



# $\alpha$ -АМИНОКИСЛОТЫ, ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

# ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

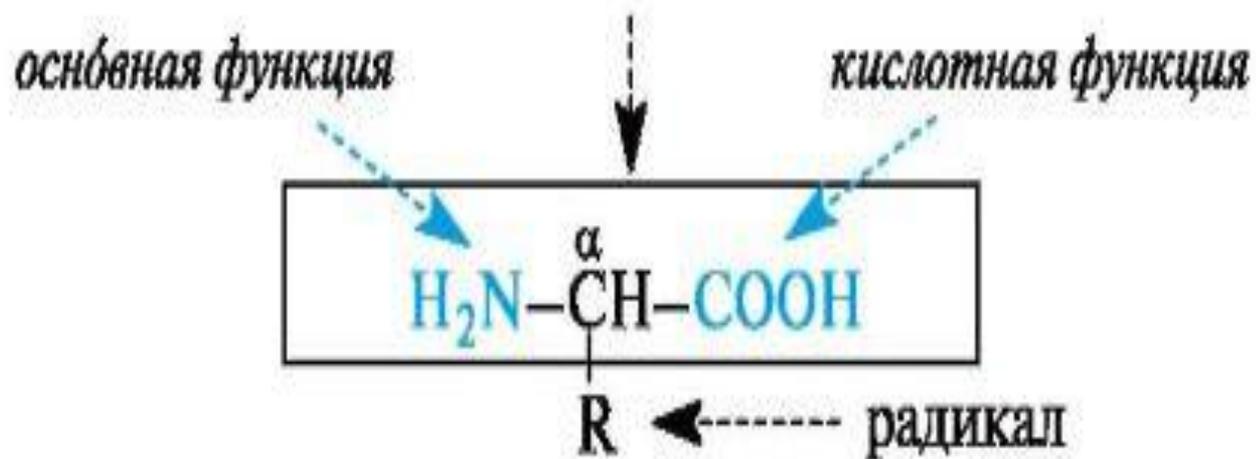
Белки – (от греч. proteios - первый)

В зависимости от молекулярной массы различают пептиды и белки

Полимерная цепь состоит из  $\alpha$ -аминокислот

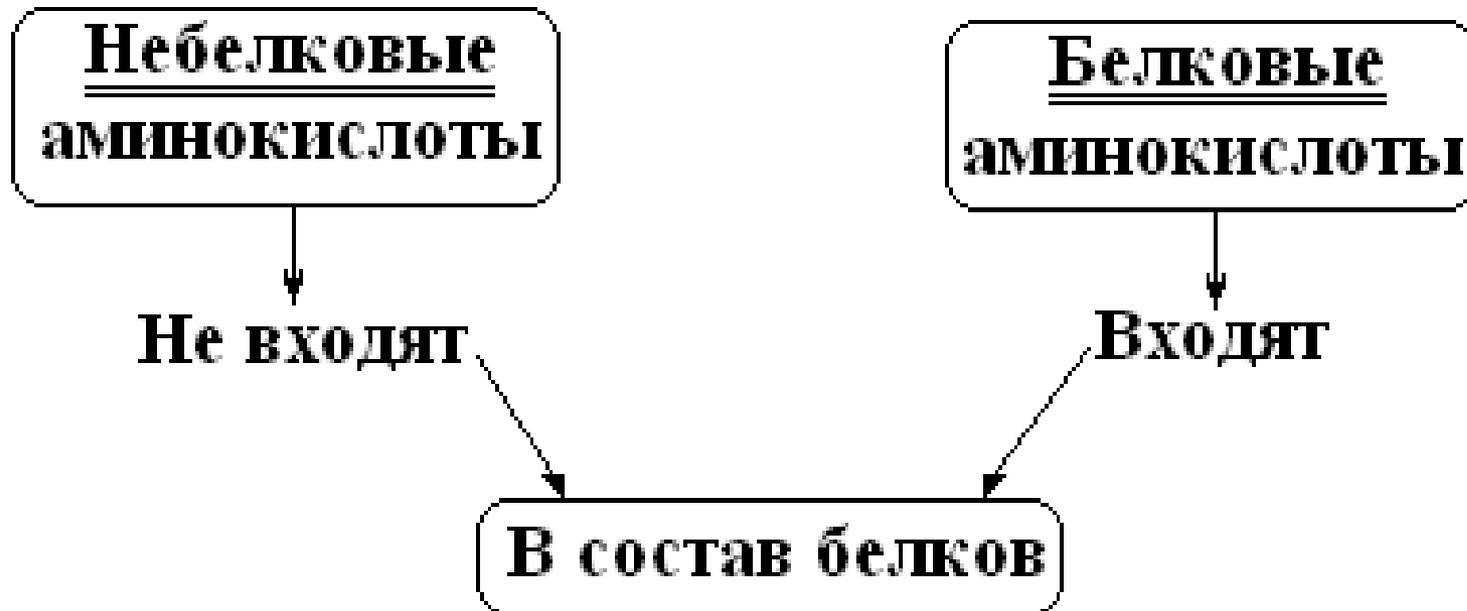
# АМИНОКИСЛОТЫ

это карбоновые кислоты, у которых один или несколько атомов водорода заменены аминогруппой



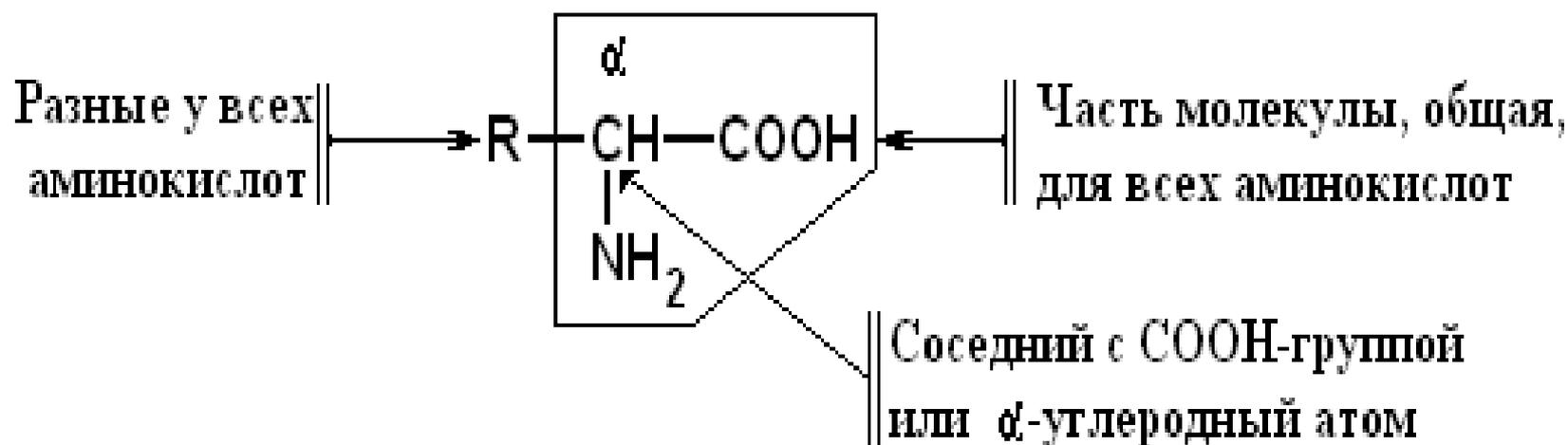
# АМИНОКИСЛОТЫ

- Известно свыше 150 различных аминокислот
- Белки построены из 20 различных белковых аминокислот



# Строение белковых аминокислот

## ОБЩАЯ ФОРМУЛА БЕЛКОВОЙ АМИНОКИСЛОТЫ



Все белковые аминокислоты -  
α-аминокислоты

# 1. Классификация белковых аминокислот

Все 20 аминокислот делят на 4 группы по свойствам радикала – отношению к воде и заряду.

**Гидрофобные** – не «любят», отталкивают воду, в воде не растворяются

**Гидрофильные** – «любят» воду, растворяются в воде



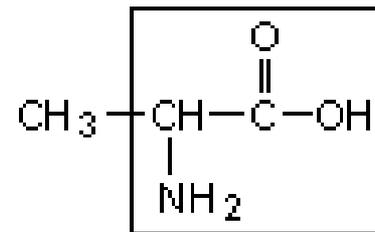
# Номенклатура аминокислот

Все белковые аминокислоты называют, используя тривиальную номенклатуру. Названия чаще всего связаны с источником выделения аминокислоты

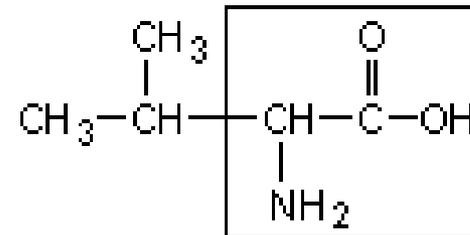
# Аминокислоты с гидрофобным радикалом

содержат группы  $-\text{CH}_2-$ ,  $-\text{CH}_3$  или ароматические кольца

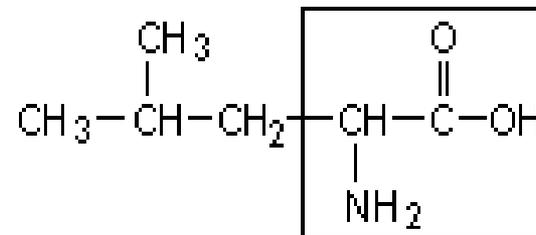
Аланин - ала



Валин - вал



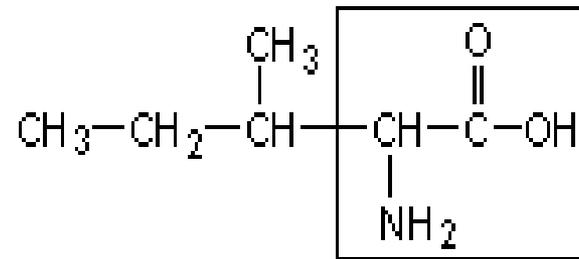
Лейцин - лей



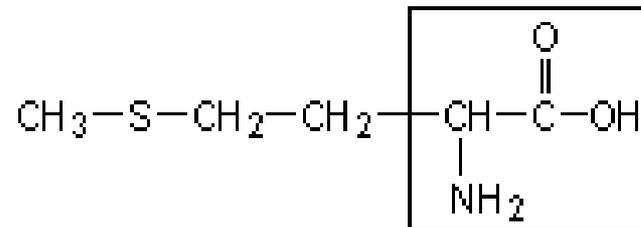
# Аминокислоты с гидрофобным радикалом

содержат группы  $-\text{CH}_2-$ ,  $-\text{CH}_3$  или ароматические кольца

Изолейцин - иле



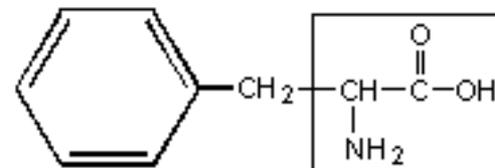
Метионин - мет



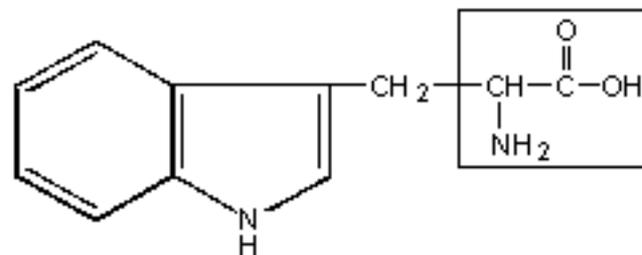
# Аминокислоты с гидрофобным радикалом

содержат группы  $-\text{CH}_2-$ ,  $-\text{CH}_3$  или ароматические кольца

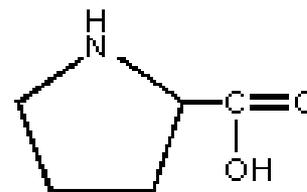
Фенилаланин - фен



Триптофан – три

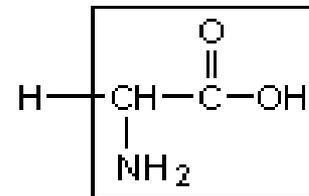


Пролин - про



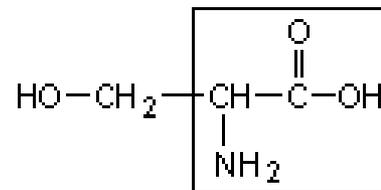
# Аминокислоты с гидрофильным не заряженным радикалом

Глицин - гли

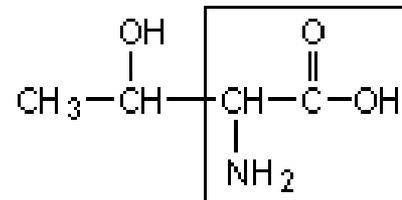


Серин – сер

от лат. *sericus* — шелковистый  
входит в состав фиброина

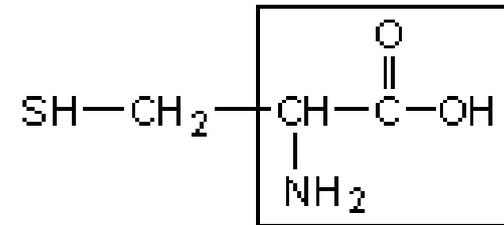


Треонин - тре



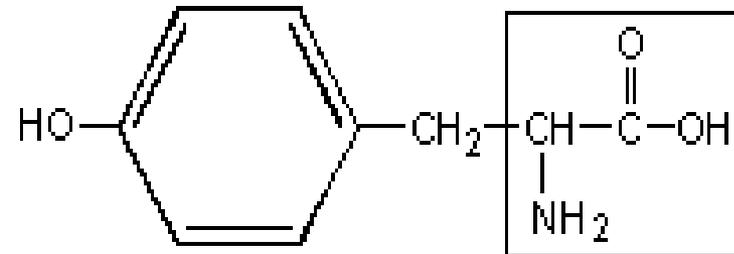
# Аминокислоты с гидрофильным не заряженным радикалом

Цистеин - цис



Тирозин – тир

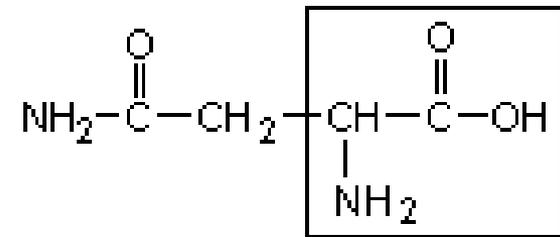
впервые выделен из сыра  
от греч. tyros - сыр



# Аминокислоты с гидрофильным не заряженным радикалом

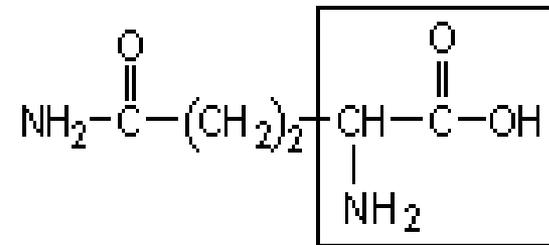
Аспарагин – асп

Выделен из ростков спаржи  
от лат. asparagus - спаржа



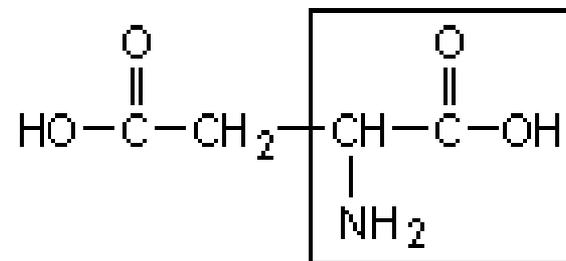
Глутамин – глн

Выделен из злаковой  
клейковины  
от нем. Gluten - клей

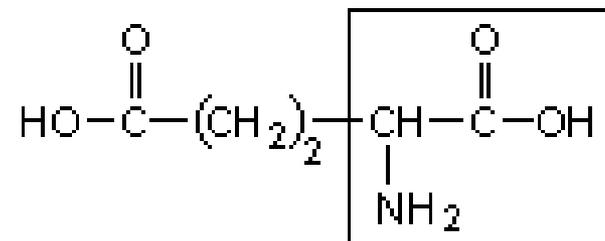


# Аминокислоты с гидрофильным, заряженным отрицательно, радикалом

Аспарагиновая кислота – асп

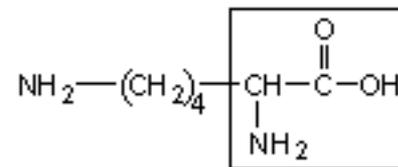


Глутаминовая кислота – глу

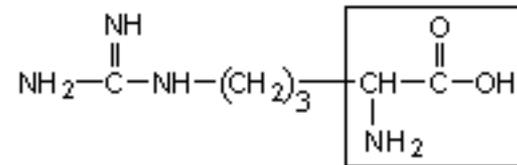


# Аминокислоты с гидрофильным, заряженным положительно, радикалом

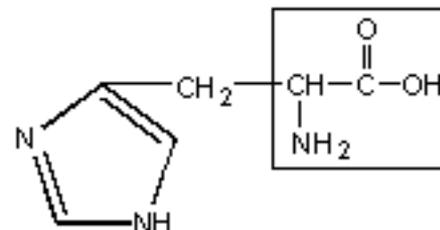
Лизин – лиз



Аргинин – арг



Гистидин – гис



## 2. Классификация белковых аминокислот

Все 20 аминокислот делят на 3 группы по химической природе радикала

**Алифатические** (лейцин, аланин, валин, лейцин, изолейцин)

**Ароматические** (фенилаланин, тирозин)

**Гетероциклические** (триптофан, гистидин, пролин)

# Классификация алифатических аминокислот

В зависимости от числа карбоксильных групп и аминогрупп

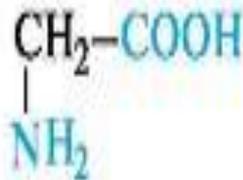
**нейтральные** аминокислоты - по одной группе  $\text{NH}_2$  и  $\text{COOH}$

**основные** аминокислоты - две группы  $\text{NH}_2$  и одна группа и  $\text{COOH}$

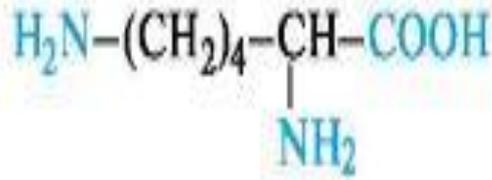
**кислые** аминокислоты - одна группа  $\text{NH}_2$  и две группы  $\text{COOH}$

# Классификация алифатических аминокислот

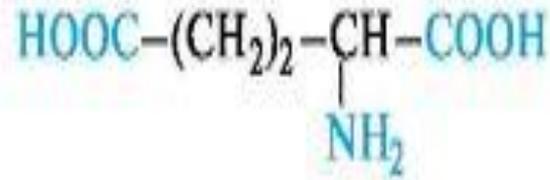
В зависимости от числа карбоксильных групп и аминогрупп в



глицин  
(нейтральная)



лизин  
(основная)



глутаминовая кислота  
(кислая)

# Классификация алифатических аминокислот

В алифатическом радикале могут содержаться «дополнительные» функциональные группы

**Гидроксильные** — серин, треонин

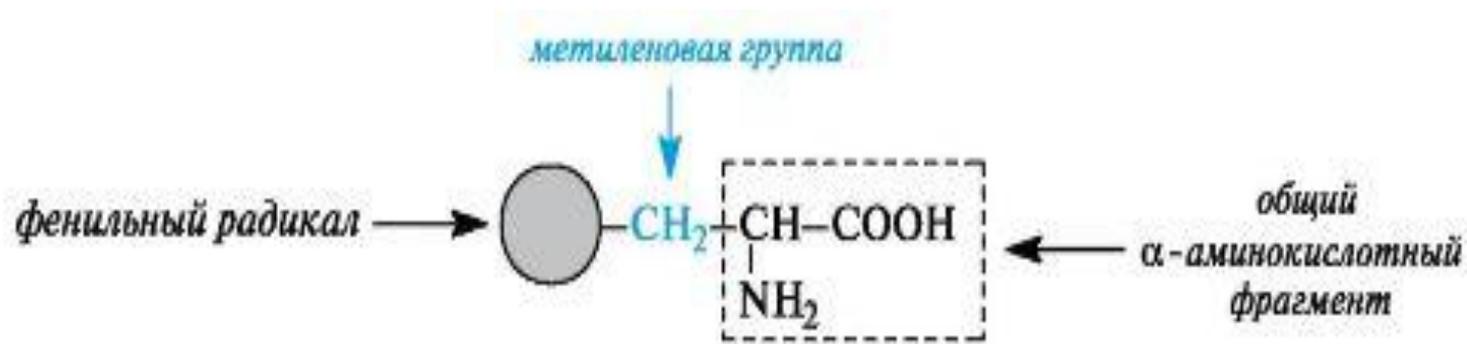
**Карбоксильная** — аспарагиновая и глутаминовая кислоты

**Тиольная** — цистеин (HS), метионин (CH<sub>3</sub>S)

**Амидная** — аспарагин, глутамин

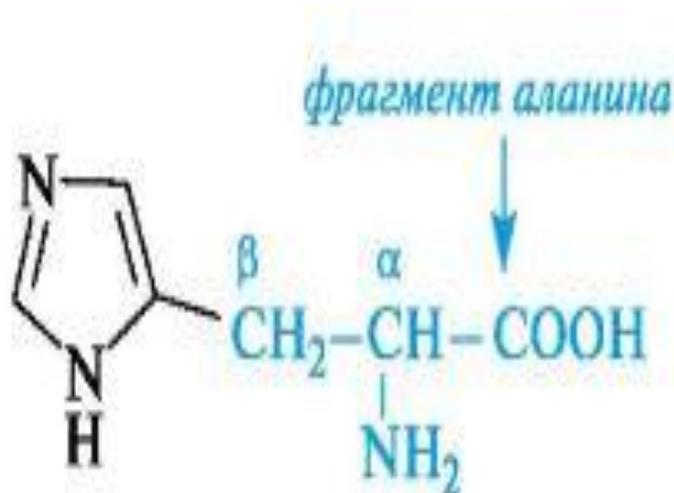
# Ароматические аминокислоты

К этой группе относятся **фенилаланин** и **тирозин**, построенные таким образом, что бензольные кольца в них отделены от общего  $\alpha$ -аминокислотного фрагмента метиленовой группой  $-\text{CH}_2-$ .

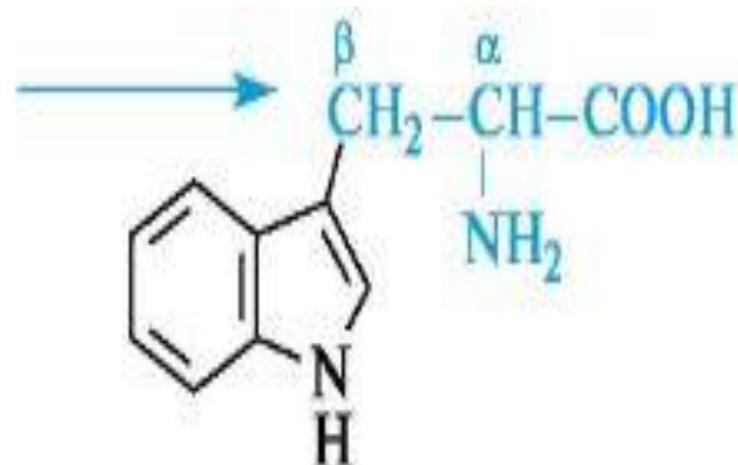


# Гетероциклические аминокислоты

К этой группе относятся **гистидин** и **триптофан**



$\beta$ -(имидазол-5-ил)аланин,  
гистидин

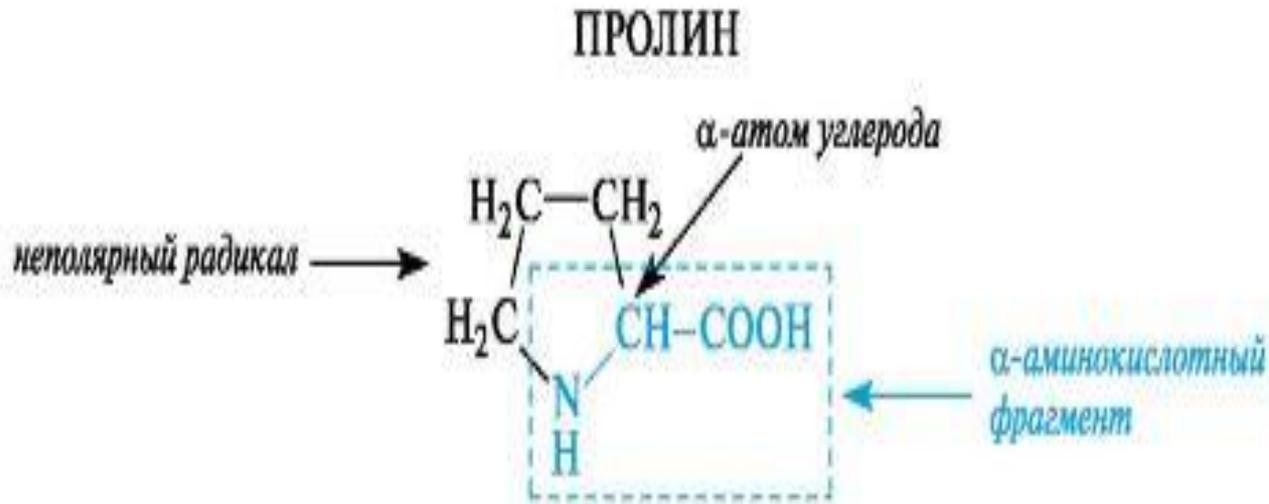


$\beta$ -(индол-3-ил)аланин,  
триптофан

# Гетероциклические аминокислоты

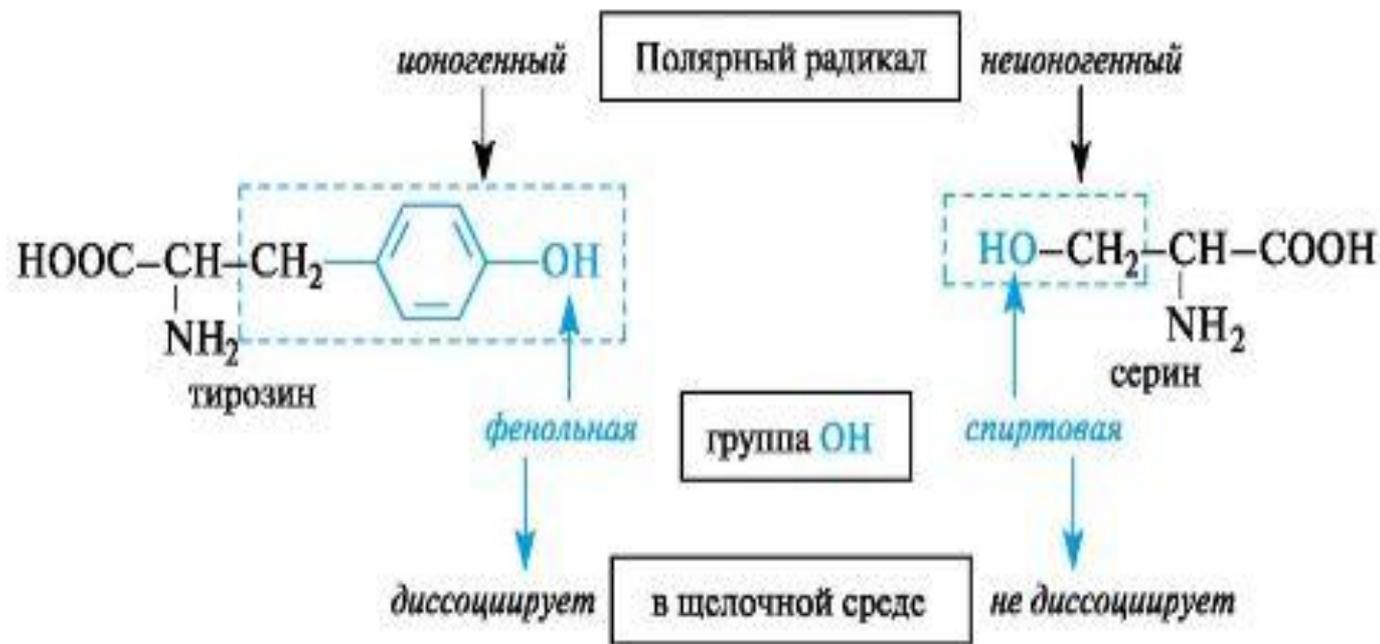
Аминокислота **пролин** - в состав пирролидинового кольца включена вторичная аминогруппа

цикла.



# Классификация аминокислот

В зависимости от бокового радикала выделяют аминокислоты с **неполярными (гидрофобными)** радикалами и аминокислоты с **полярными (гидрофильными) радикалами**



# Классификация аминокислот

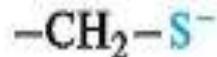
Полярные аминокислоты с ионогенными группами в радикалах в определенных условиях могут находиться в ионном (**анионном или катионном**) состоянии

кислота

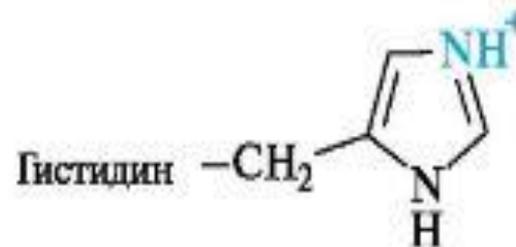
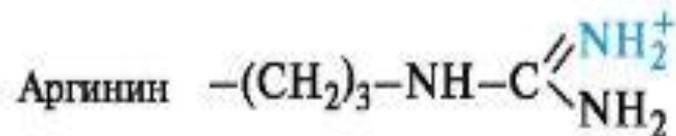
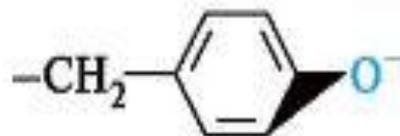
Глутаминовая  
кислота



Цистеин



Тирозин



# 3. Классификация аминокислот

Многие  $\alpha$ -аминокислоты синтезируются в организме. *Некоторые аминокислоты, необходимые для синтеза белков, в организме не образуются и должны поступать извне. Такие аминокислоты называют **незаменимыми**.*

Их восемь:

*валин, изолейцин, метионин, триптофан, лейцин, лизин, треонин, фенилаланин.*

# Кислотно-основные свойства аминокислот

Аминокислоты – это кристаллические вещества хорошо растворимые в воде.

Кристаллические аминокислоты плавятся при сравнительно высоких температурах (обычно выше  $200^{\circ}\text{C}$ ).

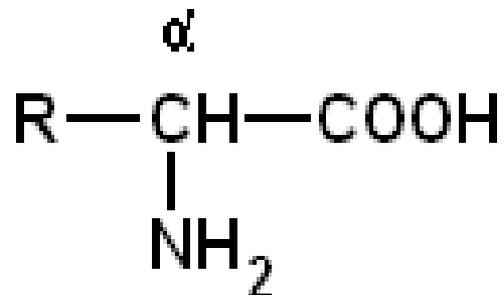
Аминокислоты кристаллизуются из нейтральных растворов в виде биполярных ионов, которые называют **цвиттерионами**

# Кислотно-основные свойства аминокислот

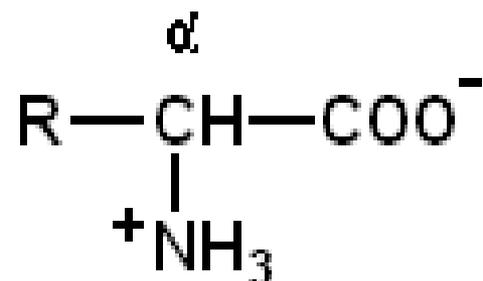
В кристаллической решётке, состоящей из молекул аминокислот, возникают электростатические взаимодействия между противоположно заряженными группами, что стабилизирует кристалл.

В растворах все аминокислоты существуют в форме разных ионов и заряд ионов зависит от pH раствора.

# Кислотно-основные свойства аминокислот



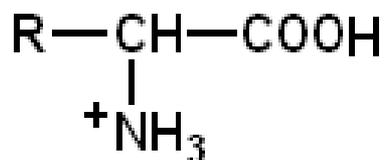
Недиссоциированная  
форма аминокислоты



Биполярная, цвиттерионная  
форма аминокислоты

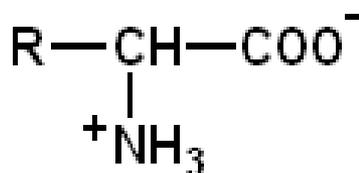
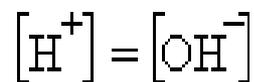
# Кислотно-основные свойства аминокислот

Сильнокислое рН



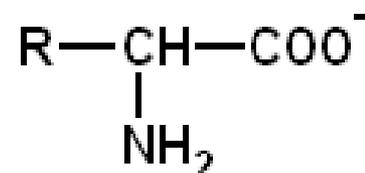
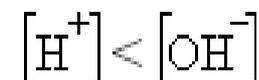
Катион

Нейтральное рН

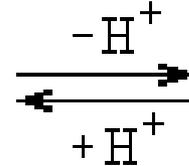
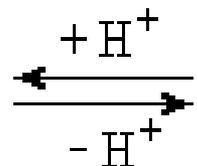


Биполярный ион

Сильнощелочное рН

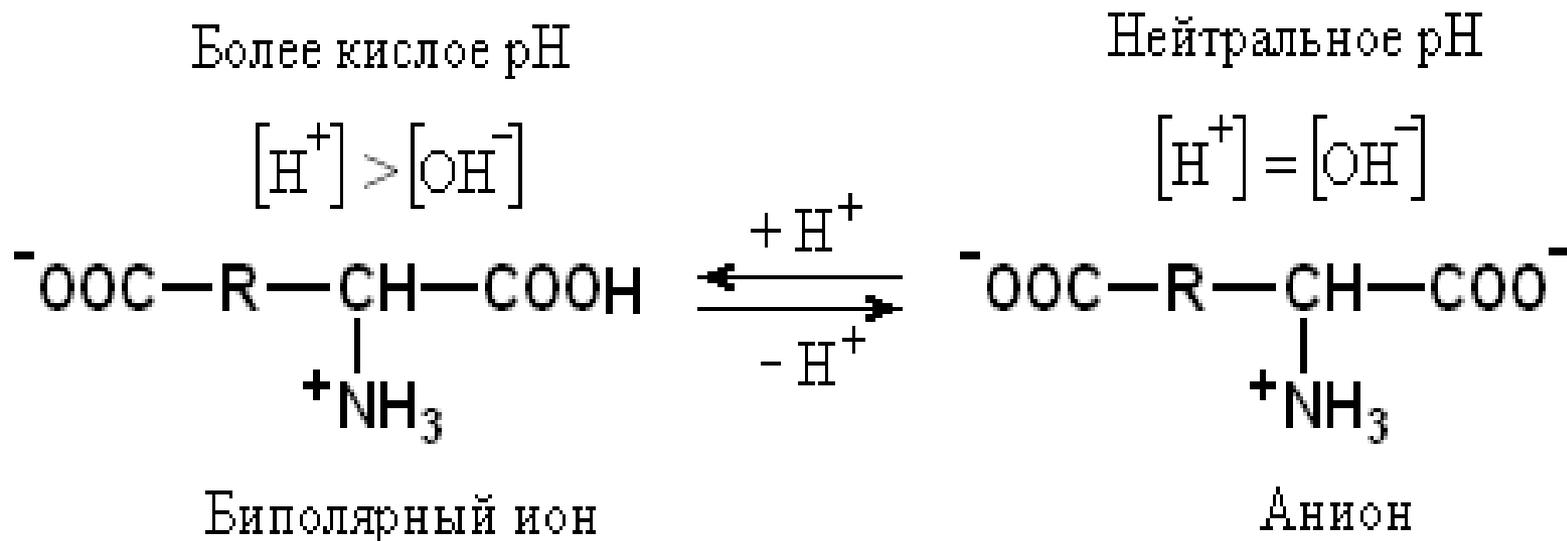


Анион



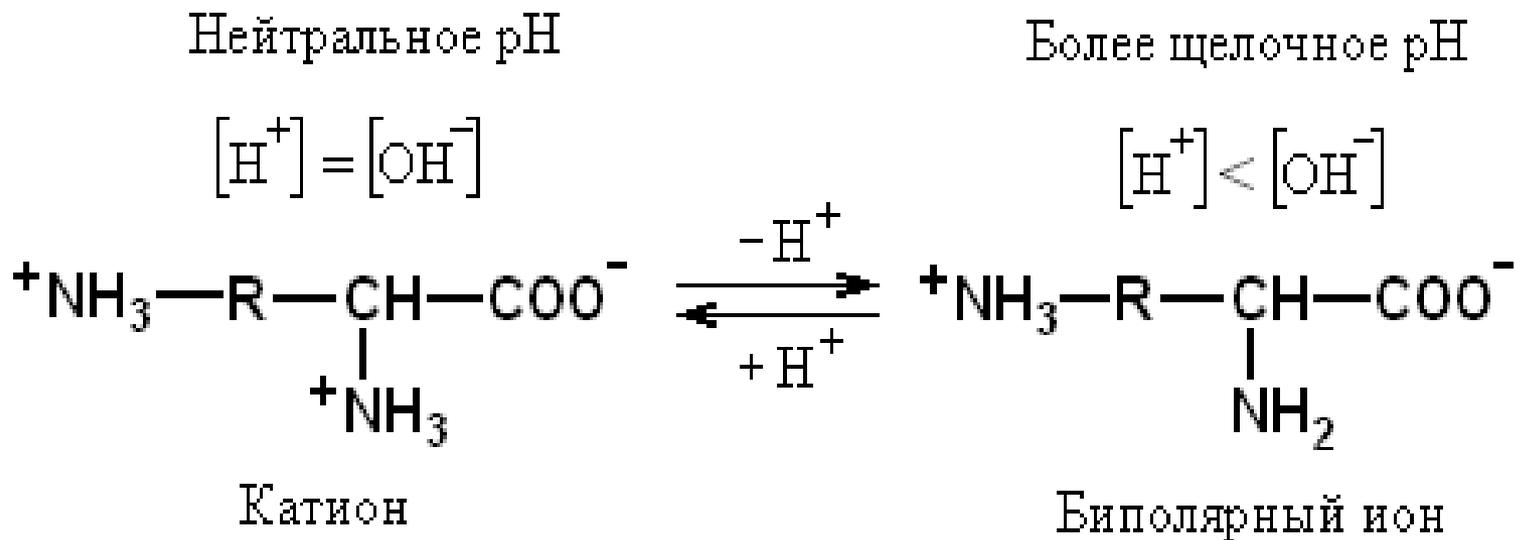
# Кислотно-основные свойства аминокислот

Если в боковой цепи будет дополнительная кислотная группа, то образование формы биполярного иона сместится от нейтрального рН в более кислую сторону.



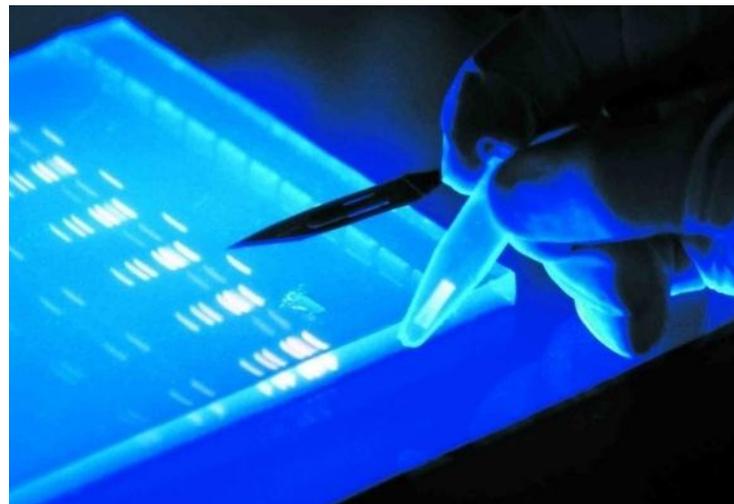
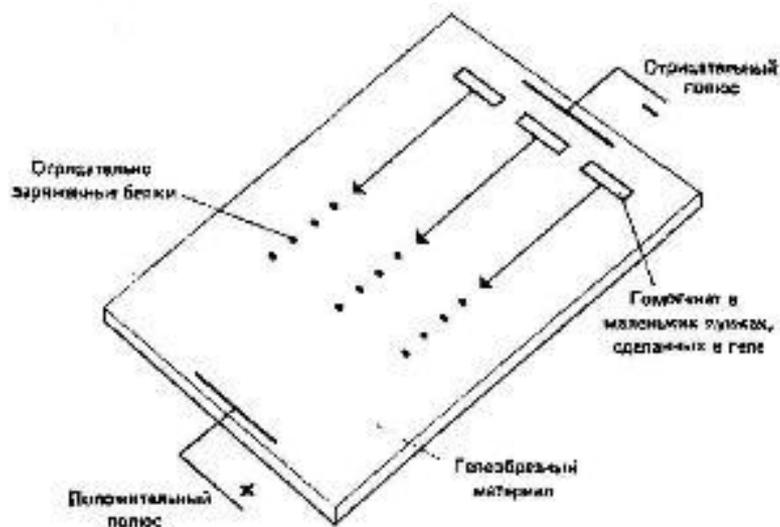
# Кислотно-основные свойства аминокислот

При наличии в боковой цепи **основной группы** биполярный ион будет преобладать при более щелочном значении pH.



# Изоэлектрическая точка аминокислоты

это такое значение рН раствора, при котором преобладающей формой будет биполярный ион аминокислоты. В электрическом поле такой ион не будет перемещаться ни к аноду, ни к катоду.



# Химические свойства аминокислот

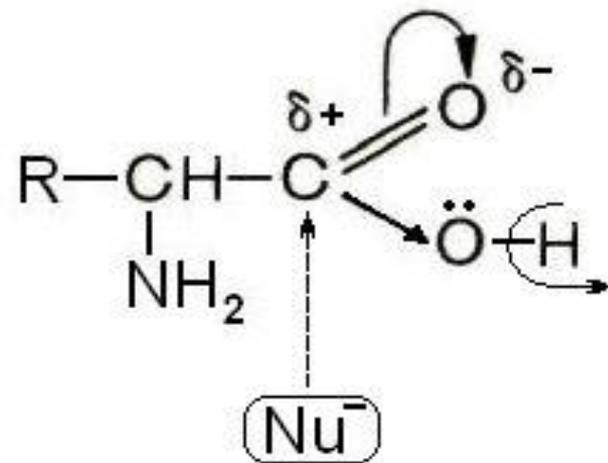
Все химические свойства аминокислот обусловлены наличием в молекулах нескольких реакционноспособных групп.

Все реакции аминокислот можно разбить на три группы:

- 1) по карбоксильной группе;
- 2) по аминогруппе и
- 3) по функциональным группам радикала.

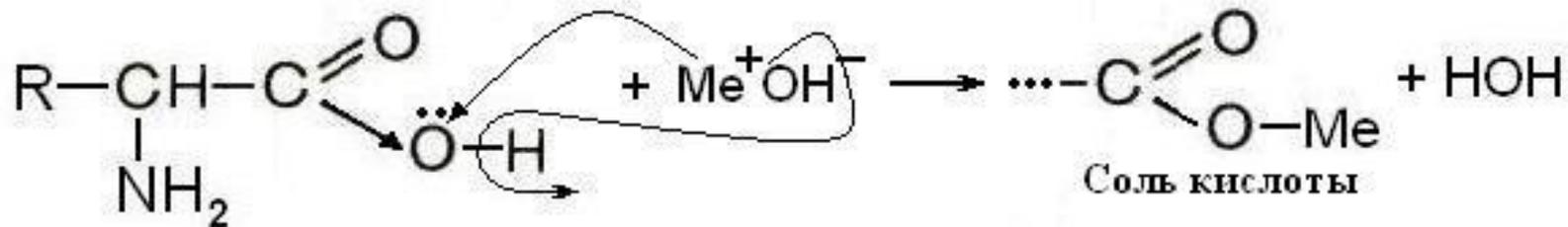
# Реакции по карбоксильной группе аминокислот

Более электроотрицательный атом кислорода смещает на себя электронную плотность связи и на атоме углерода возникает электрофильный центр (заряд  $\delta^+$ ). В результате: а) частицы с отрицательным зарядом (Nu) могут замещать ОН-группу; б) протон водорода в гидроксигруппе легко отрывается и замещается, например, на атом металла (проявление кислотных свойств).



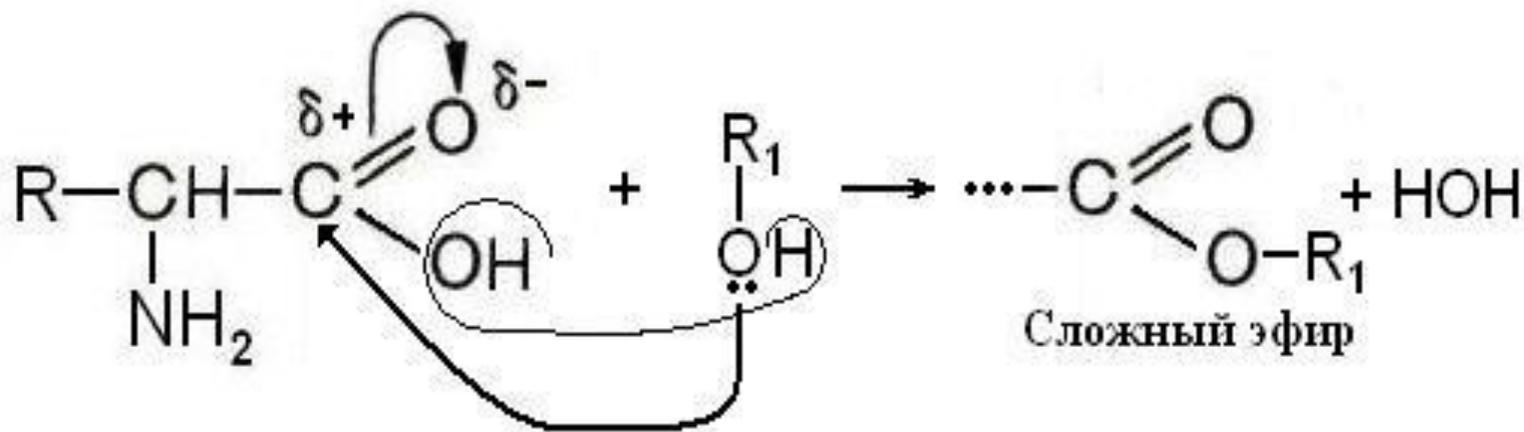
# Реакции по карбоксильной группе аминокислот

а) Кислотные свойства (взаимодействие с основаниями и образование солей)



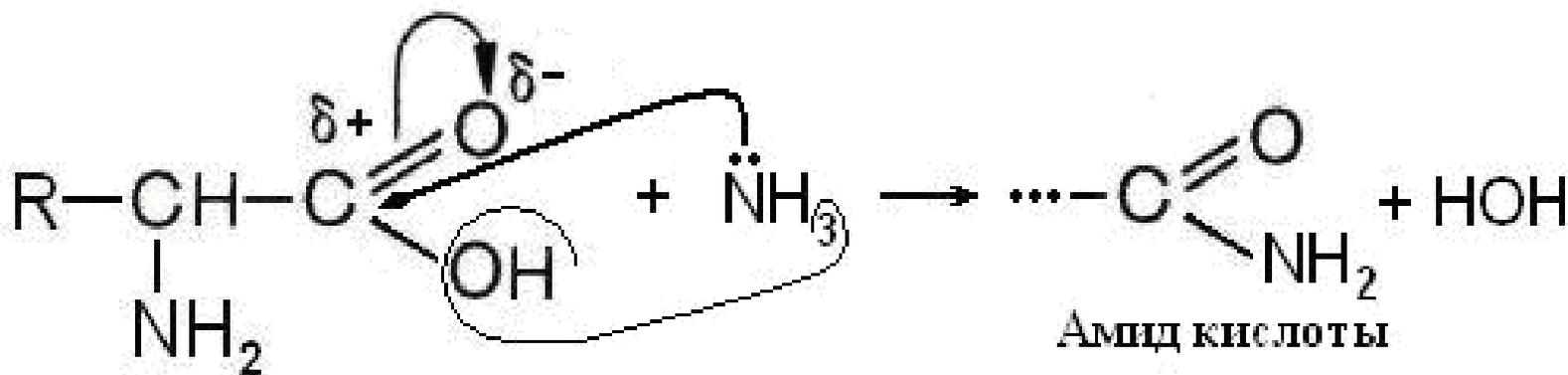
# Реакции по карбоксильной группе аминокислот

б) Образование сложных эфиров (реакции со спиртами)



# Реакции по карбоксильной группе аминокислот

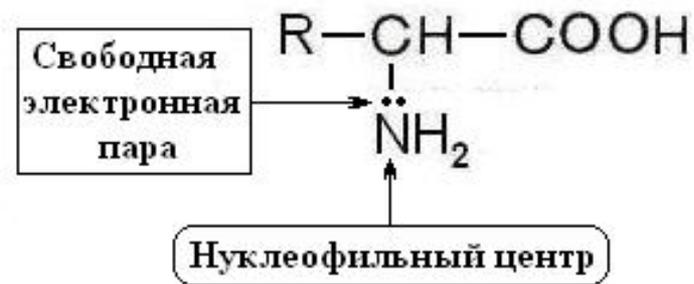
в) Образование амидов кислот (реакция с аммиаком)



# Реакции по аминогруппе аминокислот

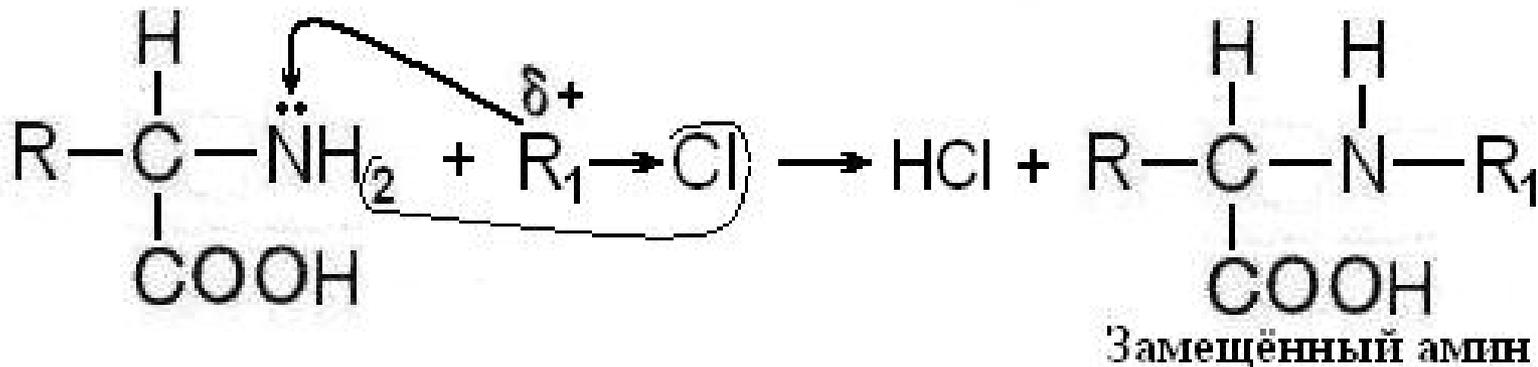
Азот аминогруппы, благодаря своей свободной электронной паре, является нуклеофильным центром.

С этим центром могут взаимодействовать электрофилы (реагенты с целым или частичным, положительным зарядом).



# Реакции по аминогруппе аминокислот

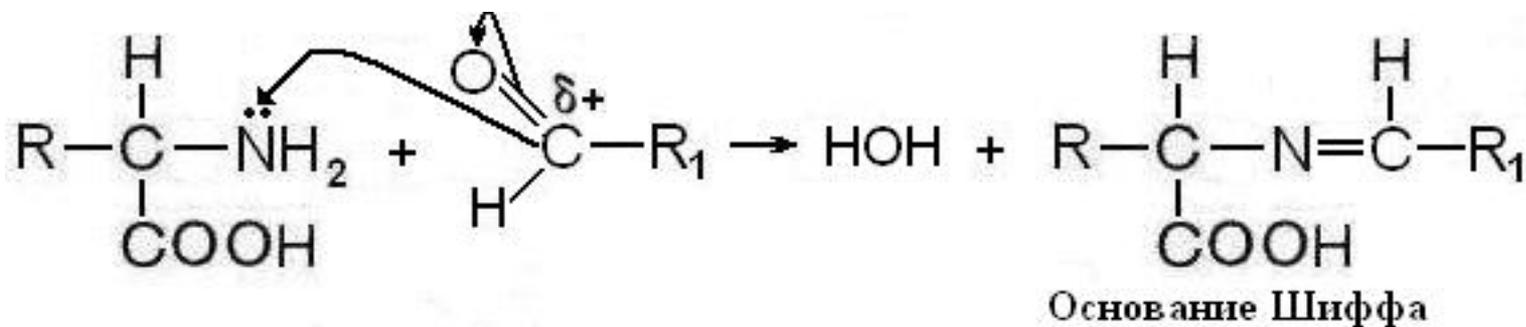
а) Образование замещённых аминов (реакция с галоген-алкилами)





# Реакции по аминогруппе аминокислот

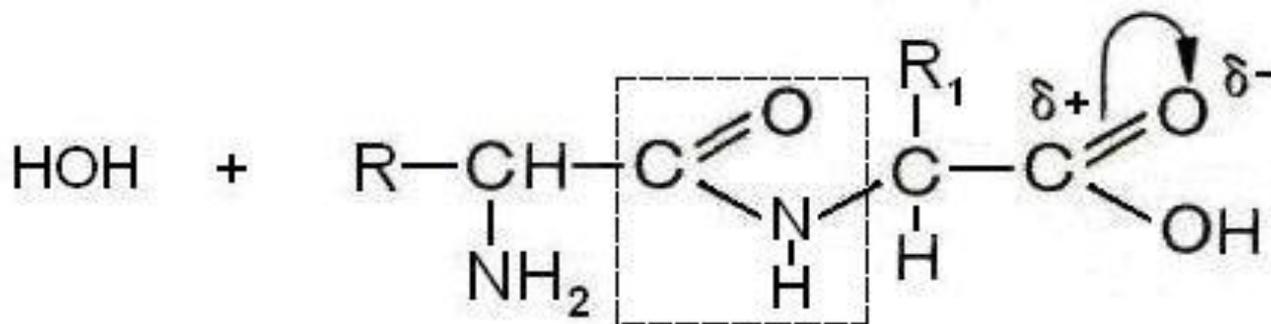
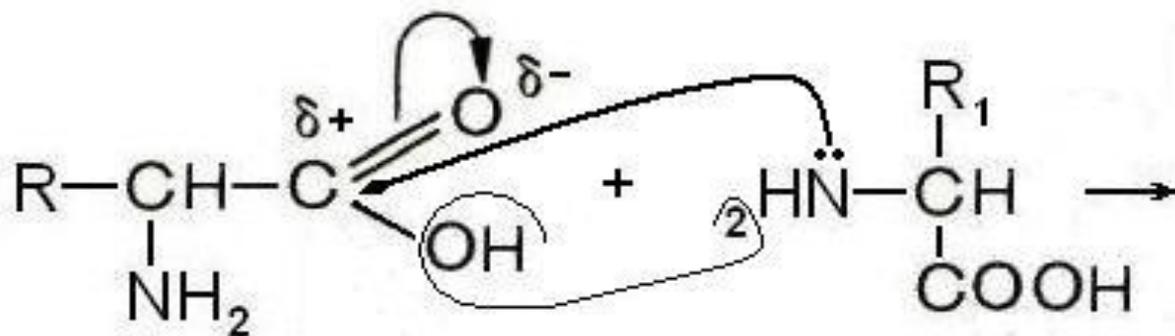
в) Образование оснований Шиффа или замещённых иминов (реакция с альдегидами)



# Реакция образования пептидной связи

- Благодаря своей амфотерности аминокислоты могут взаимодействовать друг с другом.
- Для одной аминокислоты это будет реакция по карбоксильной группе, для другой – реакция по аминогруппе.
- В результате такой реакции между ними возникает так называемая **пептидная связь**.

# Реакция образования пептидной связи

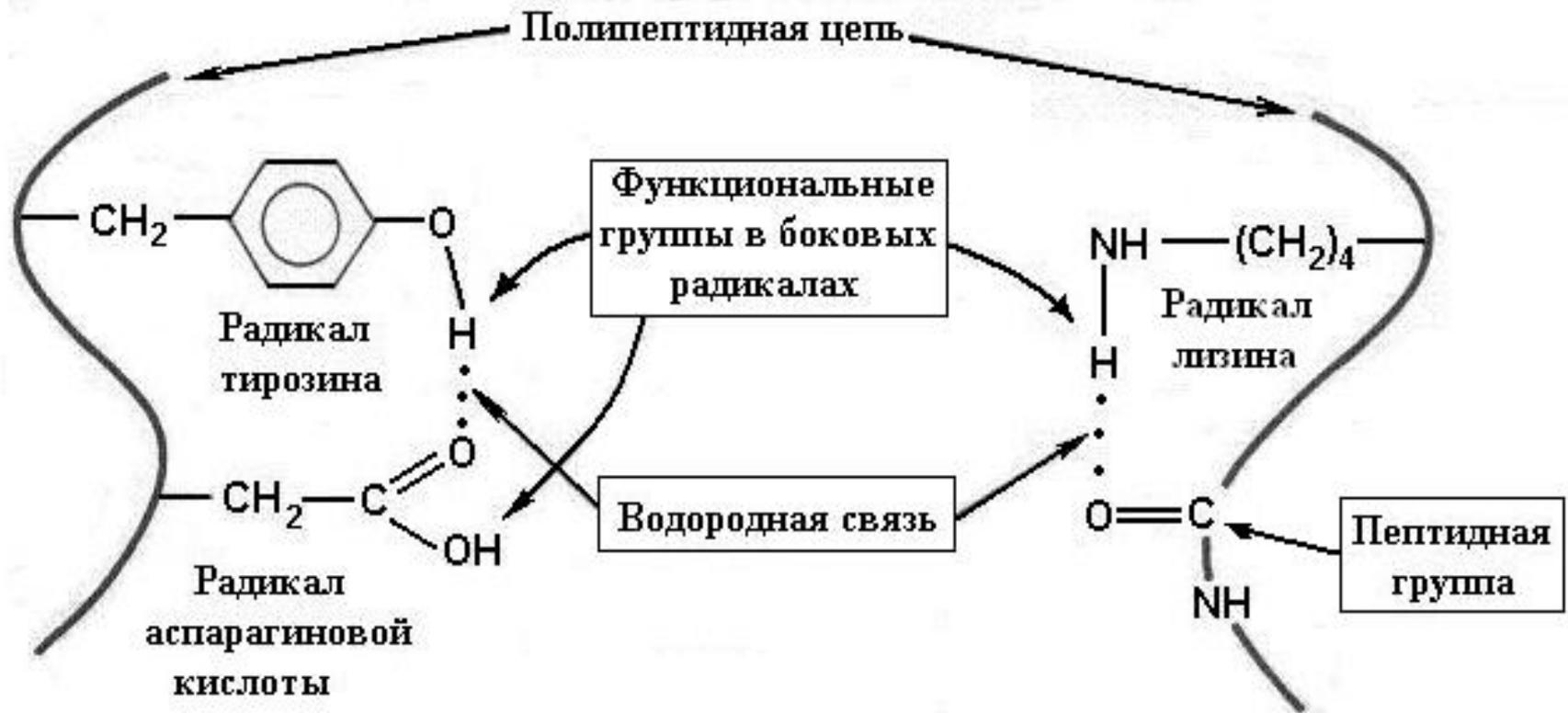


Пептидная связь

# Реакции по функциональным группам радикала АК

При сближении аминокислот между радикалами функциональных групп и пептидными группами могут возникать слабые взаимодействия — **водородные связи**

# Водородные связи

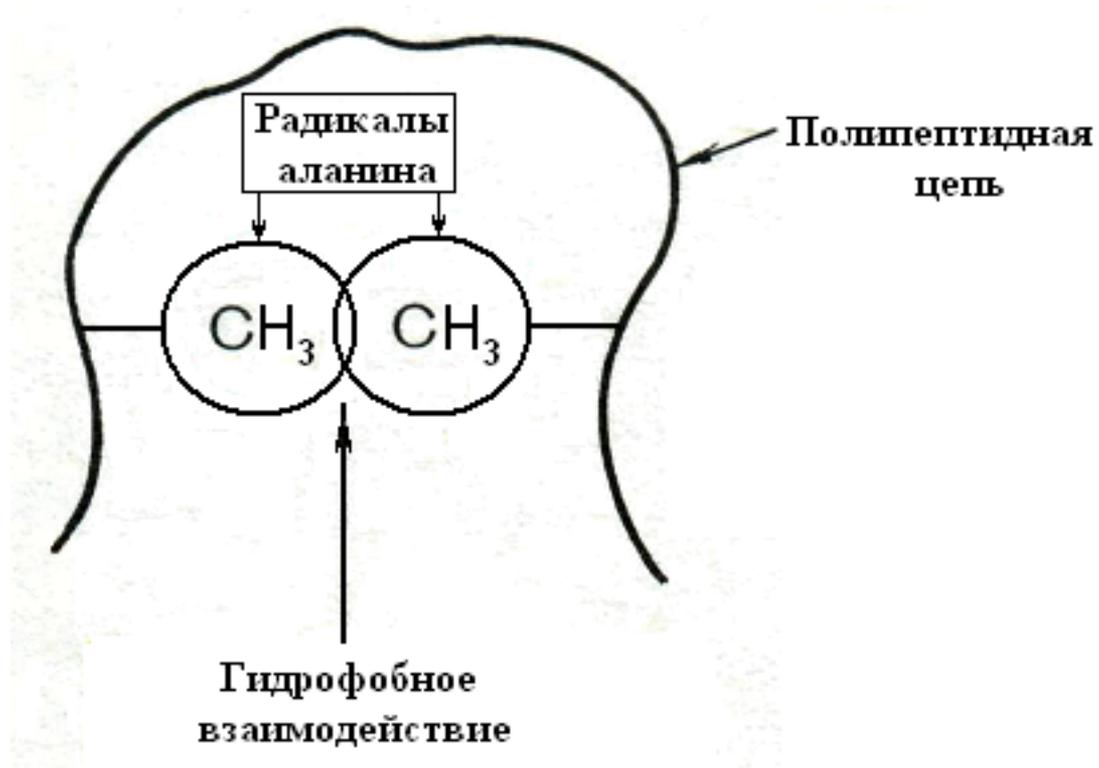


# Реакции по функциональным группам радикала АК

**Гидрофобные взаимодействия** возникают между неполярными гидрофобными радикалами аминокислот ( $\text{CH}_3$  аланина, бензольное кольцо фенилаланина, гетероциклический радикал триптофана).

Движущей силой возникновения таких связей является **водное окружение** полипептидной цепи, которое заставляет эти радикалы «прятаться» от воды внутрь.

# Гидрофобные взаимодействия

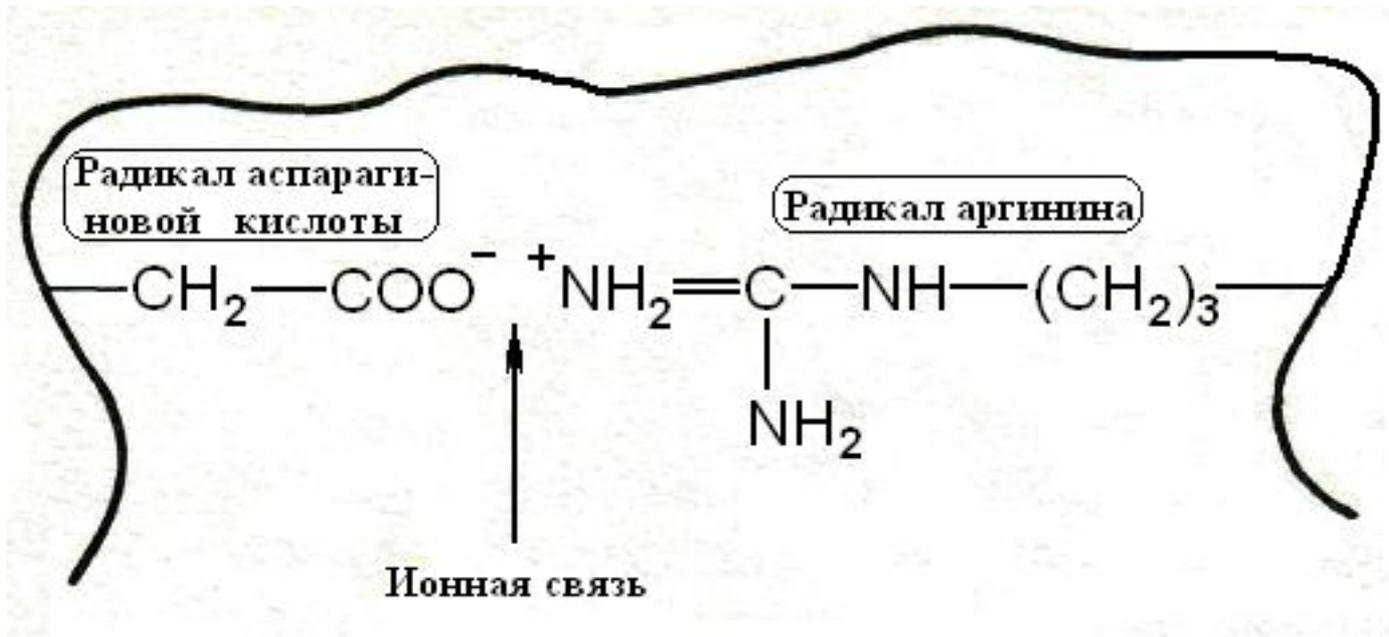


# Реакции по функциональным группам радикала АК

Между радикалами аминокислот, содержащими ионогенные группы, возникает **ионная (электростатическая) связь**.

К радикалам такого вида относятся радикалы аминокислот из двух групп – с радикалами, заряженными положительно, и с радикалами, заряженными отрицательно.

# Ионная (электростатическая) СВЯЗЬ



# Реакции по функциональным группам радикала АК

Между тиольными группами (SH-группы) аминокислоты цистеина может возникать ковалентная **дисульфидная связь** или мостик

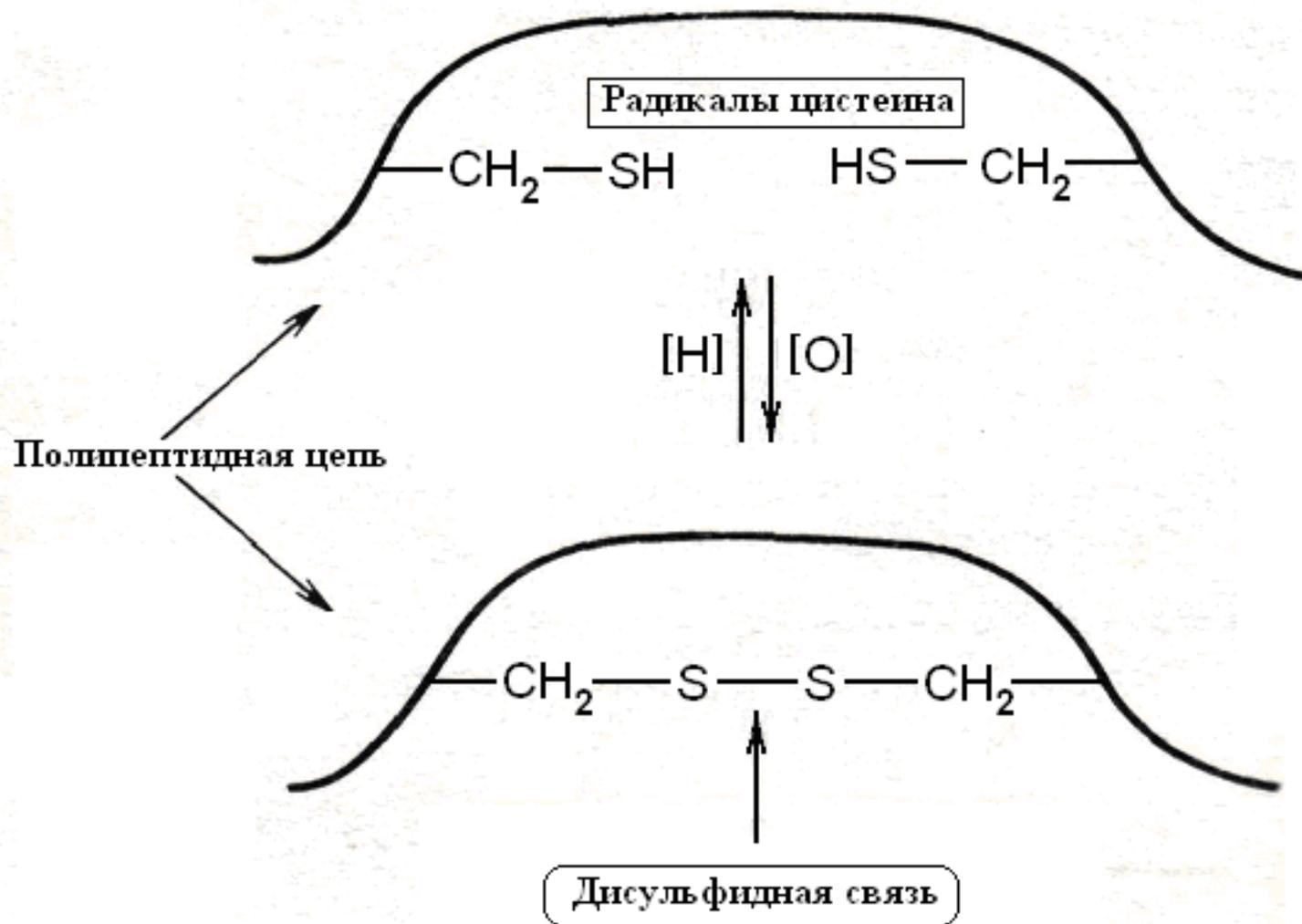
Особенностью этой связи является её способность разрываться под воздействием восстановителей и вновь возникать при окислении.

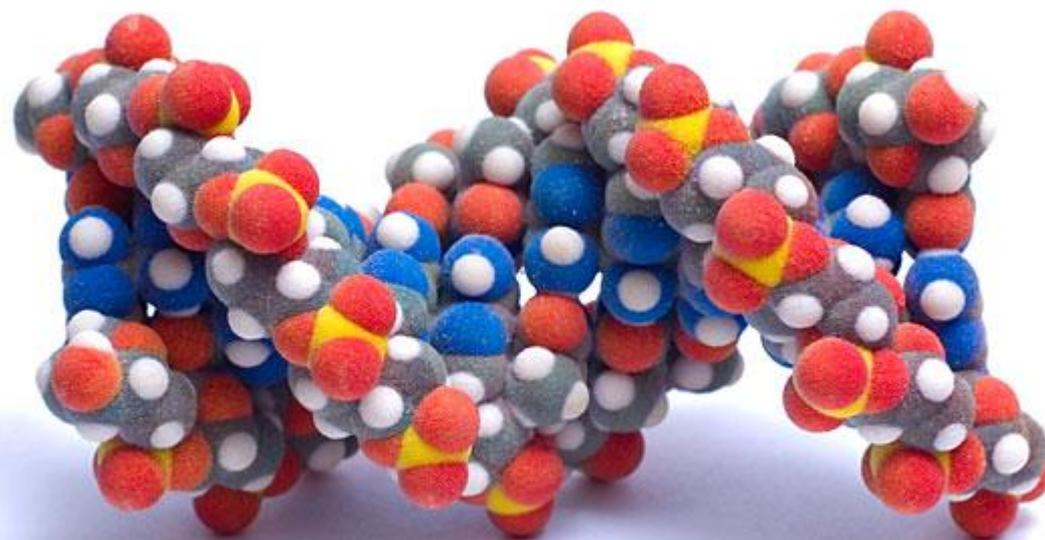
# Реакции по функциональным группам радикала АК

**Дисульфидная связь** – это единственная ковалентная связь между радикалами аминокислот в полипептидах.

Она может возникать как внутри одной пептидной цепи (**внутрицепочечная**), так и между остатками цистеина в разных пептидных цепях (**межцепочечная**).

# Дисульфидная связь





**Благодарю за внимание!**