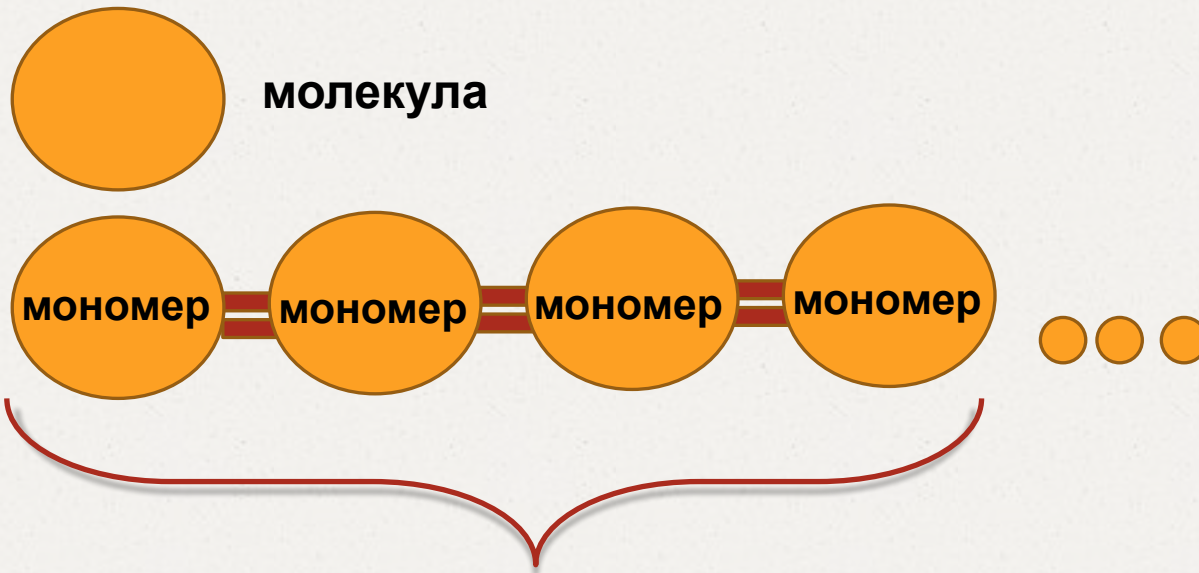


Биополимеры: белки. Свойства аминокислот



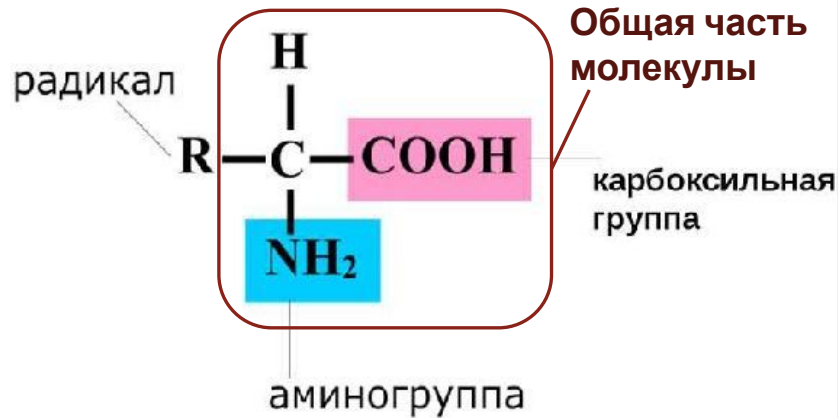
0 Белки - **полимерные** молекулы, то есть состоят из отдельных повторяющихся «блоков» - **мономеров**, связанных между собой прочными связями



молекула-полимер, мономеров – от сотен до тысяч

Мономер белковой молекулы – аминокислота

Строение аминокислот



Каждая из 20 аминокислот имеет одинаковую часть (**NH₂ — CH — COOH**) и отличается от любой другой аминокислоты **R-группой**, или **радикалом**

Каждая аминокислота состоит из постоянных частей – аминогруппы и карбоксильной группы, и изменчивого компонента – радикала.

Радикалы могут иметь разное химическое строение и именно они определяют свойства аминокислот

o В состав белков входят 20 аминокислот – так называемые **протеиногенные** (от «протеин» - белок, «ген» - происхождение)

Аминокислота	Обозначение	Молекулярная формула
Аланин	ala A	$\text{CH}_3\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Аргинин	arg R	$\text{HN}=\text{C}(\text{NH}_2)\text{-NH}(\text{CH}_2)_3\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Аспарагин	asn N	$\text{H}_2\text{N-CO-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Аспарагиновая кислота	asp D	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Цистеин	cys C	$\text{HS-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Глутаминовая кислота	glu E	$\text{HOOC-(CH}_2)_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Глутамин	gln Q	$\text{H}_2\text{N-CO-(CH}_2)_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
256		
Глицин	gly G	$\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$
Гистидин	his H	$\text{NH-CH=N-CH=C-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Изолейцин	ile I	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Лейцин	leu L	$(\text{CH}_3)_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Лизин	lys K	$\text{H}_2\text{N-(CH}_2)_4\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Метионин	met M	$\text{CH}_3\text{-S-(CH}_2)_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Фенилаланин	phe F	$\text{Ph-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Пролин	pro P	$\text{NH-(CH}_2)_3\text{-CH-COOH}$
Серин	ser S	$\text{HO-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Треонин	thr T	$\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Триптофан	trp W	$\text{Ph-NH-CH=C-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Тирозин	tyr Y	$\text{HO-Ph-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
Валин	val V	$(\text{CH}_3)_2\text{-CH-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$

20 видов аминокислот

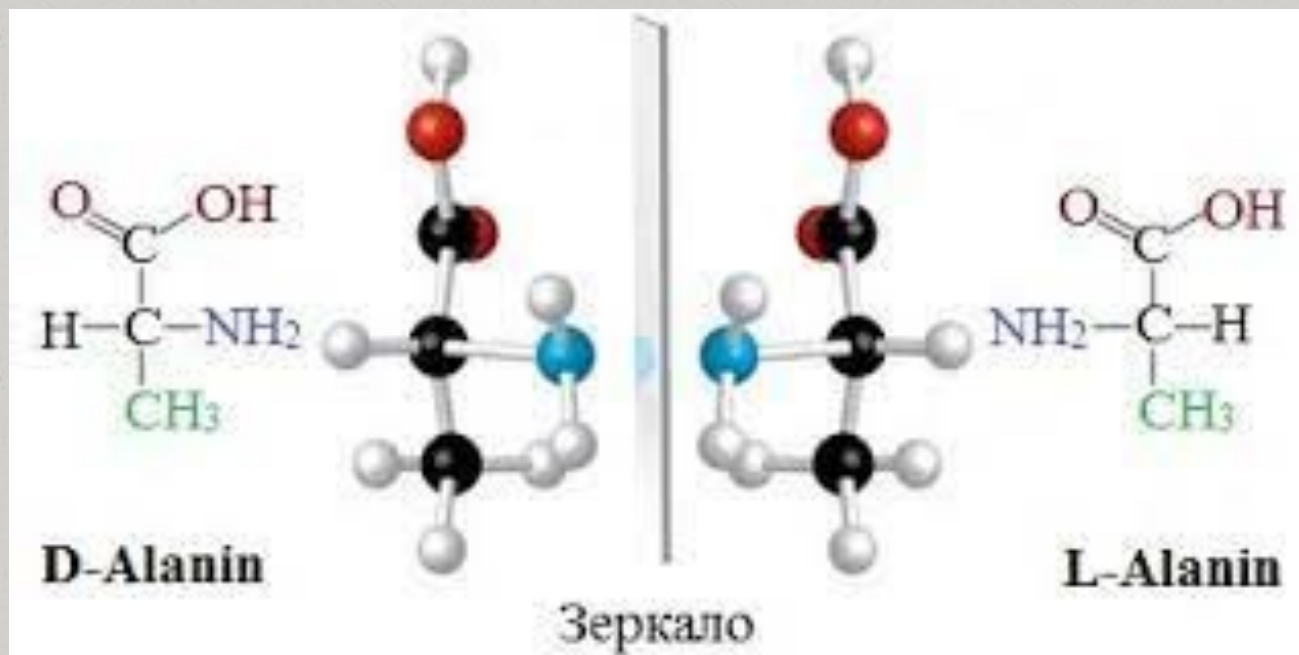
<p>Цистеин (Цис, Cys)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{SH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Фенилаланин (Фен, Phe)</p> $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Тирозин (Тир, Tyr)</p> $\begin{array}{c} \text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Лизин (Лиз, Lys)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
<p>Пролин (Про, Pro)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_2 - \text{N} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	<p>Валин (Вал, Val)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Аспарагин (Асп, Asn)</p> $\begin{array}{c} \text{O} = \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{NH}_2 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Аргинин (Арг, Arg)</p> $\begin{array}{c} \text{HN} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \diagdown \quad \diagup \qquad \qquad \\ \text{H}_2\text{N} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
<p>Серин (Сер, Ser)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Аспарагиновая кислота (Асп, Asp)</p> $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2$	<p>Гистидин (Гис, His)</p> $\begin{array}{c} \text{C}_5\text{H}_4\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Глутамин (Гли, Gln)</p> $\begin{array}{c} \text{O} = \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{NH}_2 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
<p>Глицин (Гли, Gly)</p> $\begin{array}{c} \text{H} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Триптофан (Трп, Trp)</p> $\begin{array}{c} \text{C}_8\text{H}_6\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Метионин (Мет, Met)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{S} - \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Глутаминовая кислота (Глу, Glu)</p> $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2$
<p>Аланин (Ала, Ala)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Лейцин (Лей, Leu)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Треонин (Тре, Thr)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	<p>Изолейцин (Иле, Ile)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$

Классификация аминокислот

- 0 1. По абсолютной конфигурации молекулы.
- 0 2. По строению бокового радикала.
- 0 3. По кислотно-основным свойствам.
- 0 4. По необходимости для организма.

По абсолютной конфигурации молекулы

- По абсолютной конфигурации молекулы выделяют D- и L-формы. Это изомеры – вещества, одинаковые по составу молекулы, но отличающиеся по ее конфигурации. D (правый) и L (левый) изомеры – «зеркальное отражение»



- Свойство не совмещаться в пространстве со своим зеркальным отражением называется «хиральность»
- В белке любого организма содержится только один изомер, для млекопитающих это L-аминокислоты. Однако оптические изомеры претерпевают со временем самопроизвольную неферментативную *рацемизацию*, т.е. L-форма переходит в D-форму. **Это обстоятельство используется для определения возраста, например, костной ткани зуба (в криминалистике, археологии)**

Классификация аминокислот, основанная на полярности радикалов

Неполярные
(гидрофобные)



**ала, вал,
лей, иле,
фен, три,
про, мет**

Гидрофобные
взаимодействия

Полярные
(гидрофильные)



незаряженные
(нейтральные)
**гли, сер, тре,
тир, цис, аси,
гли**

Водородные
связи

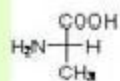
заряженные
(-) (+)
**асп лиз
глу арг
гис**

Ионные
связи

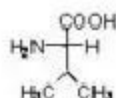
Классификация аминокислот (СРС)

АМИНОКИСЛОТЫ

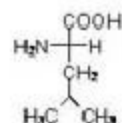
НЕПОЛЯРНЫЕ



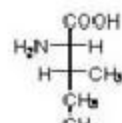
L-Аланин
Ala



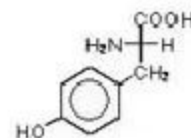
L-Валин
Val



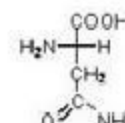
L-Лейцин
Leu



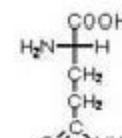
L-Изолейцин
Ile



L-Тирозин
Tyr



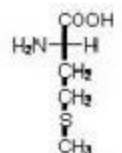
L-Аспарагин
Asn



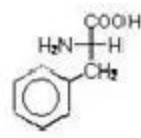
L-Глутамин
Gln



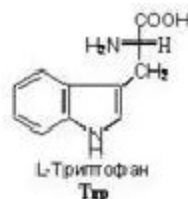
L-Пролин
Pro



L-Метионин
Met



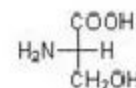
L-Фенилаланин
Phe



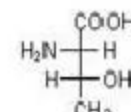
L-Триптофан
Trp



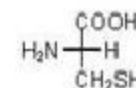
Глицин
Gly



L-Серин
Ser

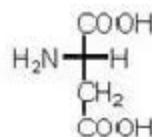


L-Треонин
Thr



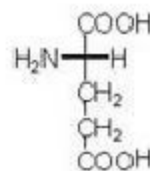
L-Цистеин
Cys

ЗАРЯЖЕННЫЕ



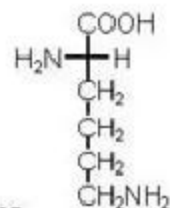
L-Аспарагиновая
кислота

Asp



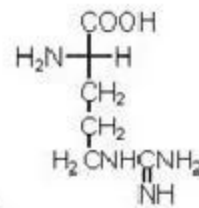
L-Глутаминовая
кислота

Glu



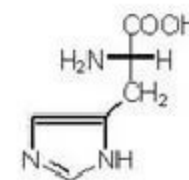
L-Лизин

Lys



L-Аргинин

Arg



L-Гистидин

His

От полярности радикалов аминокислот зависит, как белок будет вести себя в растворе и какова будет конфигурация белковой молекулы

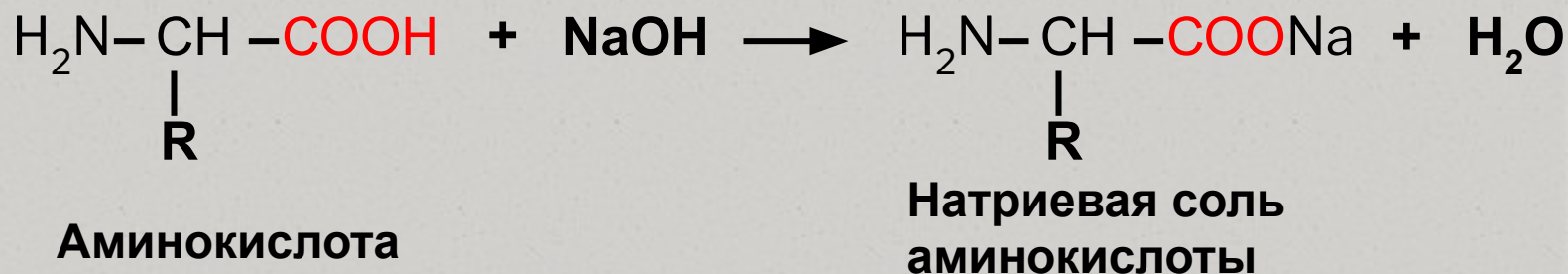
- **Неполярные** аминокислоты – гидрофобные, то есть не растворяются в воде, но взаимодействуют с липидами
- **Полярные** аминокислоты – гидрофильные – растворяются в воде, но не взаимодействуют с липидами
- **Заряженные** аминокислоты с разноименными зарядами притягиваются, с одноименными – отталкиваются

По числу карбоксильных групп и аминогрупп

Нейтральные	Основные	Кислые
1 NH_2 и 1 COOH группы	2 NH_2 и 1 COOH группы	1 NH_2 и 2 COOH группы
1) Глицин 2) Аланин 3) Валин 4) Лейцин 5) Изолейцин 6) Цистеин 7) Серин 8) Треонин и др.	1) Лизин 2) Орнитин 3) Аргинин	1) Аспарагиновая кислота 2) Глутаминовая кислота

0 Аминокислоты имеют способность проявлять как кислотные, так и основные свойства, это называется «амфотерность»

Кислотные свойства аминокислоты обусловлены наличием **карбоксильной** группы:



0 Основные свойства аминокислоты обусловлены наличием **амино**-группы:



Аминокислота

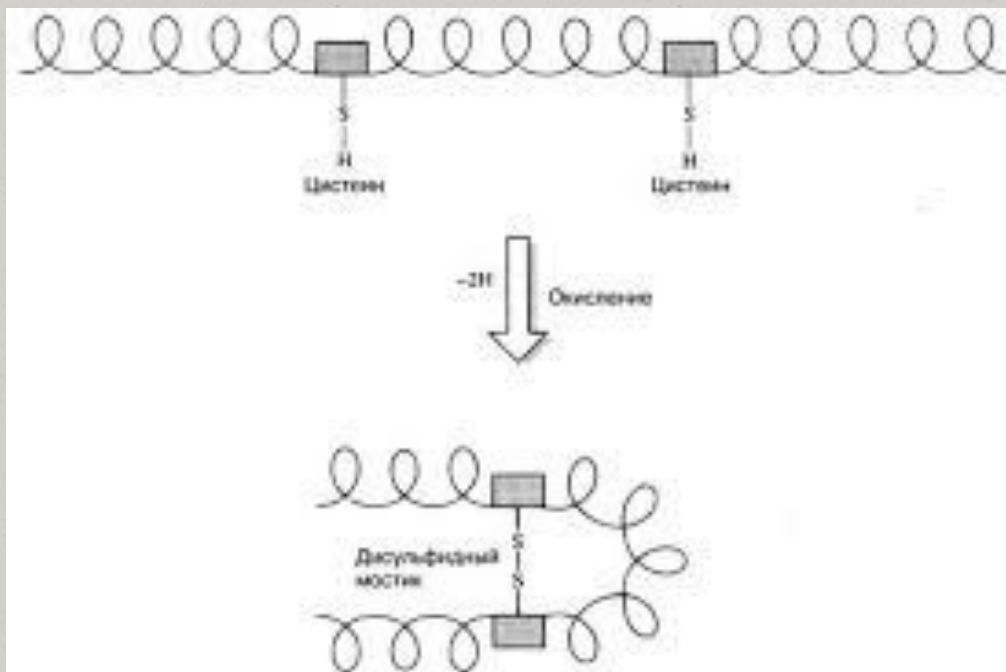
Гидрохлорид
аминокислоты

! Таким образом, от аминокислотного состава белка зависит, какие свойства - кислотные или основные - будет проявлять тот или иной участок молекулы белка или вся молекула. Это важно для функционирования белков в клетке

Классификация по содержанию дополнительных функциональных групп

Отдельную группу составляют аминокислоты, содержащие атом серы: цистеин и метионин – так называемые серусодержащие аминокислоты.

Между атомом серы одной аминокислоты и атомом серы другой аминокислоты образуется особого рода ковалентная химическая связь – «дисульфидный мостик» ($-S-S-$), необходимая для стабилизации структуры белка



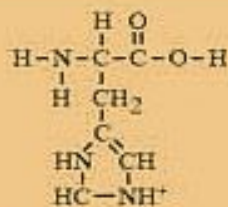
Классификация по необходимости для организма

- 0 Аминокислоты – строительные кирпичики для биосинтеза белка в клетке.
- 0 Часть аминокислот клетка **может синтезировать самостоятельно** из более простых веществ - это так называемые «заменяемые аминокислоты»;
- 0 часть аминокислот **не могут быть синтезированы в клетке** и должны поступать из внешней среды – это так называемые «незаменимые аминокислоты»

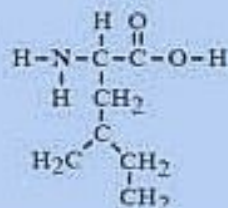
Классификация по необходимости для организма

Заменяемые	Абсолютно незаменимые
<ol style="list-style-type: none">1. Глицин2. Аланин3. Серин4. Аспарагиновая кислота5. Глутаминовая кислота6. Аспарагин7. Глутамин8. Пролин	<ol style="list-style-type: none">1. Валин2. Лейцин3. Изолейцин4. Треонин5. Метионин6. Лизин7. Триптофан8. Фенилаланин
Условно заменяемые	Условно незаменимые
<ol style="list-style-type: none">1. Цистеин2. Тирозин	<ol style="list-style-type: none">1. Аргинин2. Гистидин

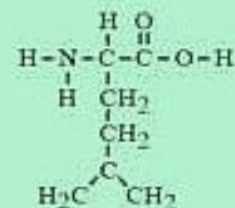
НЕЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ



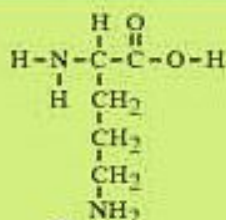
Гистидин



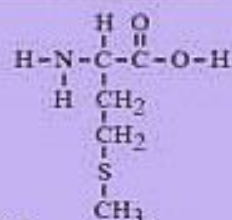
Изолейцин



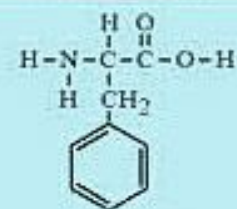
Лейцин



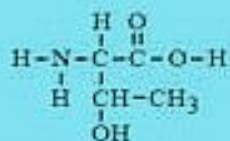
Лизин



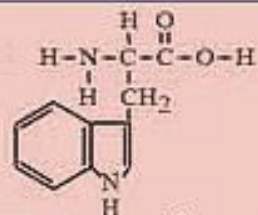
Метионин



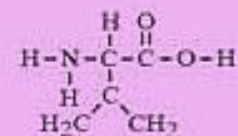
Фенилаланин



Треонин



Триптофан

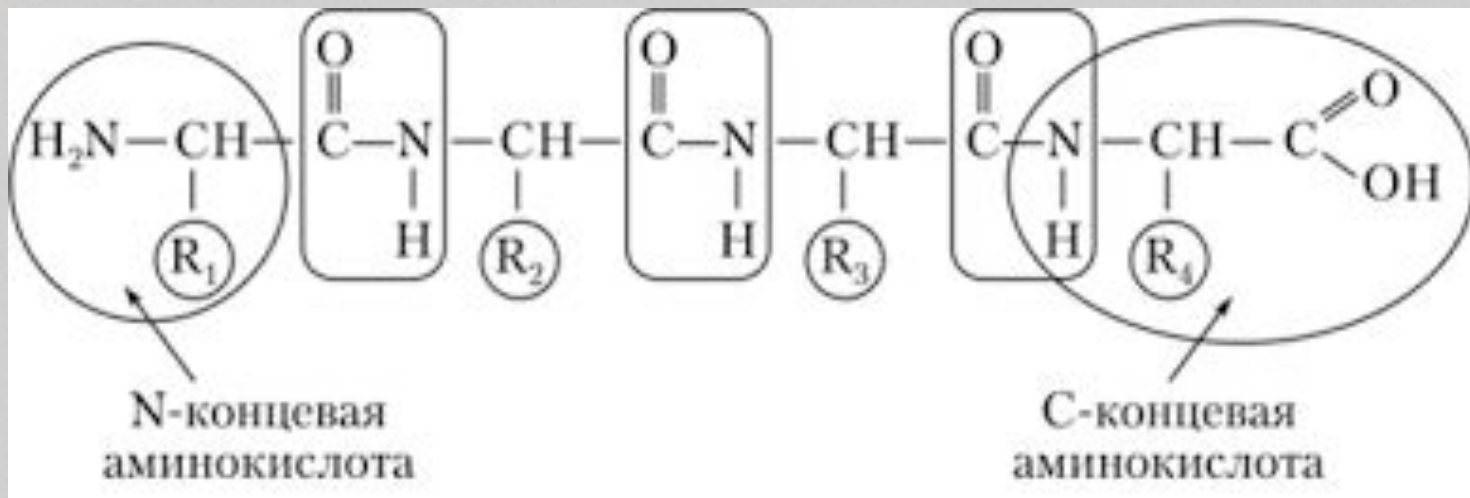


Валин

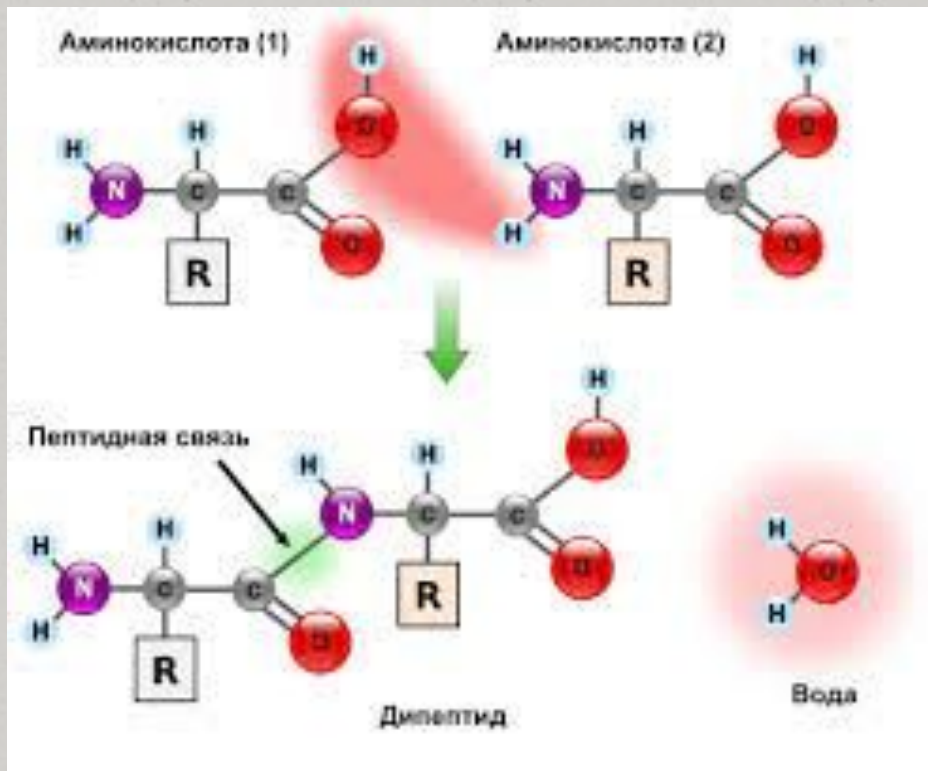
Таким образом с помощью пептидной связи аминокислоты последовательно соединяются между собой в одном «направлении»

Молекула из 50 и менее аминокислот, соединенных пептидной связью, называется олигопептид

Молекула из 50 и более (до десятков тысяч) аминокислот, соединенных пептидной связью, называется полипептид



Аминокислоты соединяются между собой **пептидной связью** – карбоксильная группа одной аминокислоты взаимодействует с **аминогруппой** другой аминокислоты



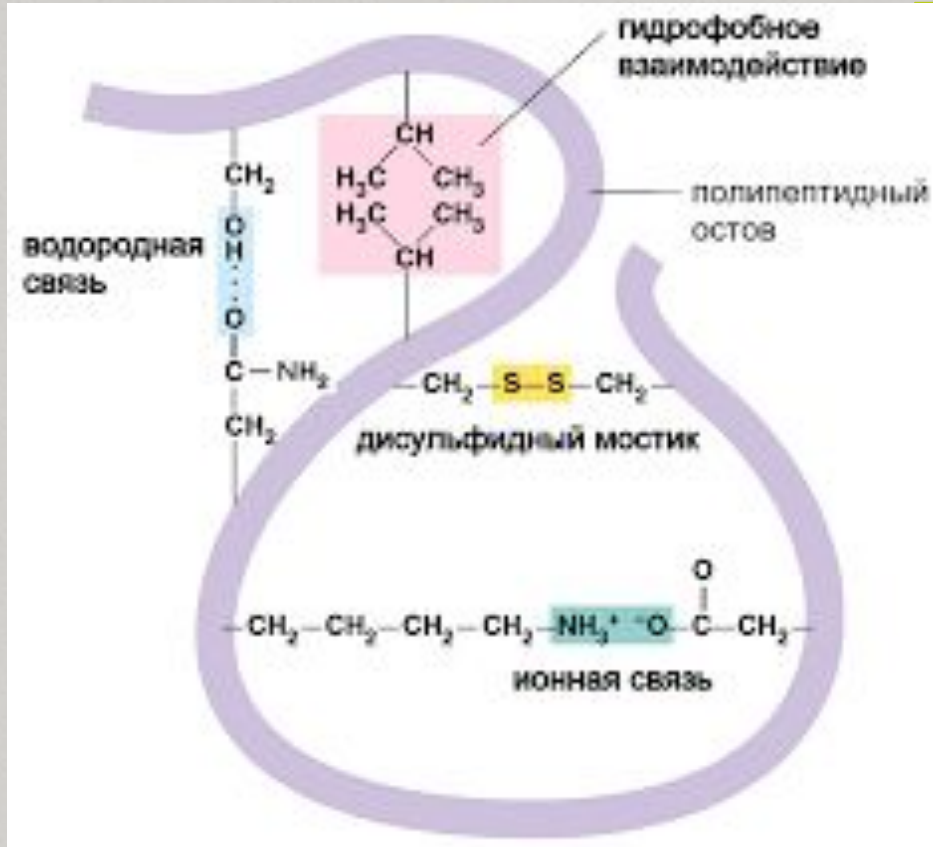
Реакция происходит с выделением воды (реакция дегидрирования)

Пептидные связи, являясь ковалентными, обладают высокой прочностью, их образуют все аминокислоты

Подведем итоги

- Аминокислоты, хотя и сходны по строению, обладают различными характеристиками растворимости в полярных и неполярных растворителях, кислотности, основности, способности образовывать химические связи различной природы (ковалентной, водородной) друг с другом, заряду и некоторым другим параметрам. **Этим определяется многообразие свойств белков – полимеров, состоящих из аминокислот**

Подведем итоги



Разнообразие химических связей между аминокислотами в одной полипептидной цепи также обеспечивается их различными химическими свойствами