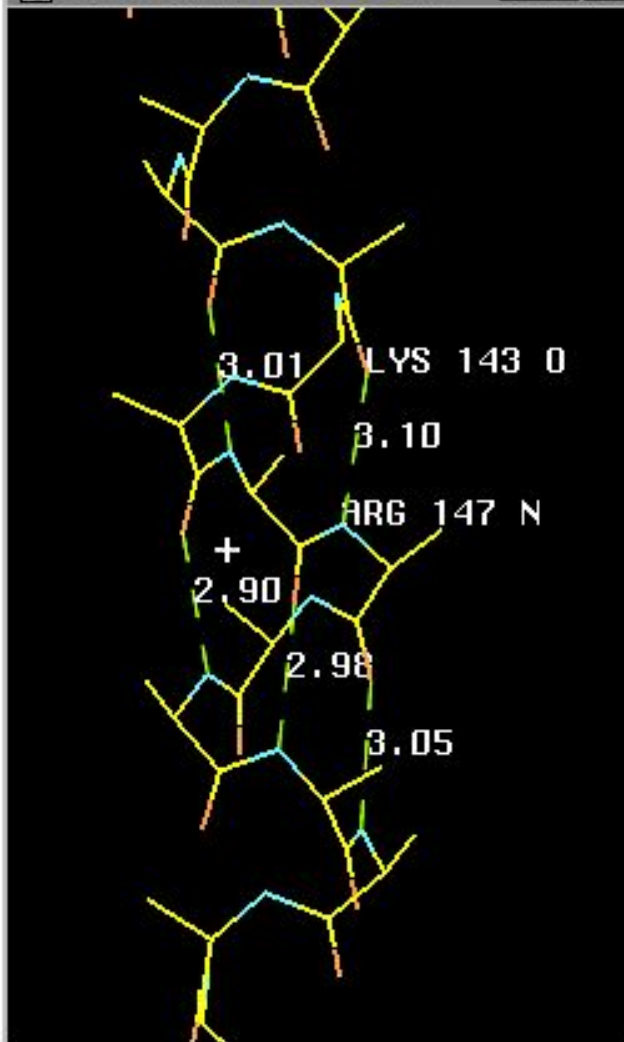
Альфа-спираль



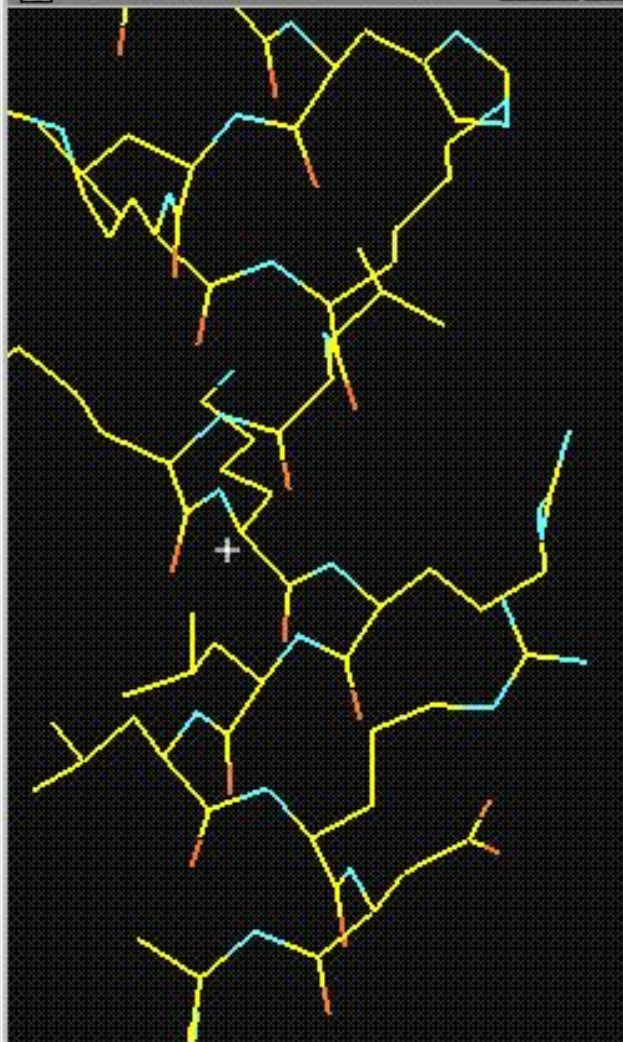
Альфа-спираль:

основная цепь и водородные связи, аминокислотные остатки / боковые группы, электронные плотности

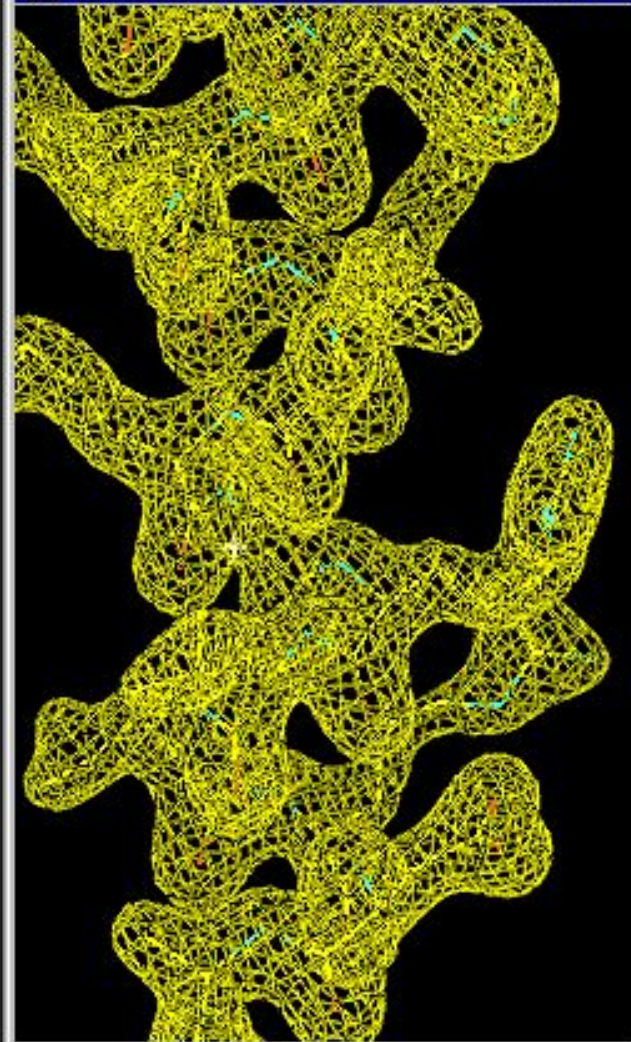
helix_hb.tif @ 100% (RGB)



helix_up.tif @ 100% (RGB)

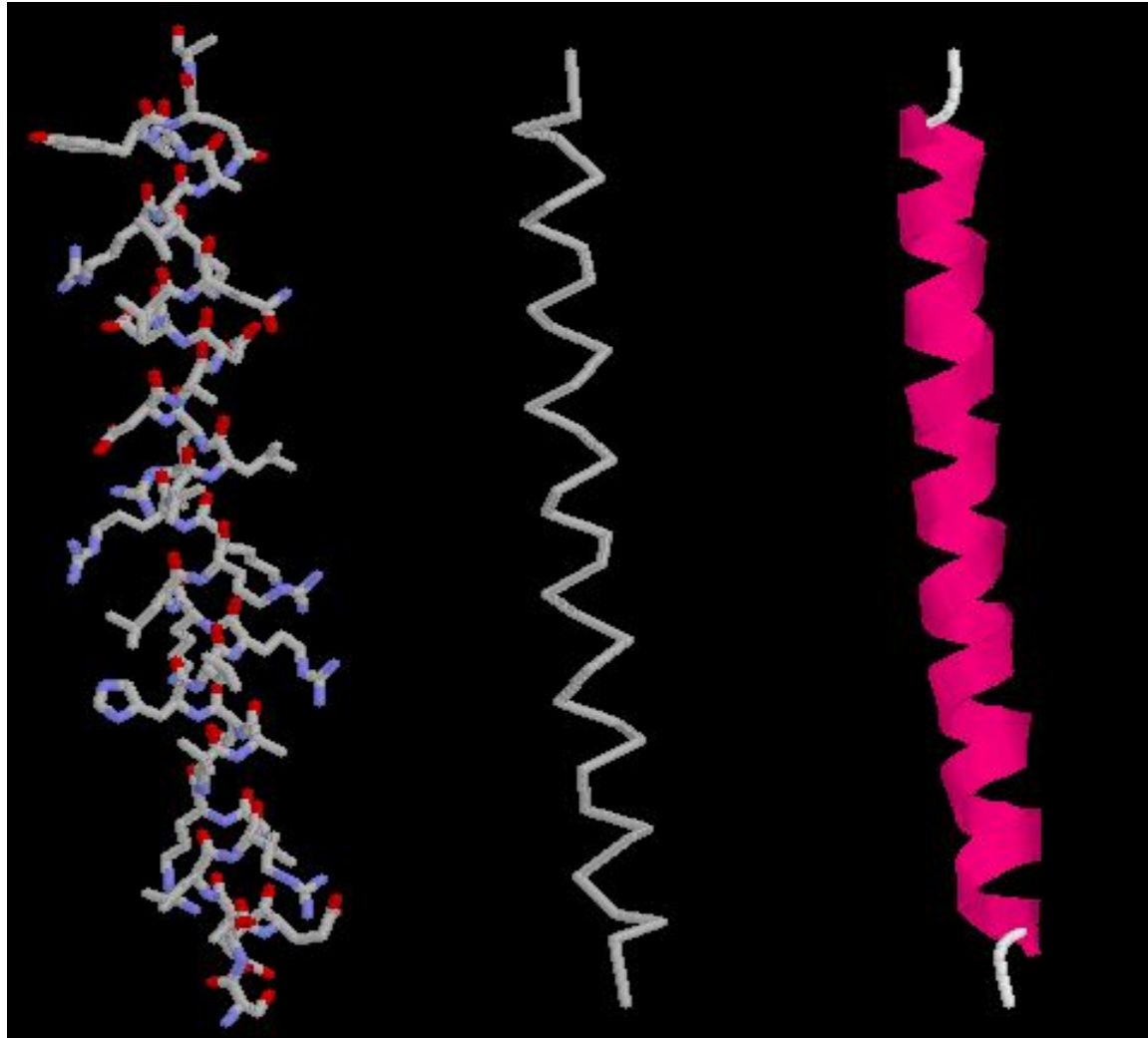


helix_dens.tif @ 100% (RGB)

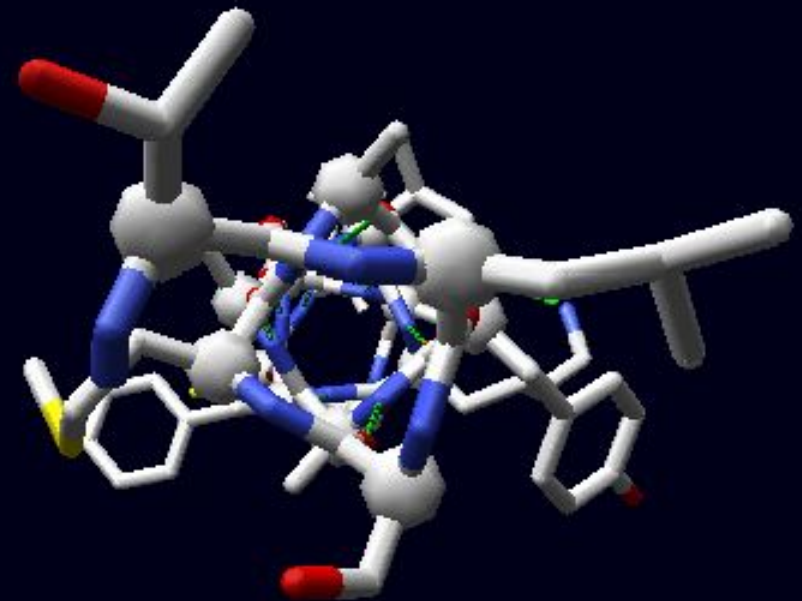
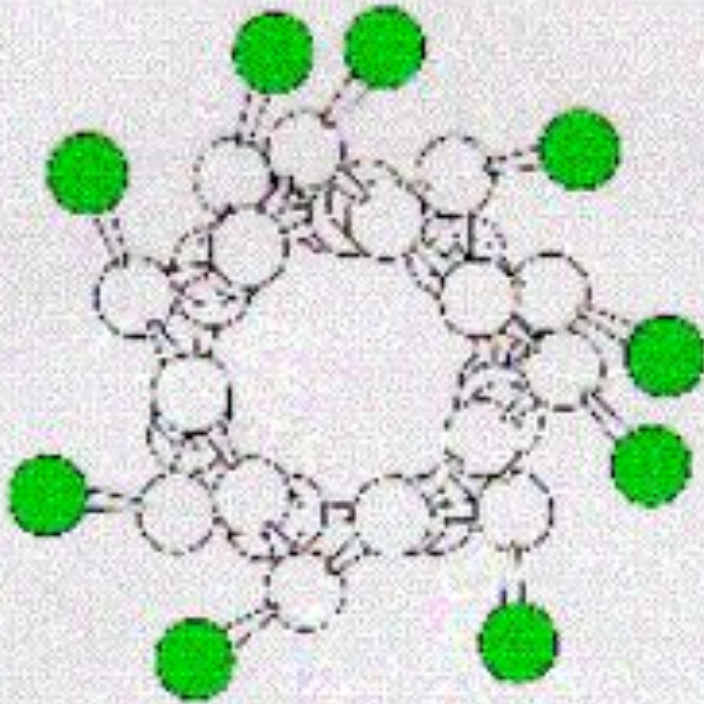


Альфа-спираль:

варианты схематического представления

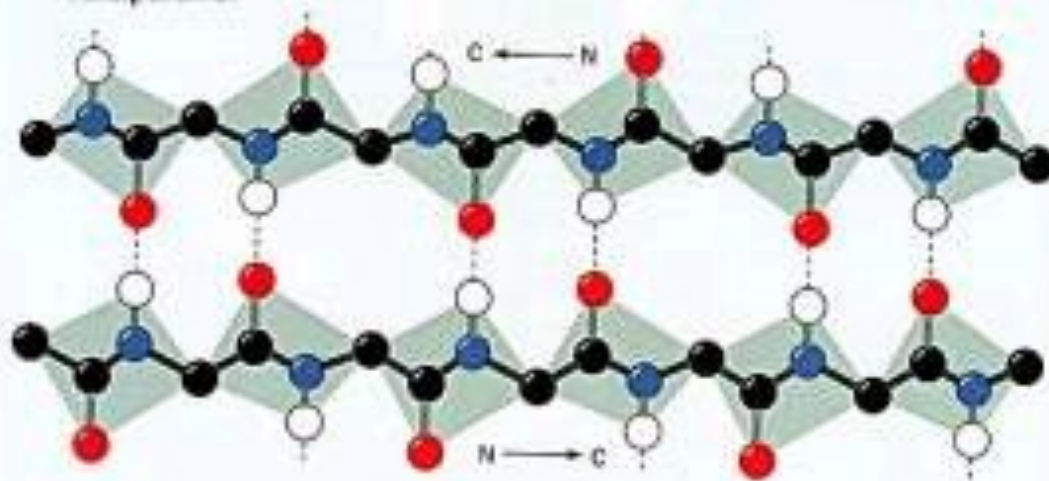


Альфа-спираль (вид сверху)

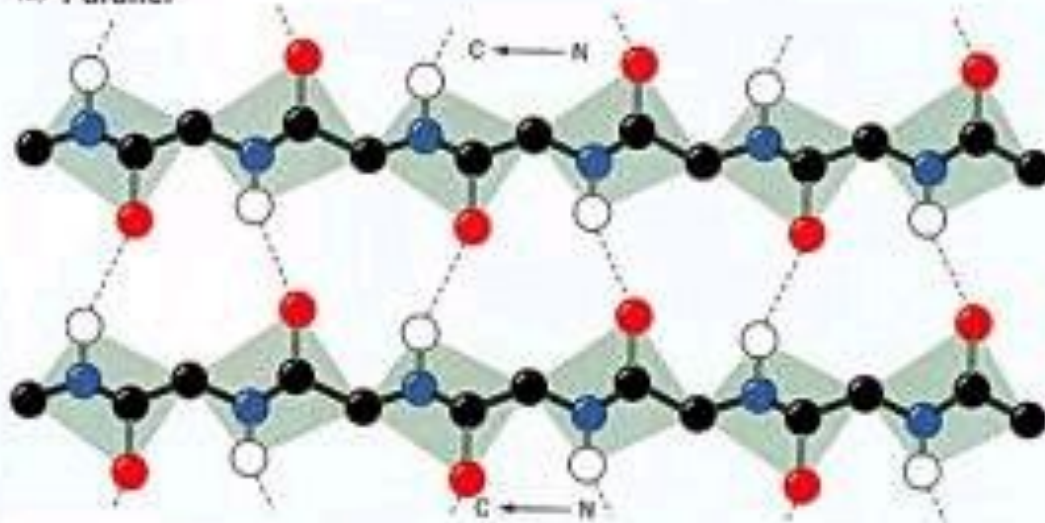


Бета-лист

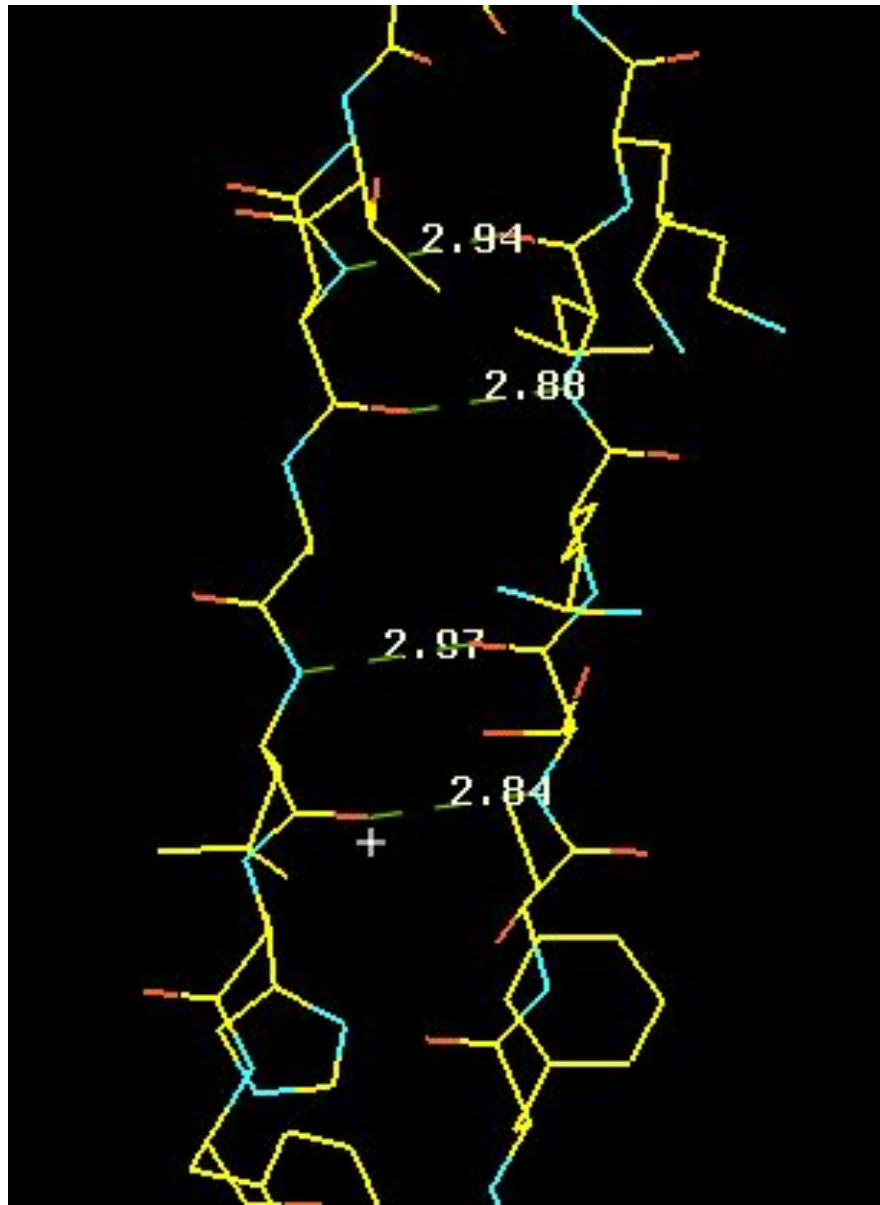
(e) Antiparallel



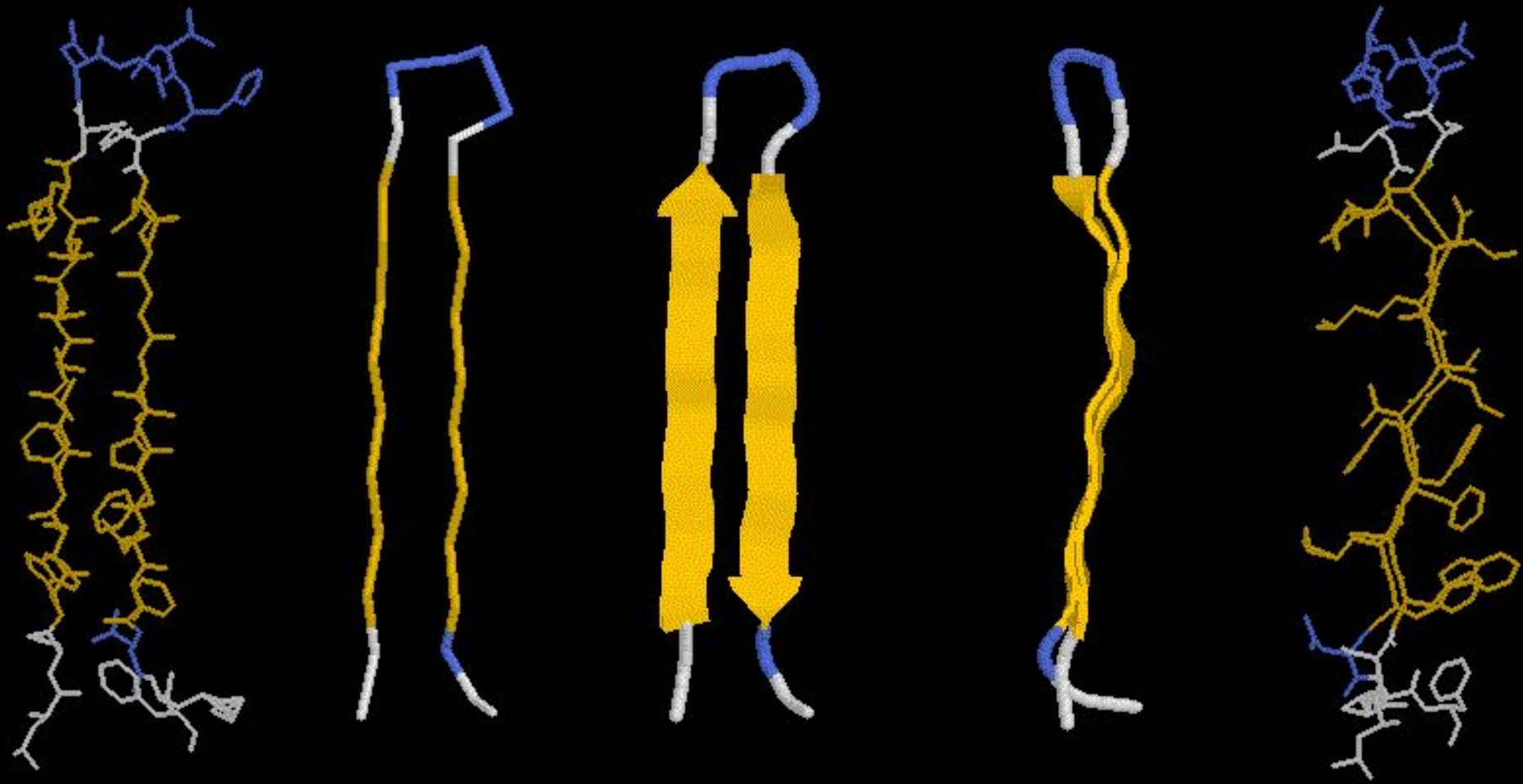
(b) Parallel



Антипараллельный бета-лист

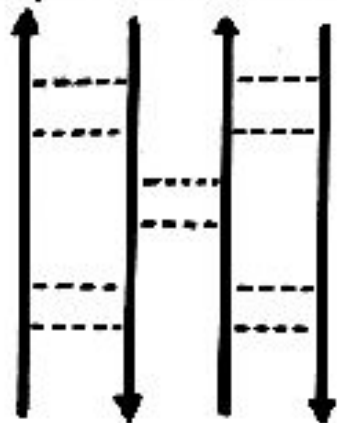


Бета-лист с разных сторон

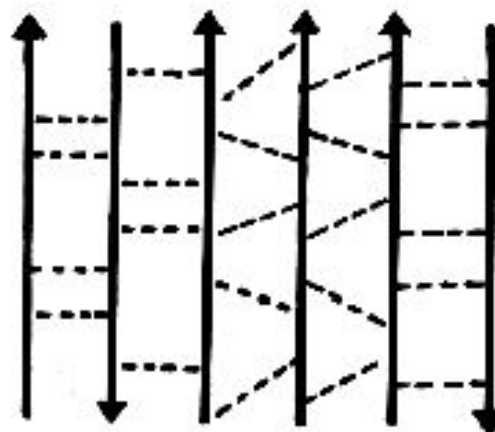


Бета-листы

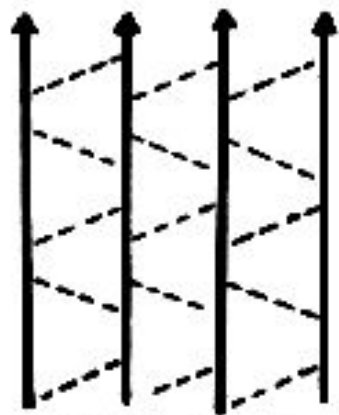
Antiparallel beta-sheet



The different types of beta-sheet. Dashed lines indicate main chain hydrogen bonds.

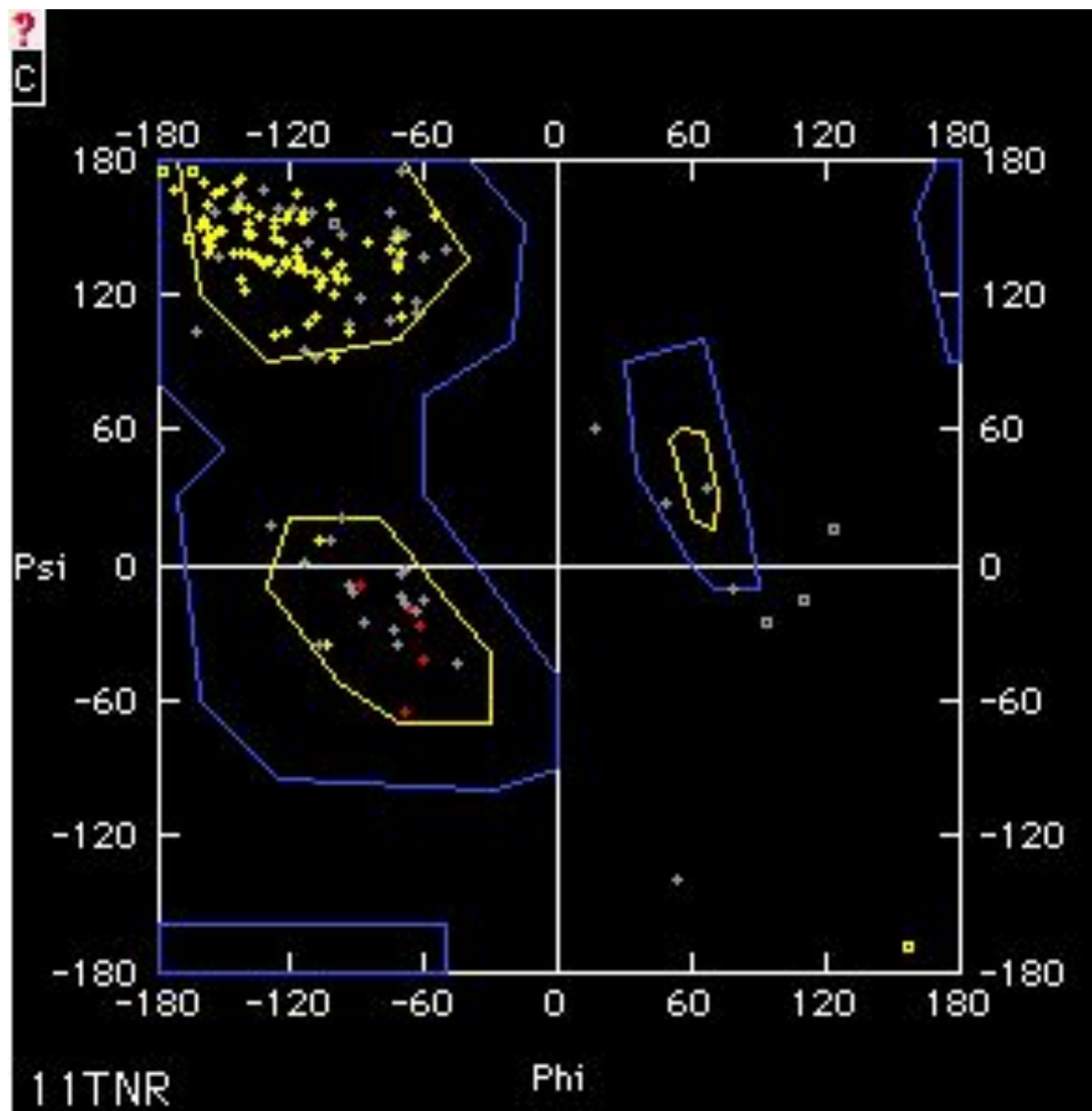


Mixed beta-sheet



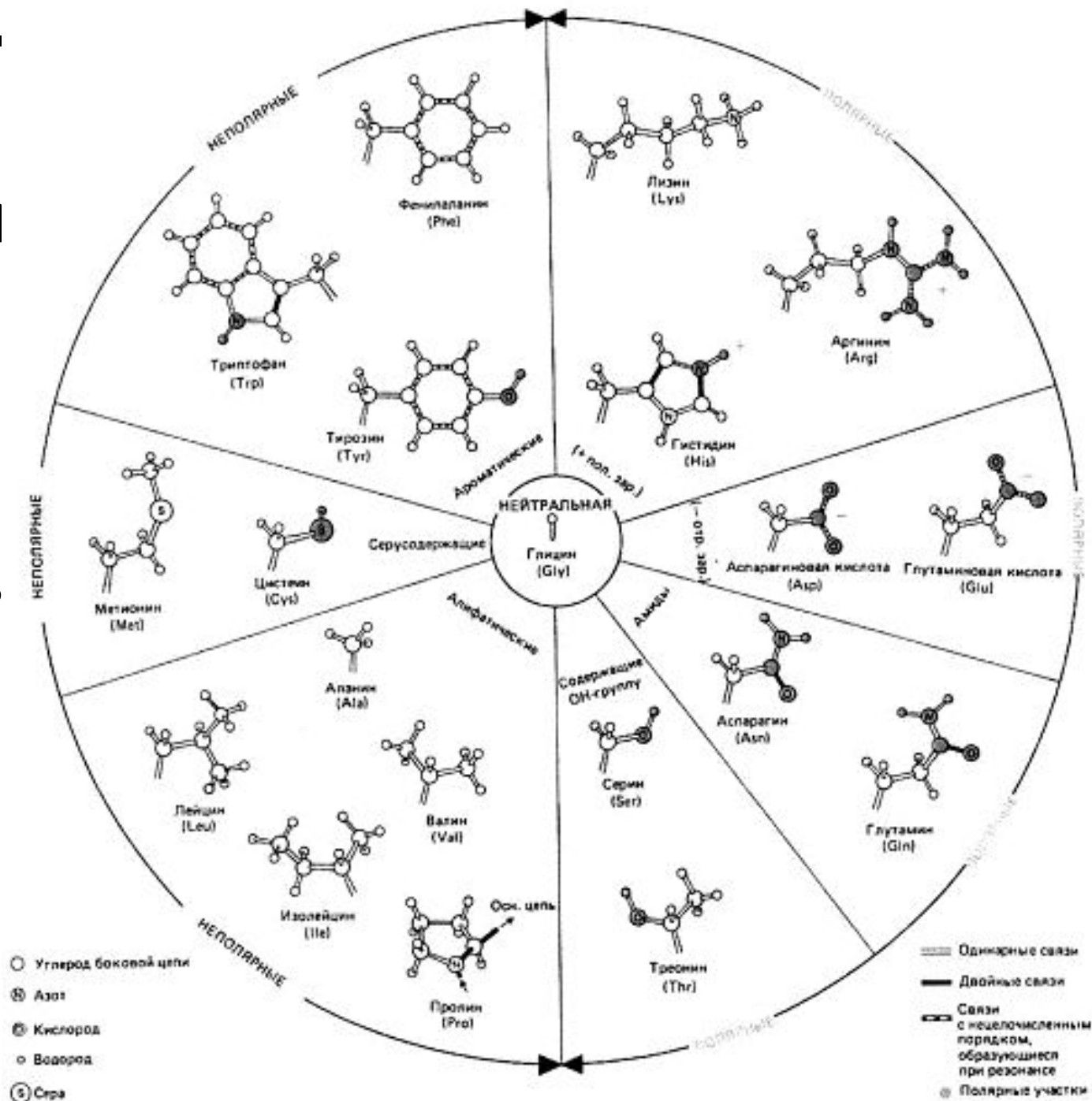
Parallel beta-sheet

Карта Рамачандрана - пример



- желтый – бета-листы
- красный – альфа-спираль
- квадраты – глицин

Физические свойства аминокислотных остатков



Виды взаимо- дей- ствий

ИЗМЕНЕНИЕ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ
кДж/моль (без соблюдения масштаба)

-350

Ковалентная связь

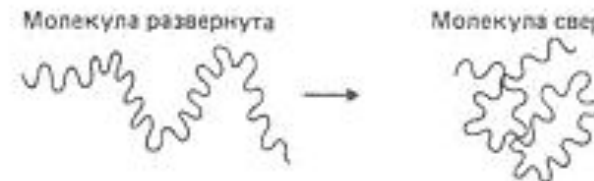


ПРИМЕР

Образование одинарной
углерод-углеродной
связи

-40

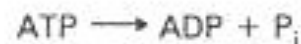
Стабильность белка



Свертывание
лизоцима в воде

-30

Макроэргическая
химическая связь



Гидролиз ATP

-10

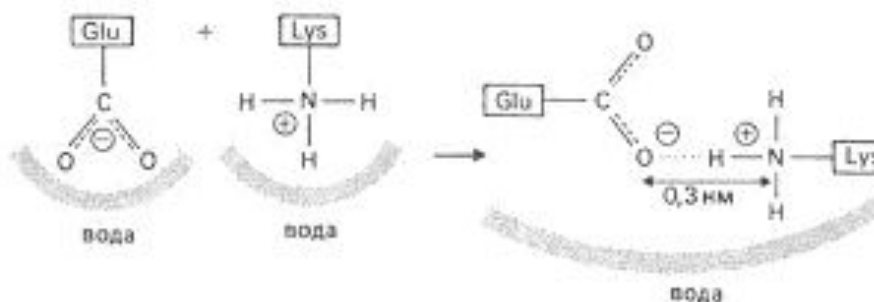
Гидрофобный
эффект



Переход боковой цепи
остатка Phe
из раствора внутрь
белковой молекулы

-4

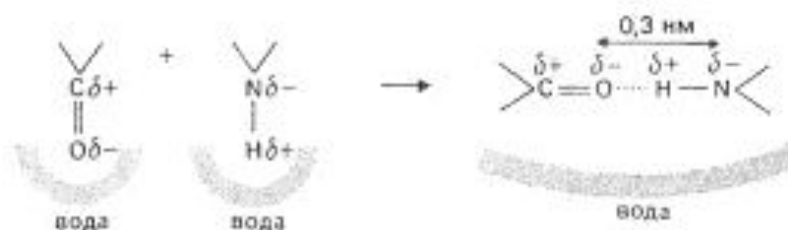
Ионная связь
(солевой мостик)



Образование
солевого мостика
в белковой
молекуле

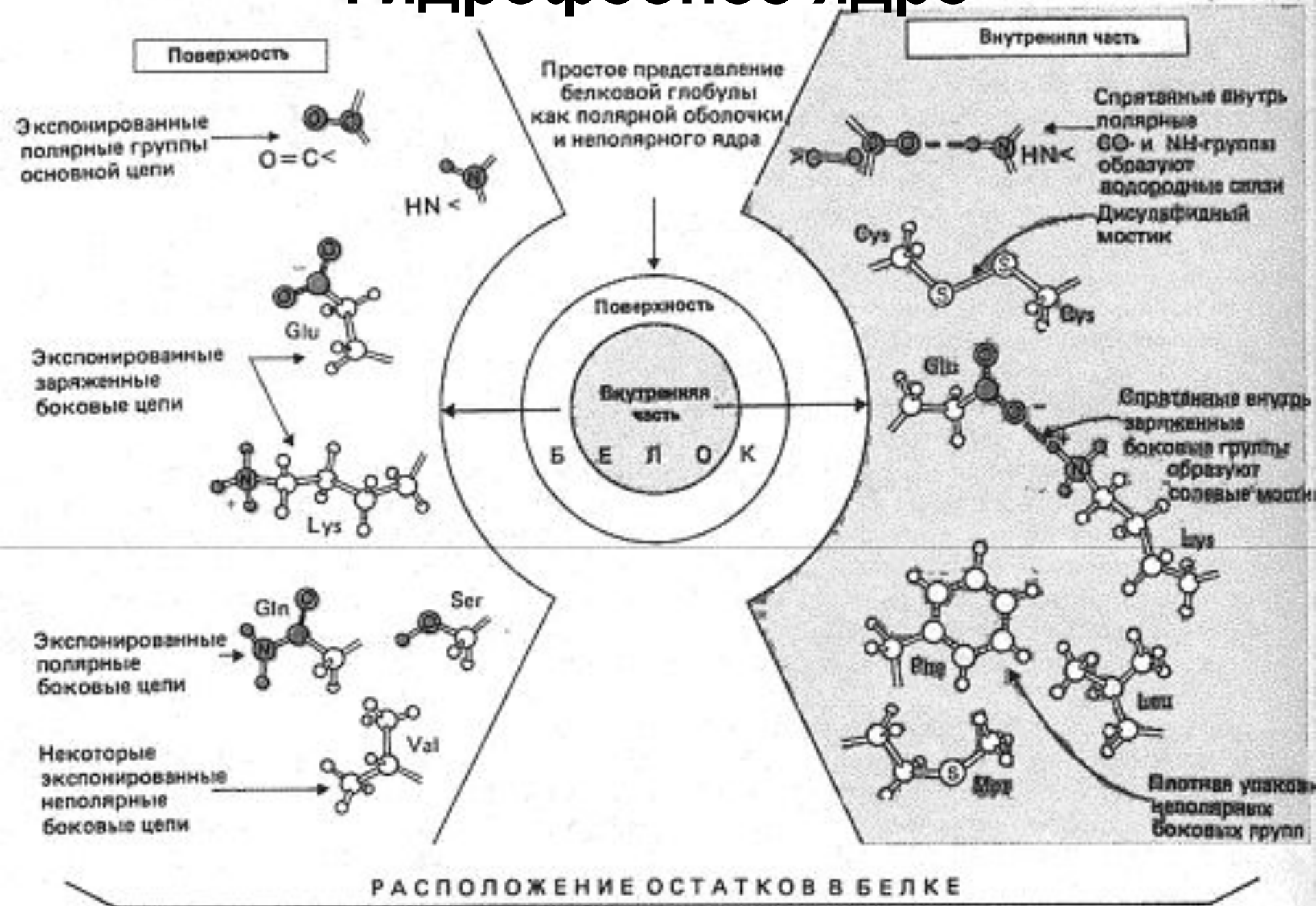
-3

Водородная связь



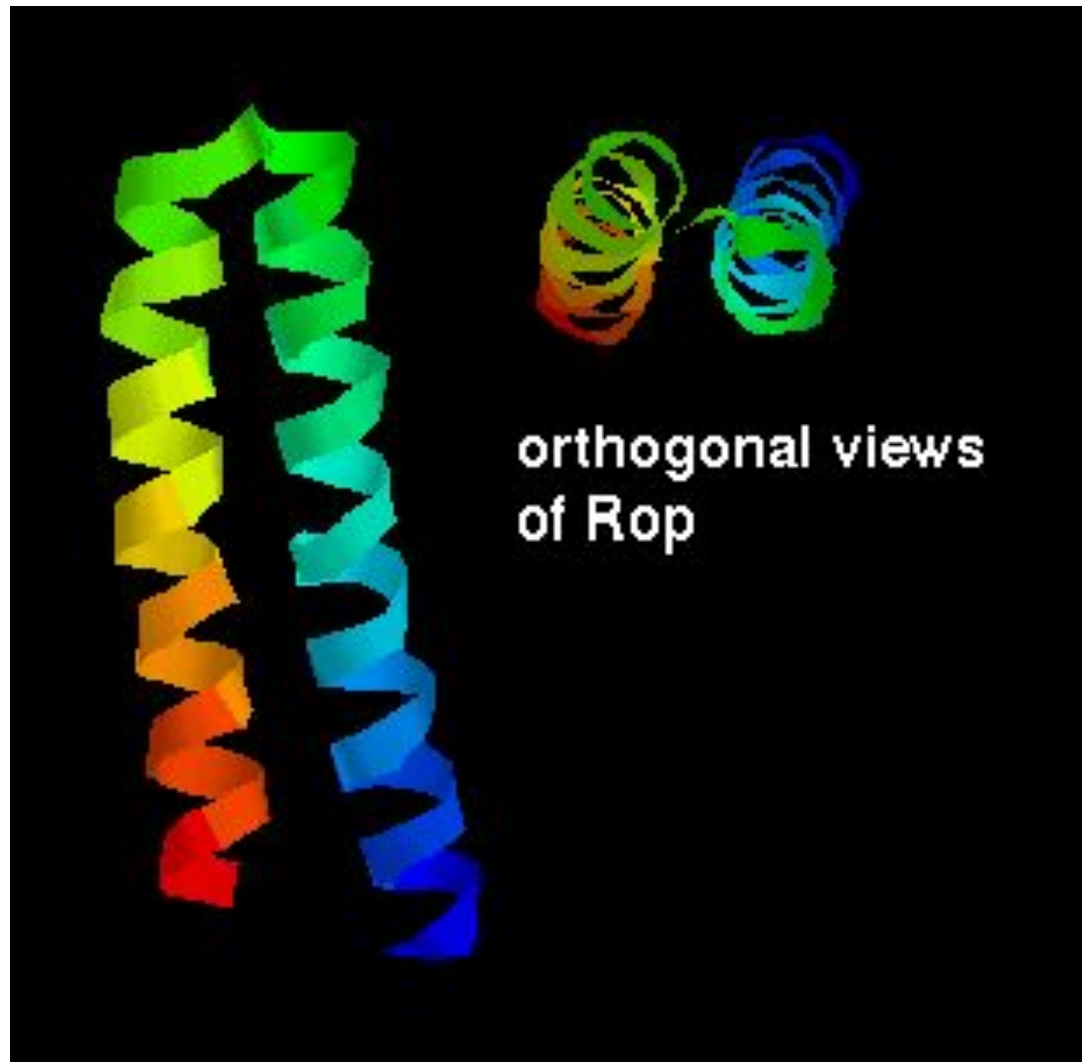
Образование
водородной связи
между двумя
пептидными
группами

Гидрофобное ядро



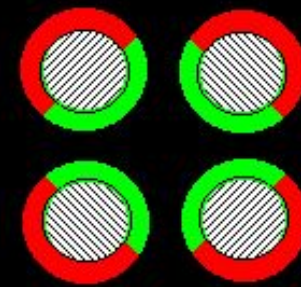
Спираль-поворот-спираль

(РНК-связывающий белок Rop)



Четырёхспиральный пучок

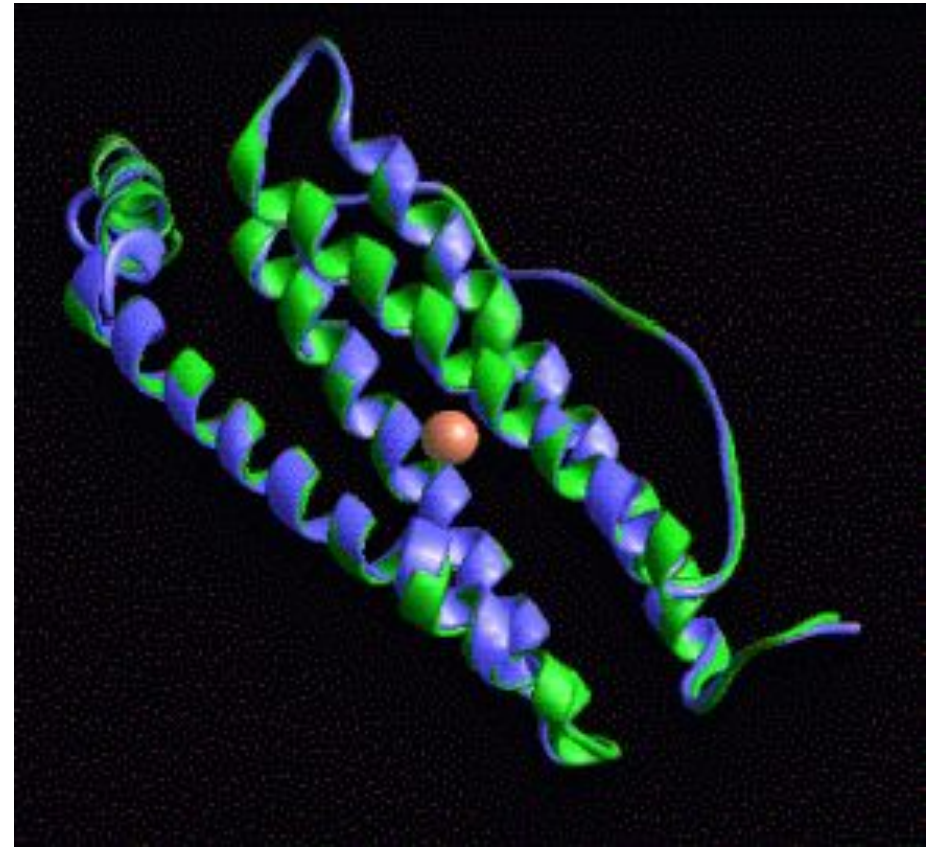
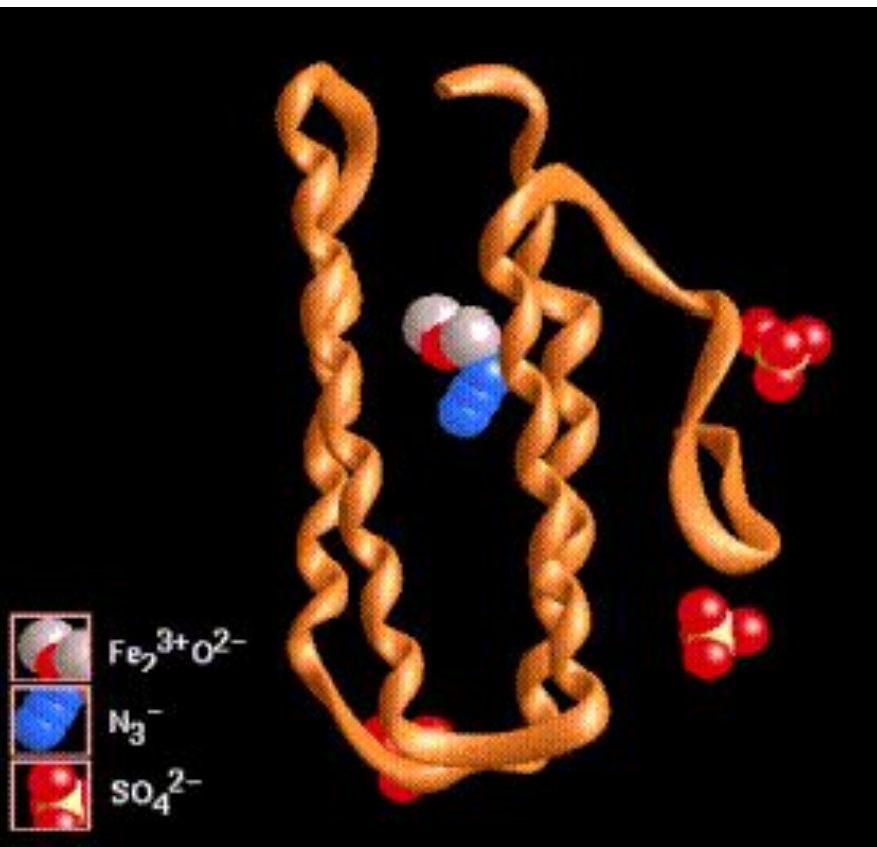
(миогемэритрин, ферритин)



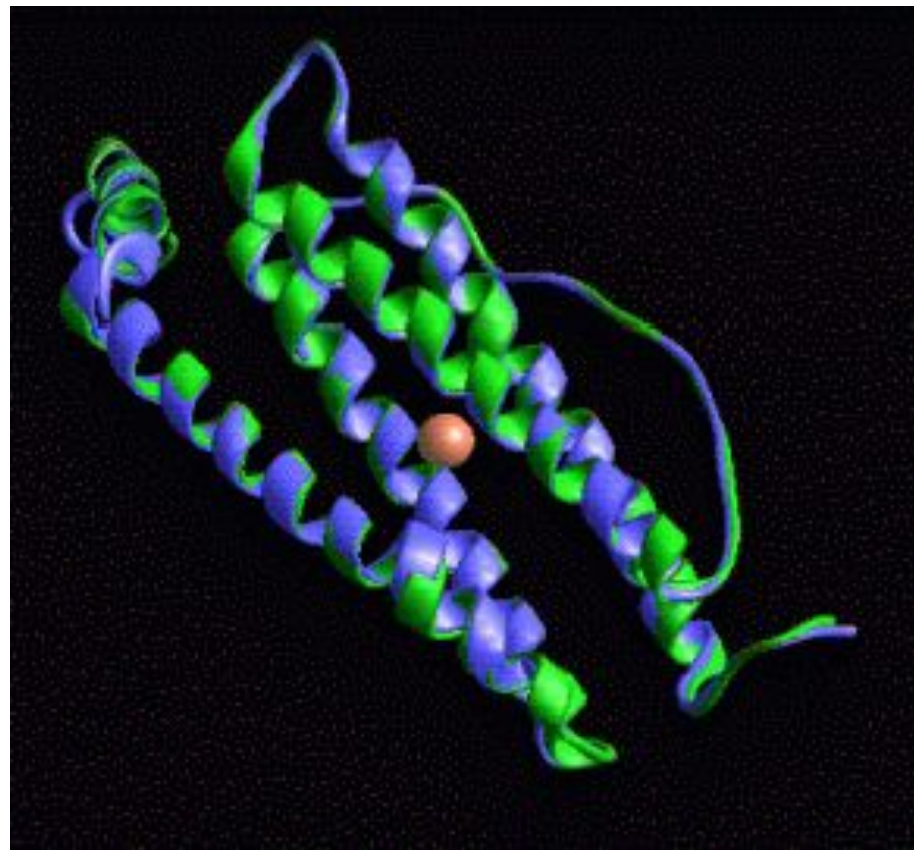
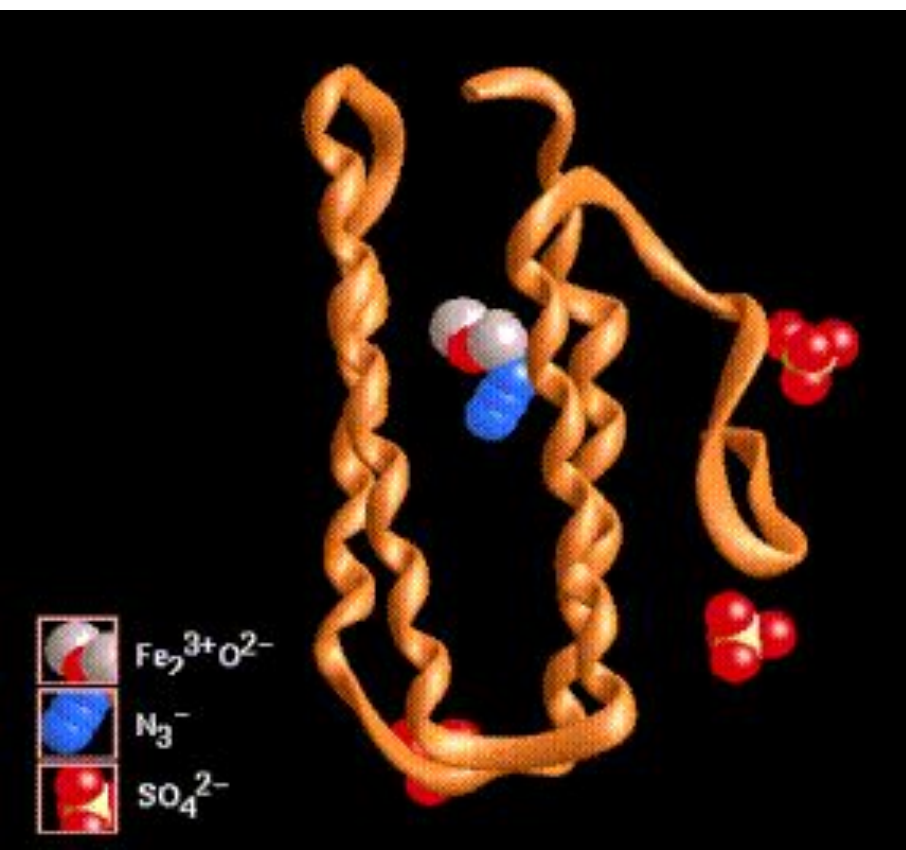
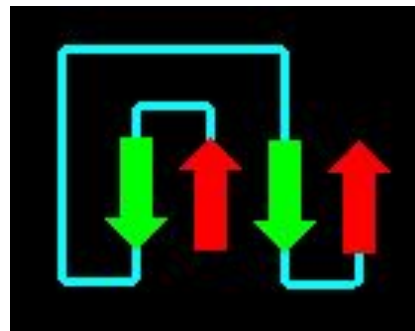
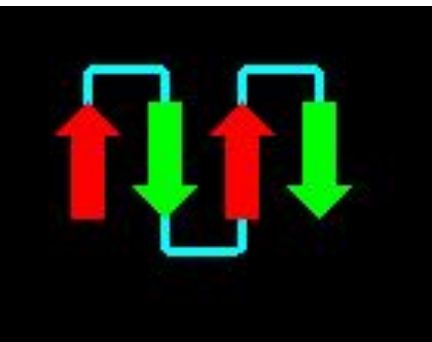
4-helix bundle

hydrophobic surface

hydrophilic surface



Четырёхспиральный пучок - ТОПОЛОГИЯ



Бета-лист

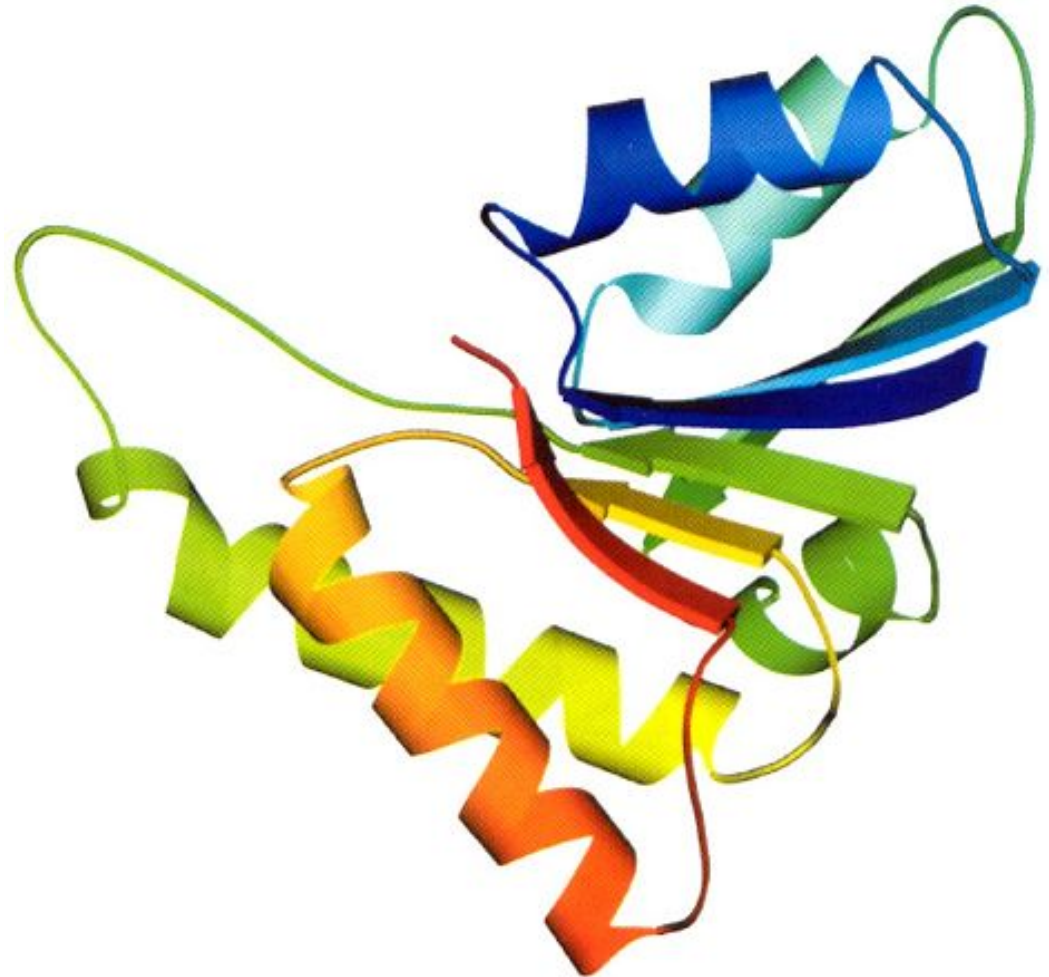
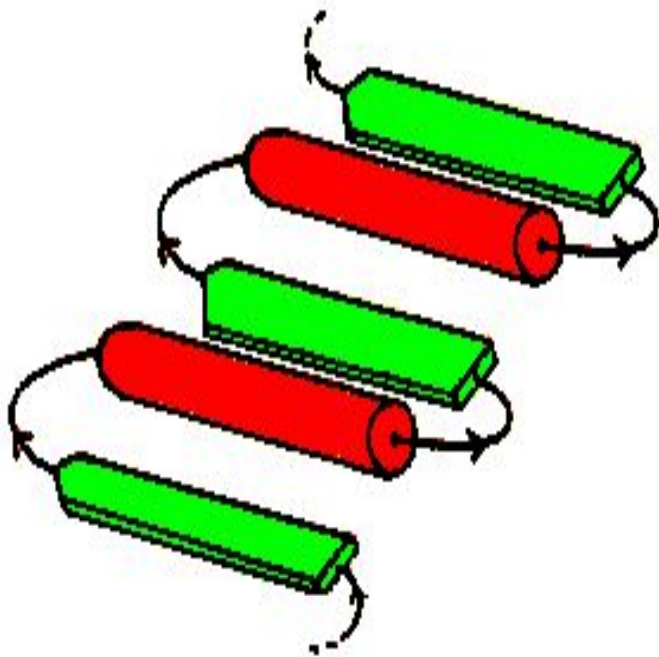
(константный домен
иммуноглобулина)



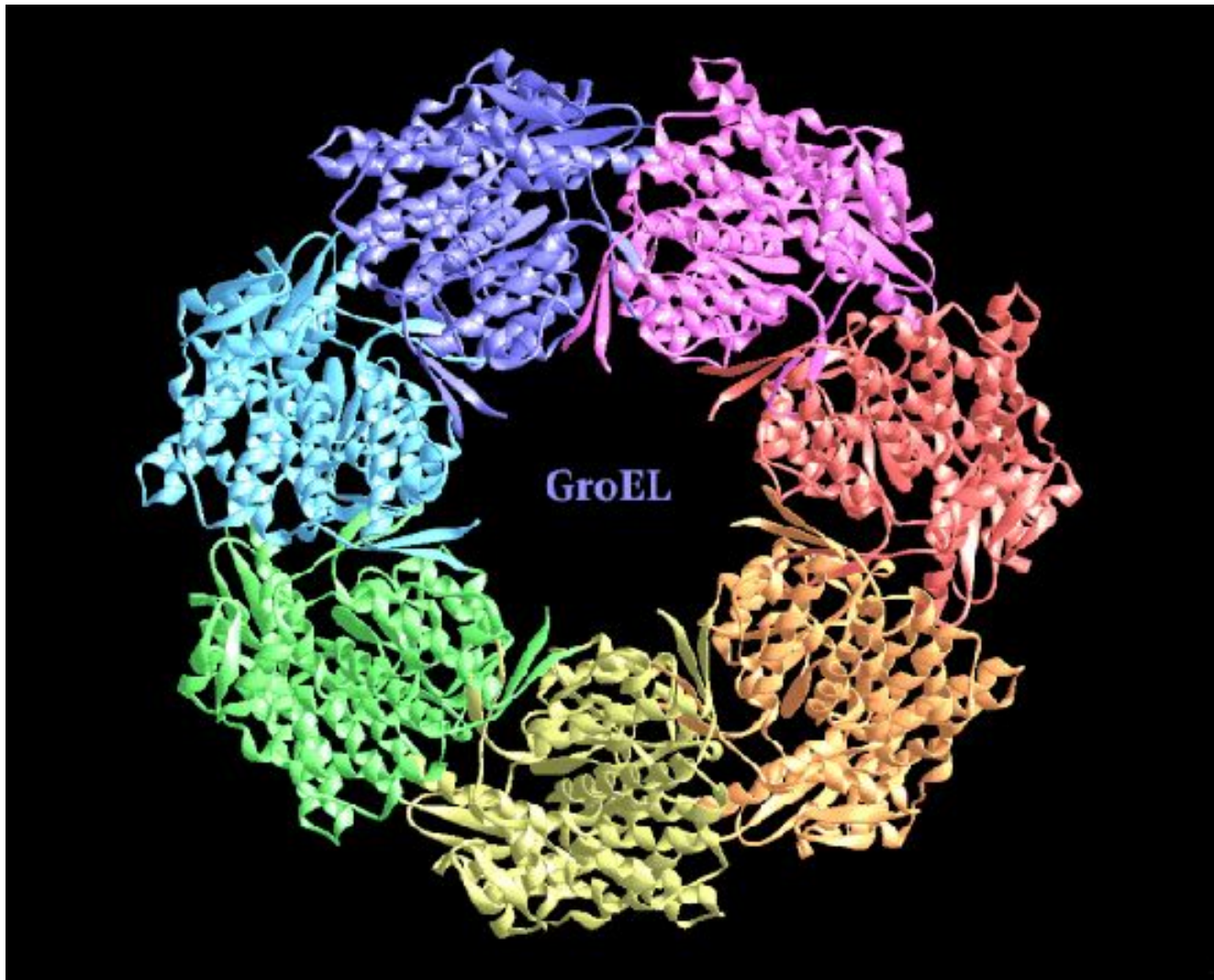
Укладка Россманна (альфа/бета)

(NAD-связывающий домен малатдегидрогеназы)

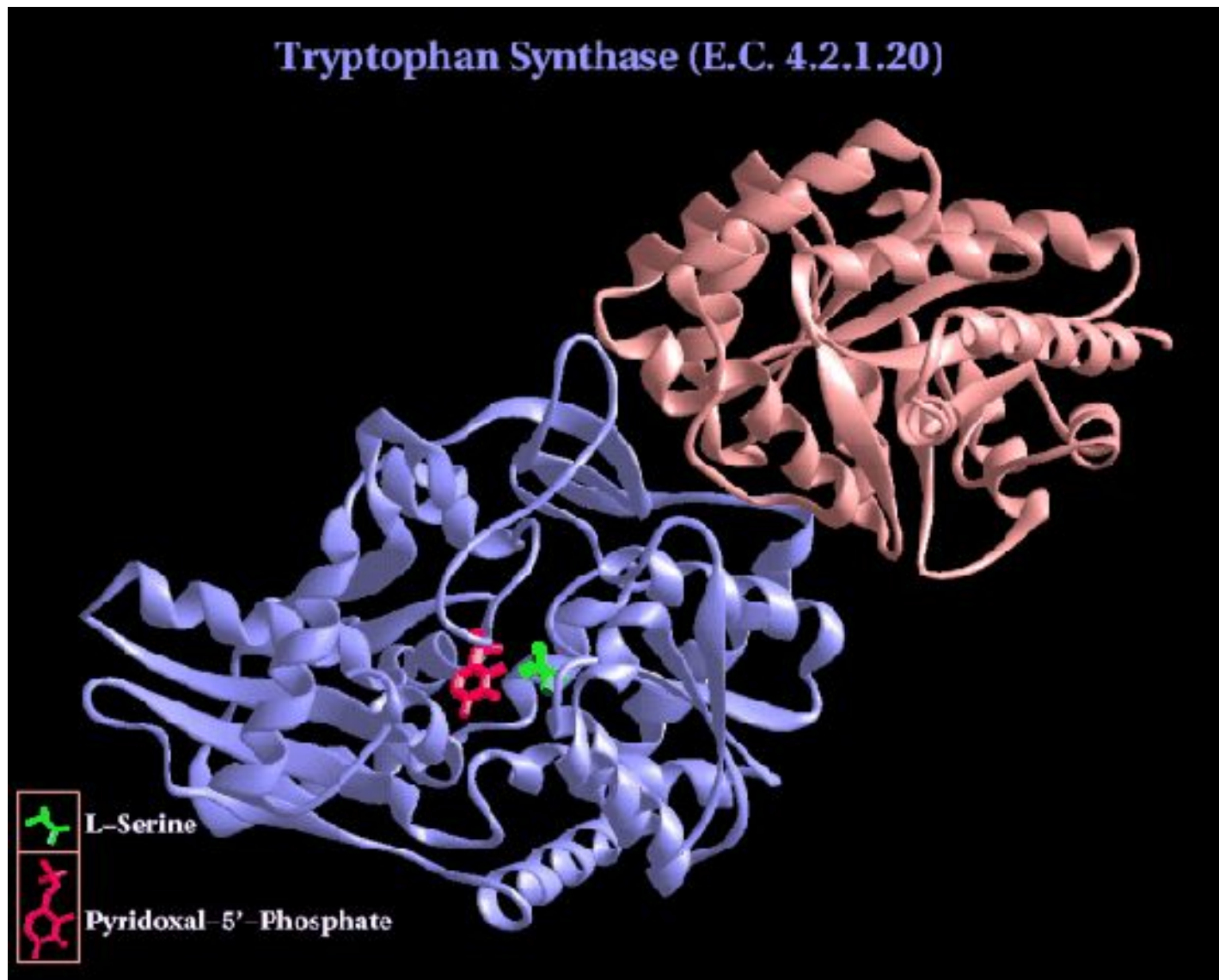
The Rossman fold



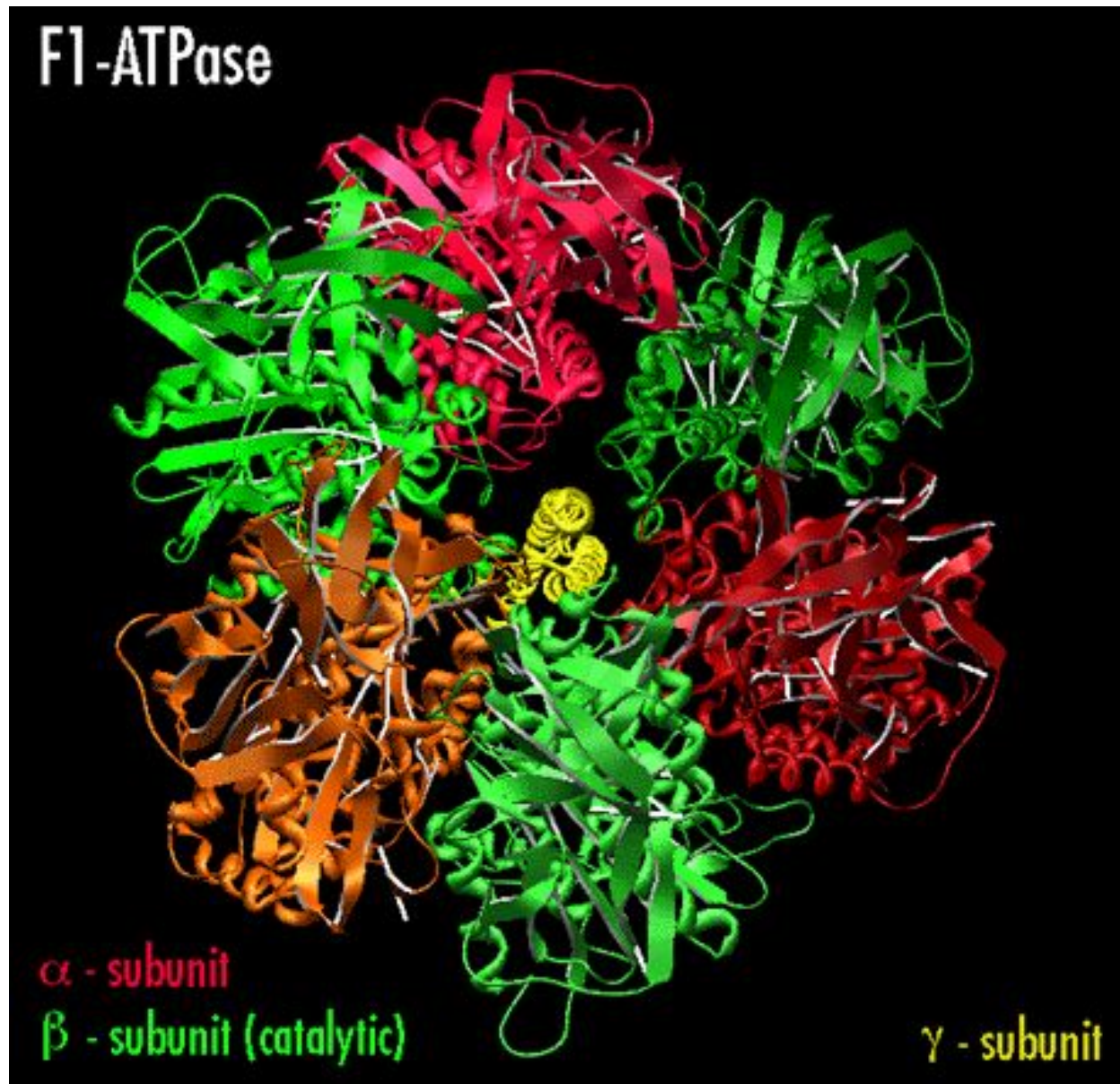
Гомомультимер (GroEL)



Гетеродимер (триптофан-синтаза)

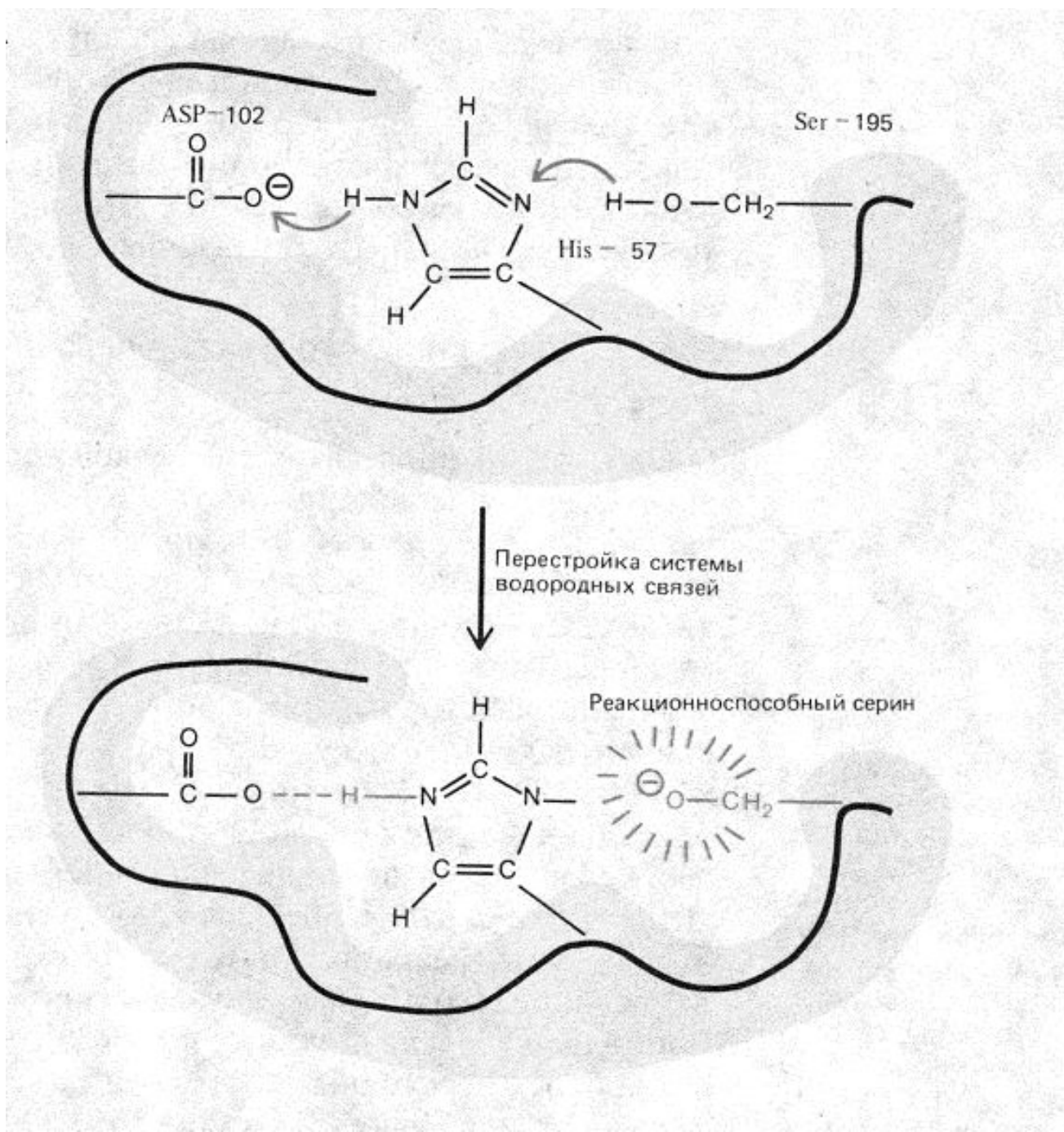


Сложный мультимер (F1-АТФаза)

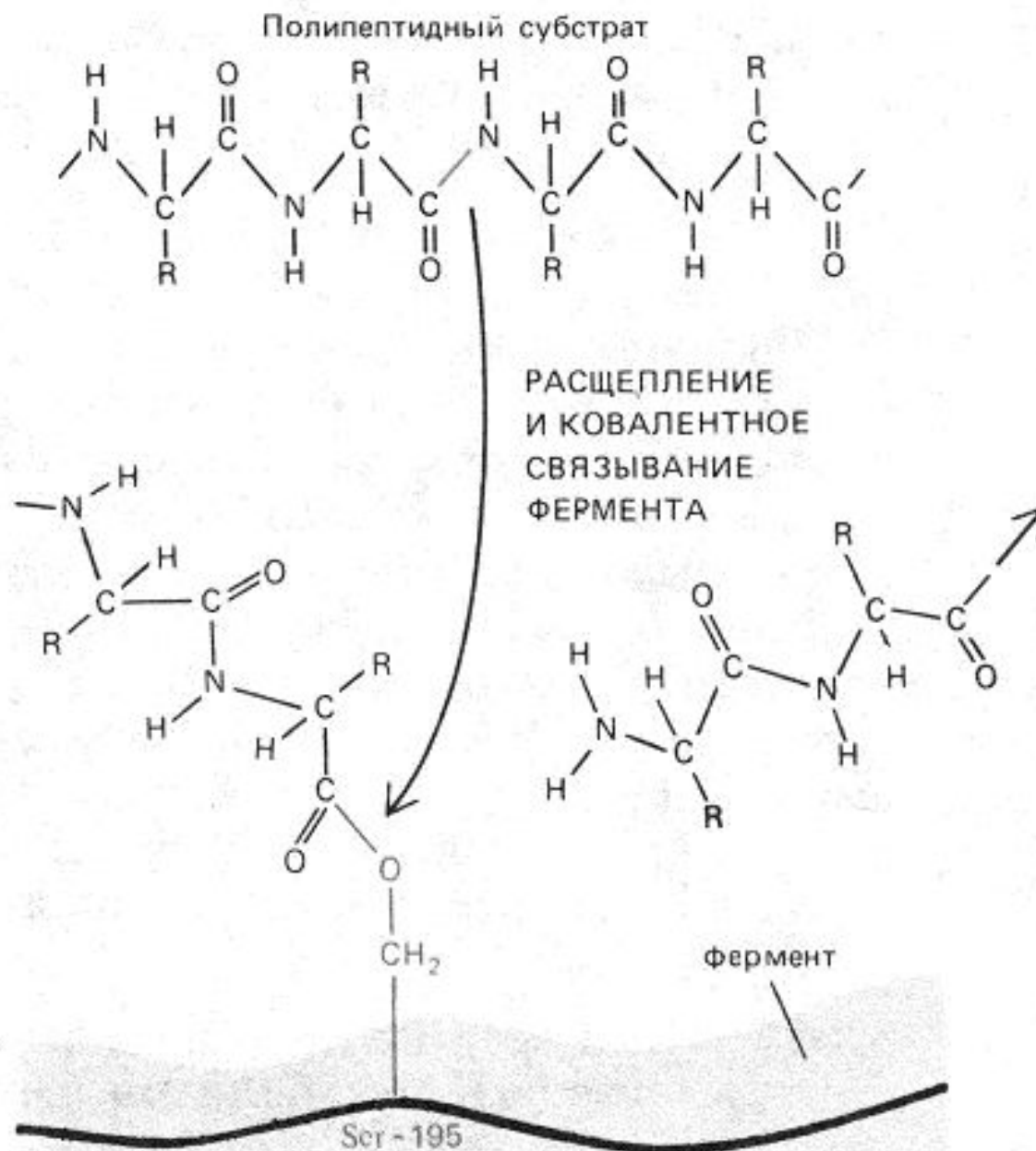


Пример фермента: сериновые протеазы.

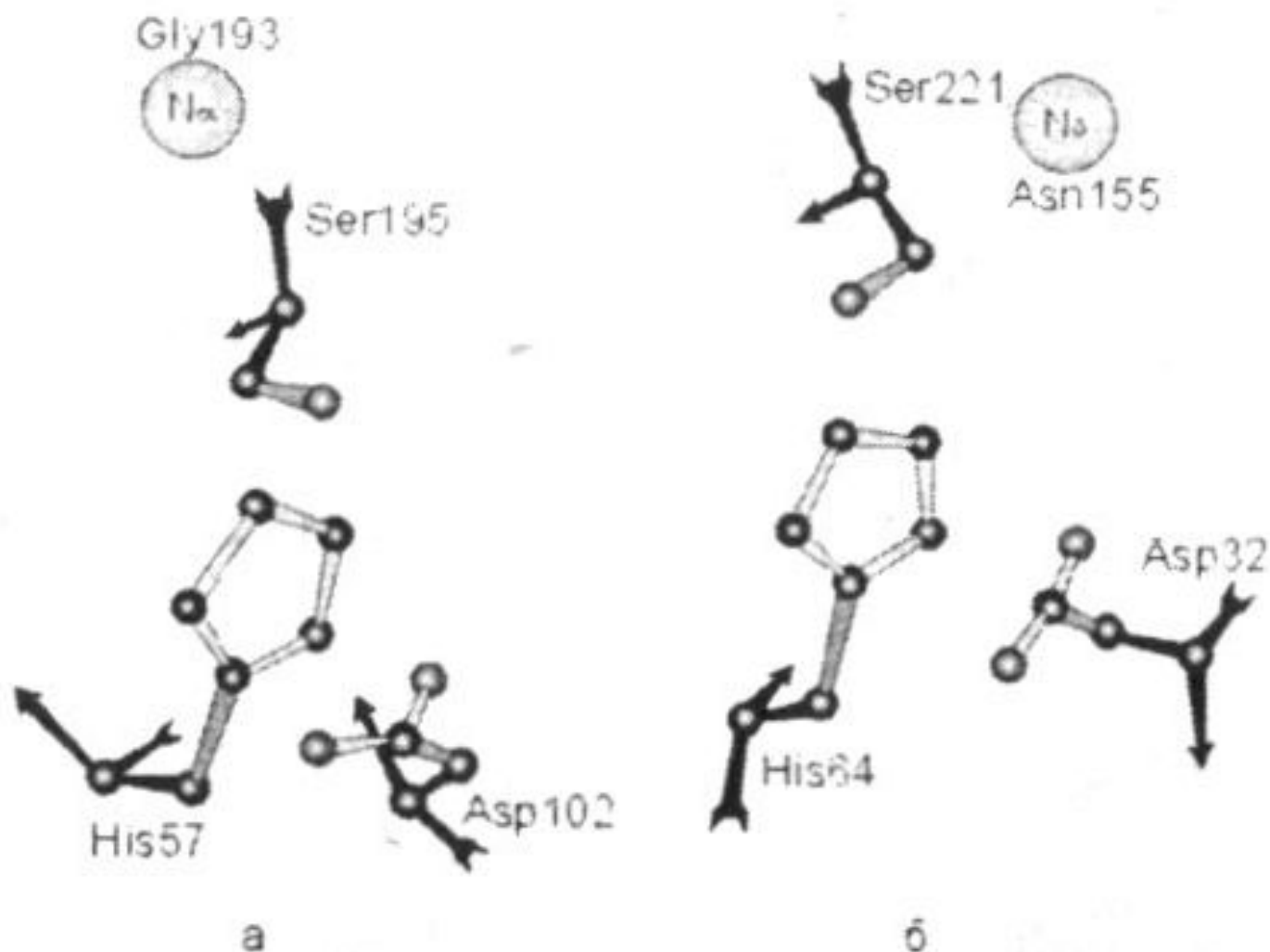
1. Перенос заряда и образование активного серина



2. Катализ – разрыв пептидной связи (первая стадия)

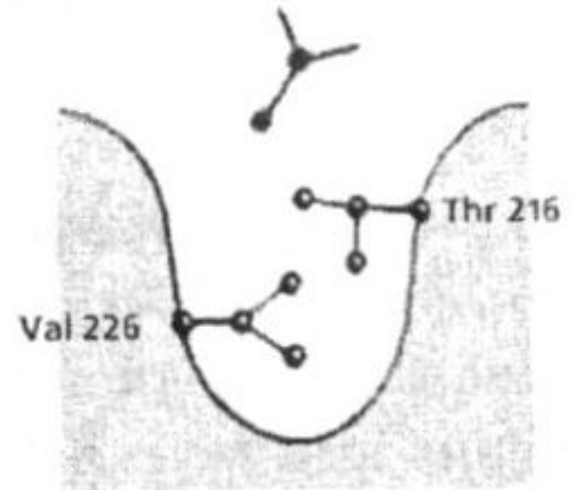
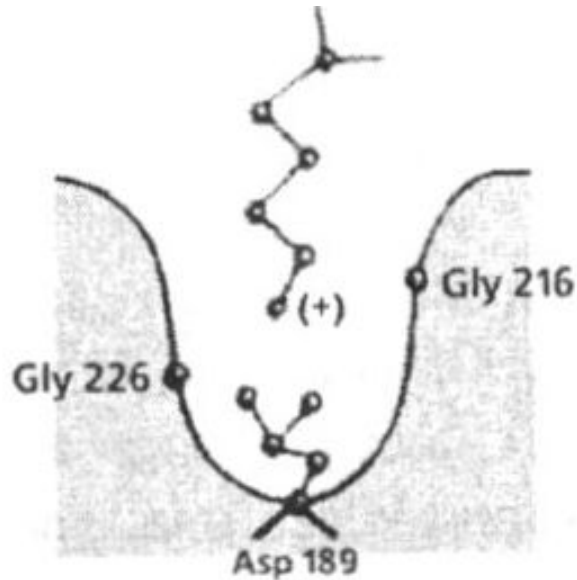
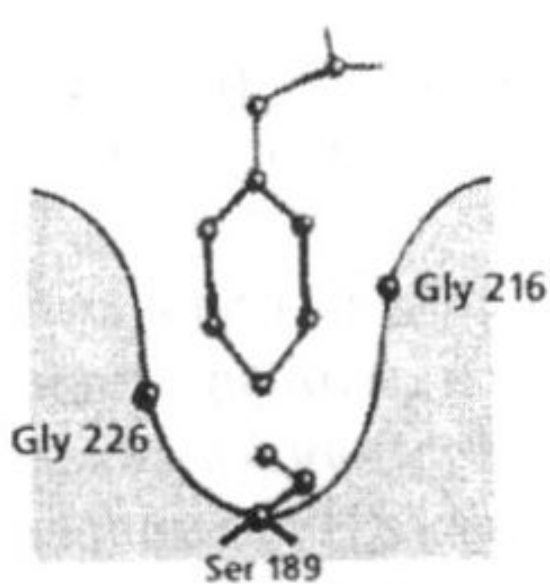


Активный центр различных сериновых протеаз (трипсин и субтилизин)

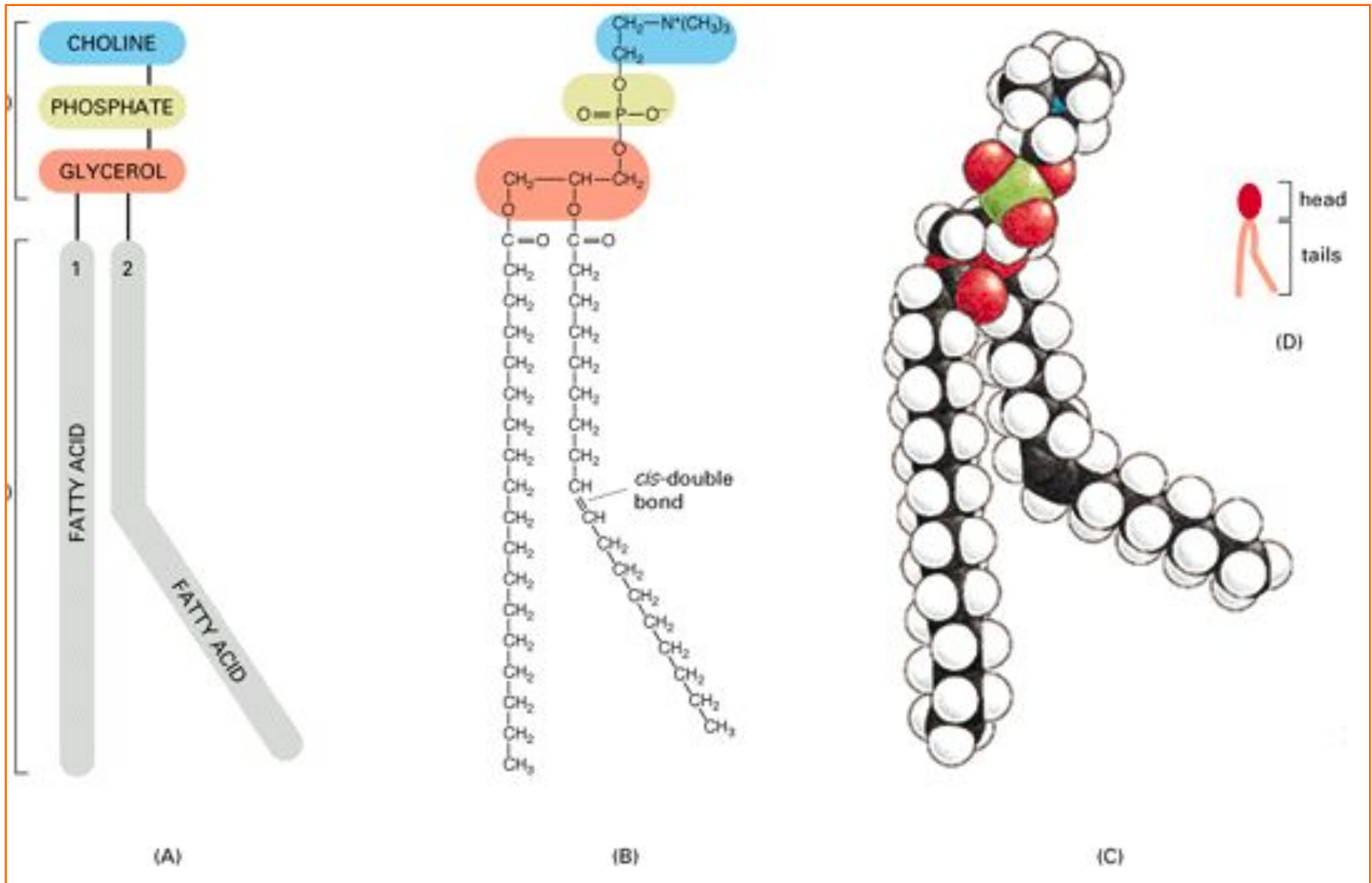


Специфичность узнавания субстрата:

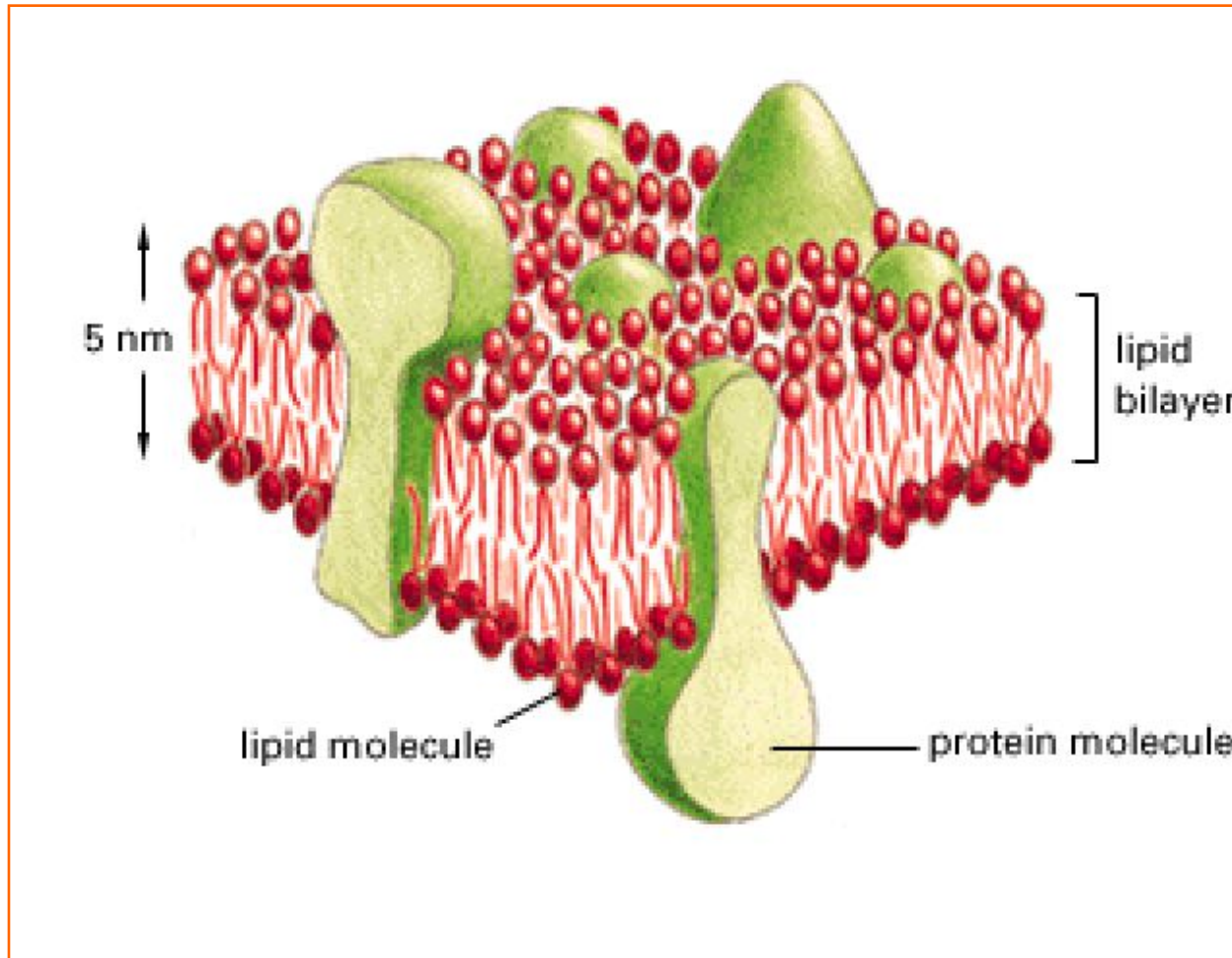
- химотрипсин – после ароматических
- трипсин – после положительно заряженных
- эластаза – после маленьких



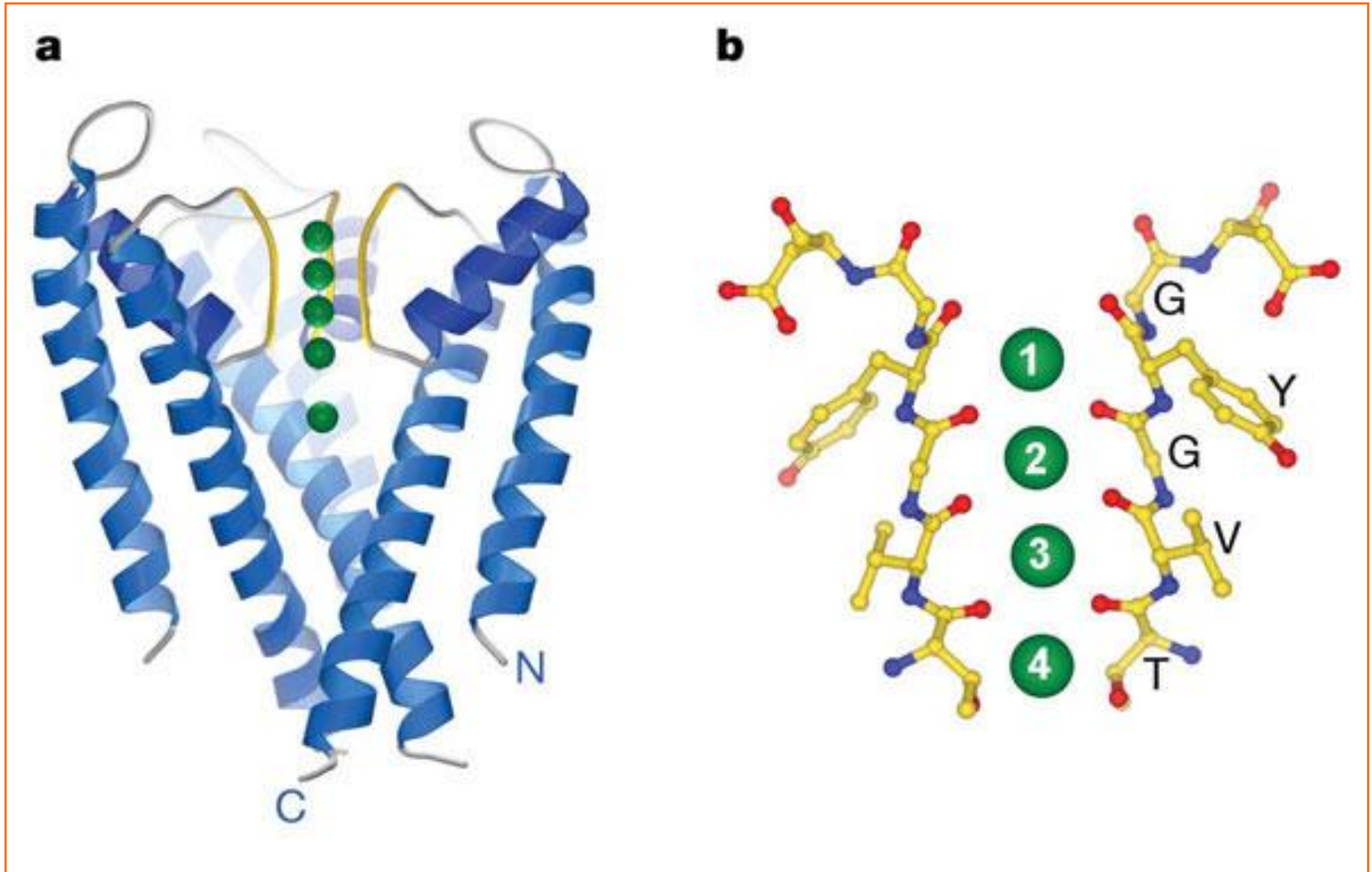
Структура фосфолипида



Вид биологической мембраны



Мембранный белок - калиевый канал



2. ФУНКЦИИ

(в следующей серии)