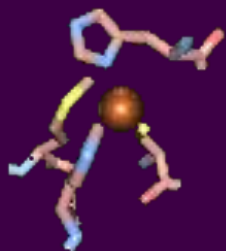


# Химическая природа белка

## Лекция №2

- Классификации аминокислот
- Характеристика аминокислот
- Физико-химические свойства
- Идентификация аминокислот
- Универсальные реакции  
на аминокислоты

*Студентка биологического факультета  
2 курса гр. А Ильясова Альбина Абузаровна*



# Химическая природа белка

**Белки** – это высокомолекулярные органические соединения, состоящие из аминокислот, соединенных между собой пептидной связью –CO – NH –

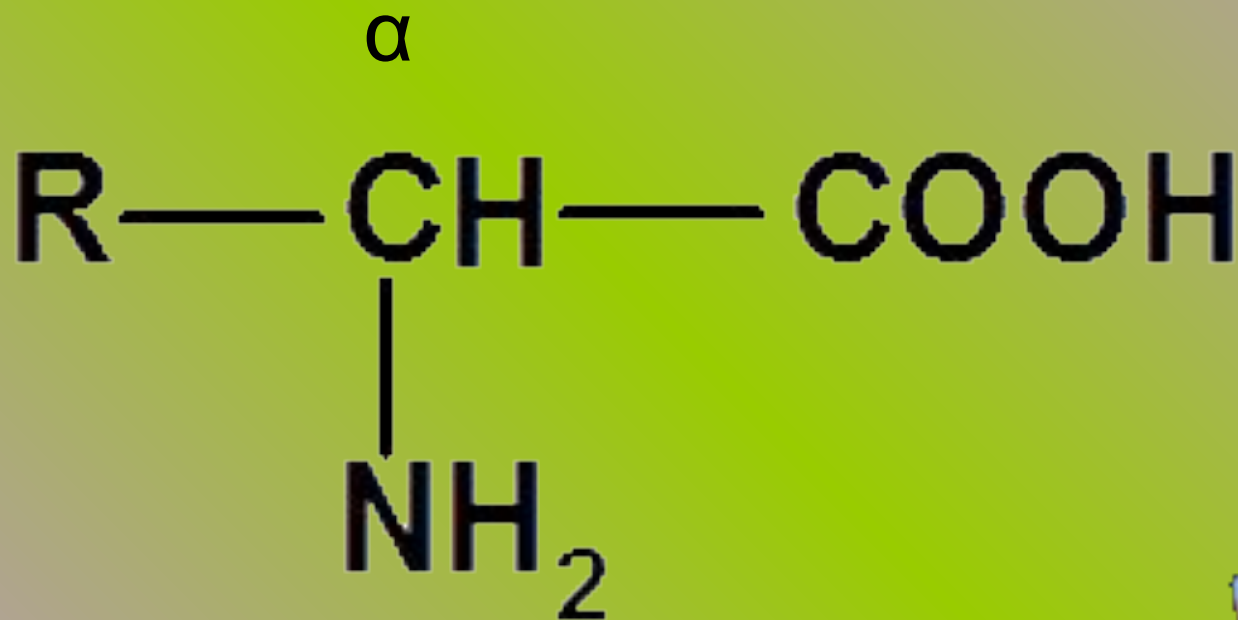
Мономерная единица белка → **АМИНОКИСЛОТА**

Число белковых аминокислот равно 20-22.

**Аминокислоты (аминокарбоновые кислоты)** — органические соединения, в молекуле которых одновременно содержатся карбоксильные и аминные группы.

Белковые аминокислоты являются  $\alpha$ -производными органических кислот

# Общая формула аминокислоты



# Краткие обозначения аминокислот

- Аланин (Ala, A)
- Аргинин (Arg, R)
- Аспарагиновая кислота (Asp, D)
- Аспарагин (Asn, N)
- Валин (Val, V)
- Гистидин (His, H)
- Глицин (Gly, G)
- Глутаминовая кислота (Glu, E)
- Глутамин (Gln, Q)
- Изолейцин (Ile, I)
- Лейцин (Leu, L)
- Лизин (Lys, K)
- Метионин (Met, M)
- Пролин (Pro, P)
- Серин (Ser, S)
- Тирозин (Tyr, Y)
- Треонин (Thr, T)
- Триптофан (Trp, W)
- Фенилаланин (Phe, F)
- Цистеин (Cys, C)

# Классификация по физиологическому признаку

- 1. Незаменимые** – это те АК, которые не синтезируются в организме человека и высших млекопитающих (Val, Leu, Ile, Thr, Met, Lys, Phe, Trp);
- 2. Полузаменимые** – это такие АК, которые синтезируются в организме человека, но в недостаточном количестве (Arg, Tyr, His);
- 3. Обычные** – это такие АК, которые синтезируются во всех организмах (Gly, Ala, Ser, Cys, Cyn, Asp, Glu, Pro, Opr).

# Классификация по химической природе

## •Алифатические

1. Моноаминомонокарбоновые: Gly, Ala, Val, Leu, Ile
2. Оксимоноаминокарбоновые: Ser, Thr
3. Моноаминодикарбоновые: Asp, Glu, за счёт второй карбоксильной группы имеют в растворе отрицательный заряд
4. Амиды моноаминодикарбоновых: Asn, Gln
5. Диаминомонокарбоновые: Arg, Lys, несут в растворе положительный заряд
6. Серусодержащие: Cys, Cyn, Met

## •Ароматические: Phe, Tyr

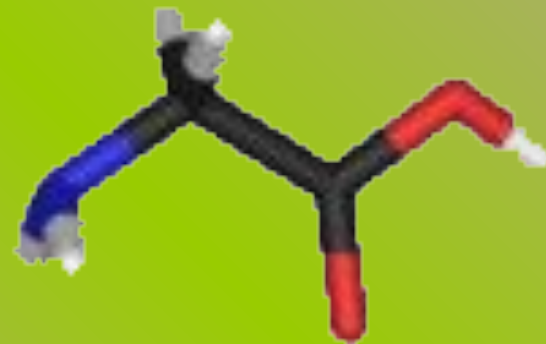
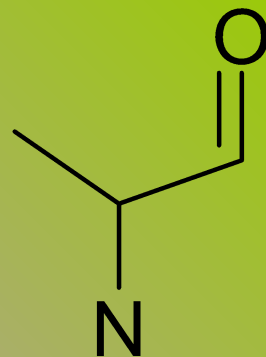
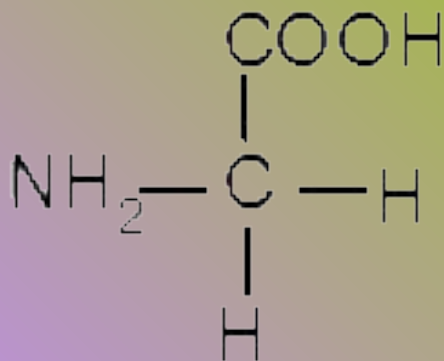
## •Гетероциклические: Trp, His, Pro, Opr (также входят в группу иминокислот)

## •Иминокислоты: Pro, Opr

# Глицин

**Глицин** (α-аминоуксусная кислота, гликокол) — простейшая алифатическая аминокислота, единственная аминокислота, не имеющая оптических изомеров. Центральное звено пуриновых оснований.

Глицина много в фибриллярных белках, желатине, фибриллярных соединениях шёлка, волосах. Участвует в синтезе треонина, применяют в фармации.

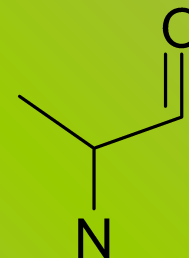
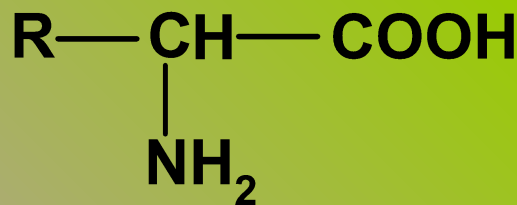
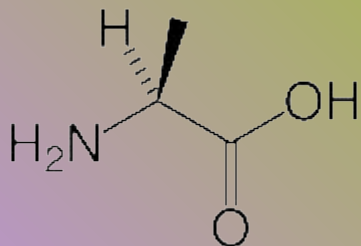


# Аланин

**Аланин** ( $\alpha$ -аминопропионовая кислота) — алифатическая аминокислота.

$\alpha$ -Аланин входит в состав многих белков,  $\beta$ -аланин — в состав ряда биологически активных соединений (а.е., пантотеновой кислоты).

Аланин легко превращается в печени в глюкозу и наоборот. Этот процесс носит название глюкозо-аланинового цикла и является одним из основных путей глюконеогенеза в печени. Служит исходным веществом при синтезе каротиноидов, каучука, искусственном производстве углеводов.

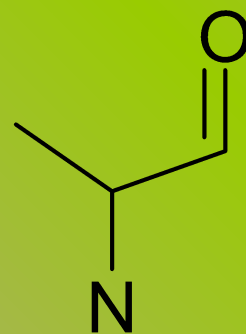
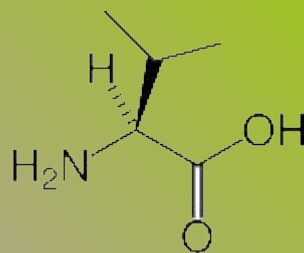
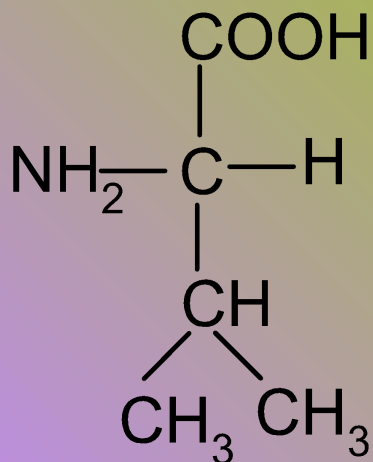




# Валин

**Валин** ( $\alpha$ -аминоизовалериановая, или  $\alpha$ -амино- $\beta$ -диметилпропионовая кислота — алифатическая аминокислота, входит в состав всех белков.

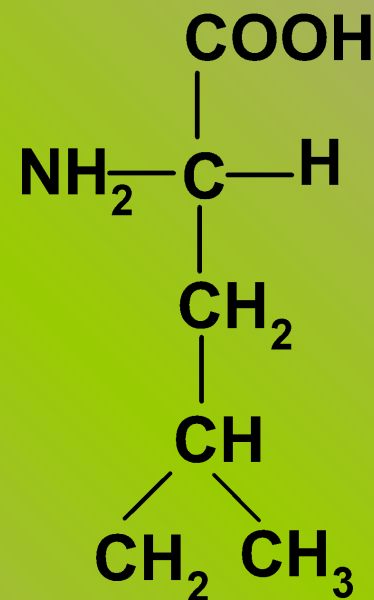
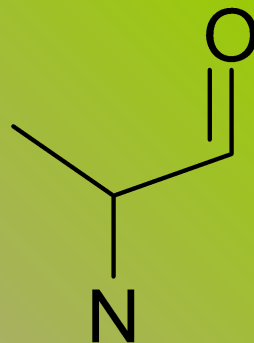
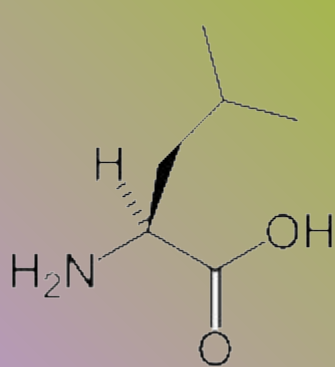
Валин служит одним из исходных веществ при биосинтезе пантотеновой кислоты (витамин В3), алкалоидов и пенициллина. Валин — незаменимая аминокислота.



# Лейцин

**Лейцин** ( $\alpha$ -аминоизокапроновая кислота) — алифатическая аминокислота; незаменимая аминокислота.

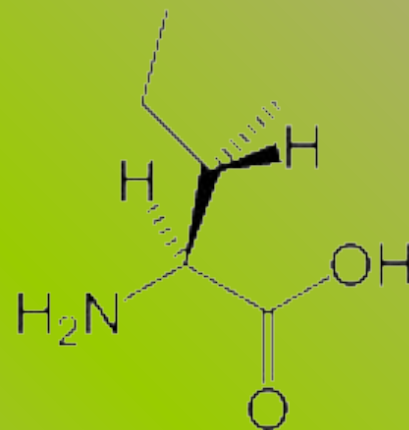
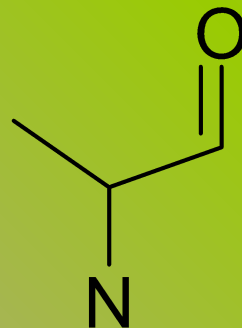
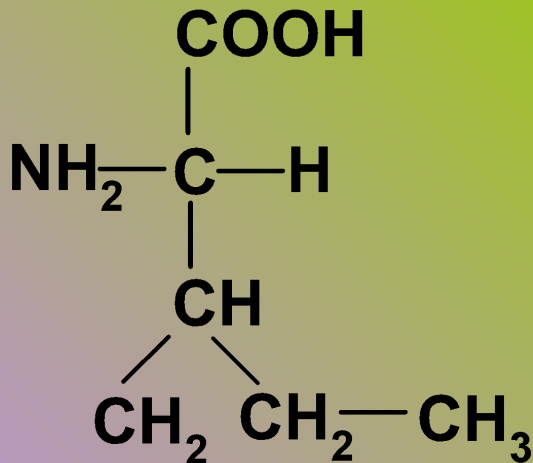
Лейцин входит в состав всех природных белков. Особенно много в проростках семян злаков. Применяется для лечения болезней печени, анемий и других заболеваний. Является источником сивушных масел.



# Изолейцин

**Изолейцин** ( $\alpha$ -амино- $\beta$ -метил- $\beta$ -этил пропионовая кислота) — алифатическая аминокислота. Входит в состав всех природных белков.

Является незаменимой аминокислотой. Участвует в энергетическом обмене. При недостаточности ферментов, катализирующих декарбоксилирование изолейцина, возникает кетоацидурия.

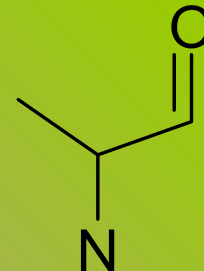
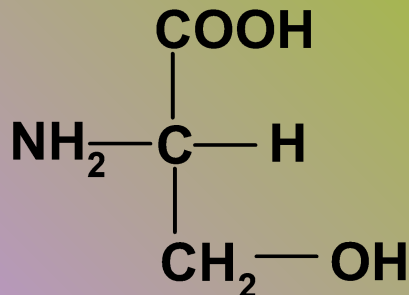


# Серин

**Серин** ( $\alpha$ -амино- $\beta$ -оксипропионовая кислота) —

гидроксиаминокислота, существует в виде двух оптических изомеров — L и D.

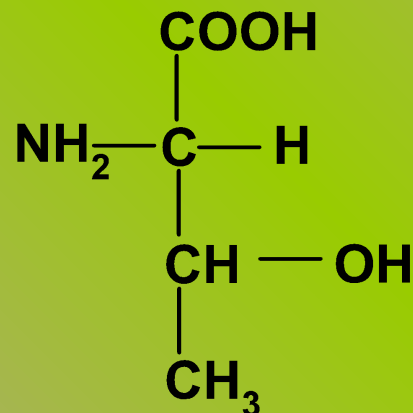
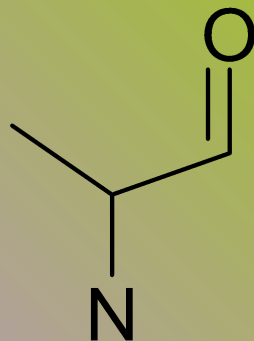
*L*-серин участвует в построении почти всех природных белков. Много содержится в шелке, казеине. В организме человека может синтезироваться из *3*-фосфоглицерата. Серин участвует в образовании активных центров ряда ферментов, обеспечивая их функцию. Фосфорилирование остатков серина в составе белков имеет важное значение в механизмах межклеточной передачи сигналов. Серин участвует в биосинтезе ряда других обычных АК: Gly, Cys, Met, Trp. Серин является исходным продуктом синтеза пурина и пиримидина, сфинголипидов, этаноламина, и других важных продуктов обмена веществ. В процессе распада в организме серин подвергается дезаминированию с образованием ПВК.



# Треонин

**Треонин** ( $\alpha$ -амино- $\beta$ -оксимасляная кислота) — гидроксиаминокислота; молекула содержит два хиральных центра, что обуславливает существование четырёх оптических изомеров: L- и D-треонина (3D), а также L- и D-аллотреонина (3L).

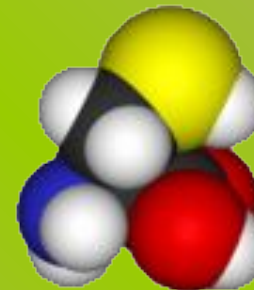
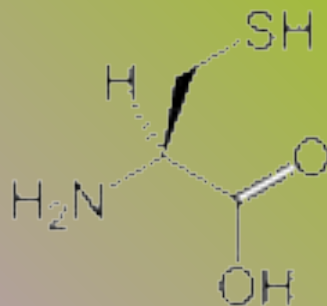
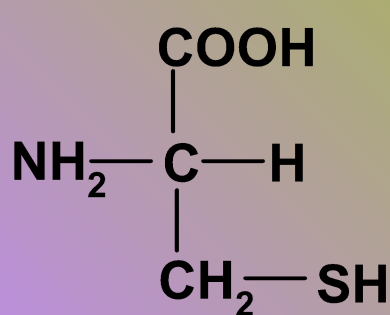
*L-треонин* вместе с 19 другими протеиногенными аминокислотами участвует в образовании природных белков, фосфолипидов. Входит в состав витамина B12. Незаменимая АК. Бактериями и растениями треонин синтезируется из аспарагиновой кислоты.



# Цистеин

**Цистеин** ( $\alpha$ -амино- $\beta$ -тиопропионовая кислота) – серусодержащая АК. Входит в состав  $\alpha$ -кератина, основного белка ногтей, кожи и волос. Он способствует формированию коллагена и улучшает эластичность и текстуру кожи. Цистеин входит в состав и других белков организма, в том числе некоторых пищеварительных ферментов, помогает обезвреживать некоторые токсические вещества и защищает организм от повреждающего действия радиации. Мощный антиоксидант.

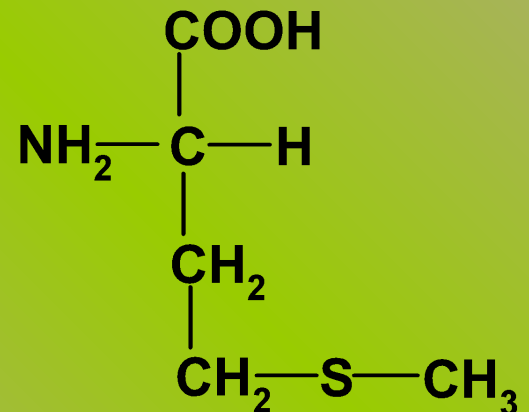
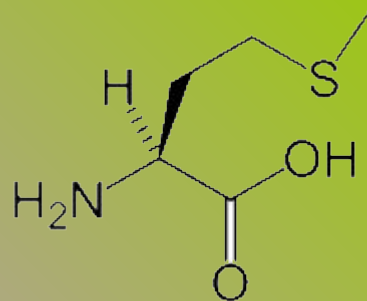
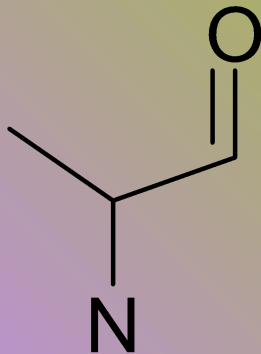
Предшественник глутатиона. Цистеин растворяется лучше, чем цистин, и быстрее утилизируется в организме, поэтому его чаще используют в комплексном лечении различных заболеваний. Эта АК образуется в организме из L-Met, при обязательном присутствии витамина B6.



# Метионин

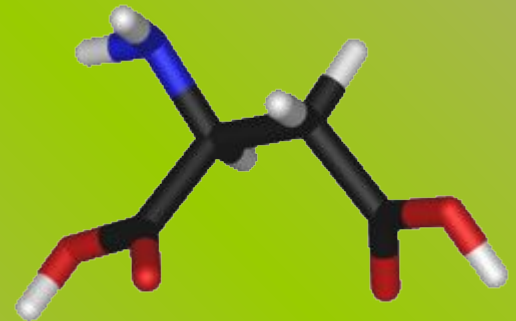
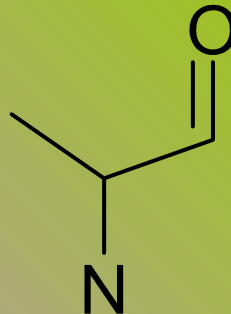
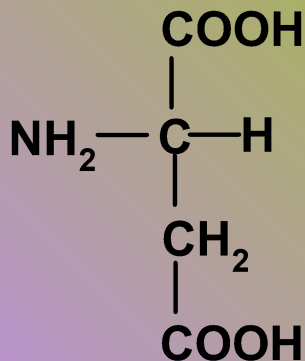
**Метионин** ( $\alpha$ -амино- $\gamma$ -тиометилизобутановая кислота) — серосодержащая АК; незаменимая. Метионин служит в организме донором  $\text{CH}_3$ -групп при биосинтезе холина, адреналина и др., а также источником серы при биосинтезе цистеина.

Фармакологический препарат метионина оказывает липотропное действие, повышает синтез холина, лецитина, способствует снижению содержания холестерина в крови и улучшению соотношения фосфолипиды/холестерин, уменьшению отложения нейтрального жира в печени и улучшению функции печени. Метил-метионин-сульфоний, или «витамин U», обладает цитопротективным действием на слизистую желудка и двенадцатиперстной кишки, способствует заживлению язвенных и эрозивных поражений этих органов.



# Аспарат

**Аспарагиновая кислота** ( $\alpha$ -аминоянтарная кислота, аспартат) — моноаминодикарбоновая аминокислота. Встречается во всех организмах в свободном виде и в составе белков, играет важную роль в обмене азотистых веществ, участвует в образовании пиримидиновых оснований и мочевины. Аспарагиновая кислота и аспарагин являются критически важными для роста и размножения лейкозных клеток при некоторых видах лимфолейкоза. Сама кислота и её соли используются, как компоненты лекарственных средств.

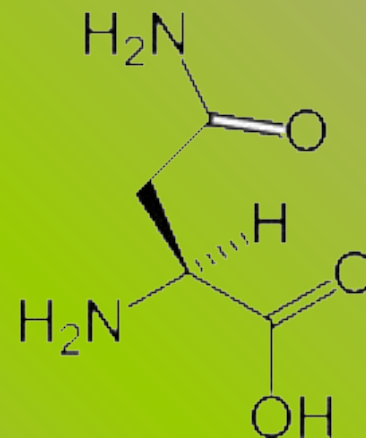
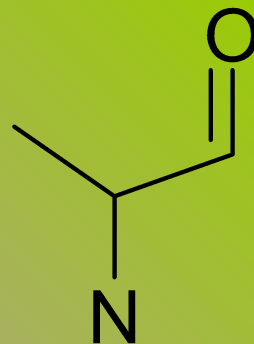
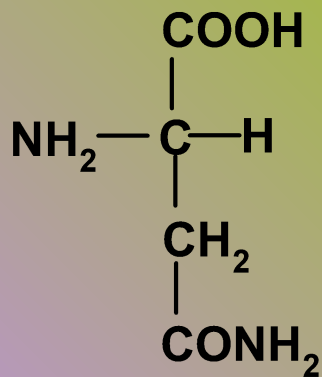




# Аспарагин

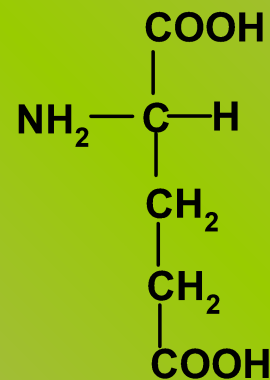
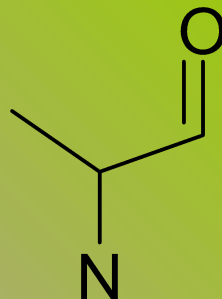
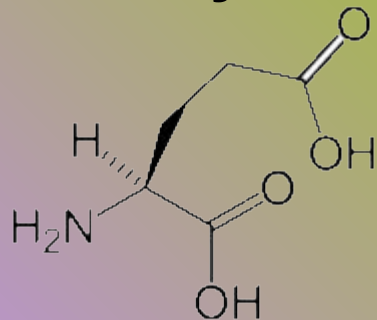
Аспарагин — амид аспарагиновой кислоты. В живых клетках присутствует в свободном виде и в составе белков. Путем образования аспарагина из аспарагиновой кислоты в организме связывается токсический аммиак.

Аспарагин был выделен из сока спаржи (*Asparagus*) в 1806 году французским химиком Л. Вокленом, став первой полученной человеком аминокислотой.



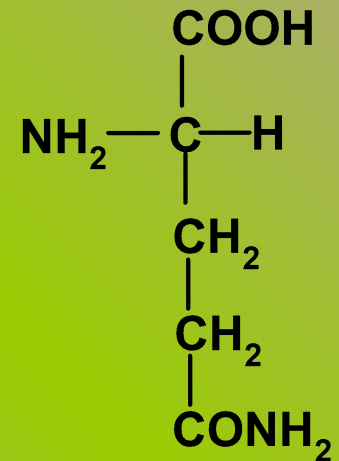
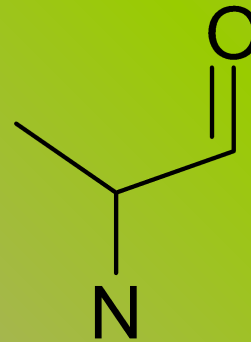
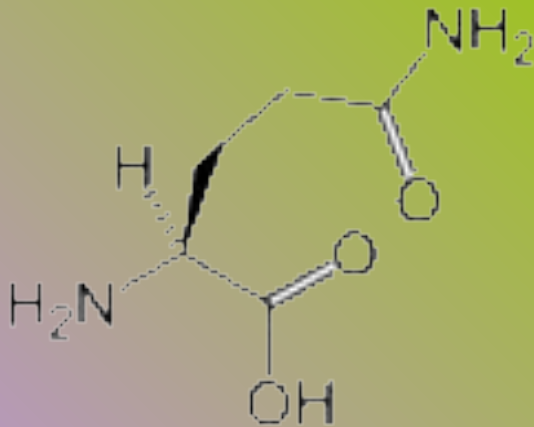
# Глутамат

**Глутаминовая кислота** ( $\alpha$ -аминоглутаровая кислота, глутамат) — моноаминодикарбоновая аминокислота. В живых организмах глутаминовая кислота присутствует в составе белков, ряда низкомолекулярных веществ и в свободном виде. Глутаминовая кислота играет важную роль в азотистом обмене. Является нейромедиаторной аминокислотой. Фармакологический препарат оказывает умеренное психостимулирующее, энергизирующее, возбуждающее действие. Глутаминовая кислота и её соли используются как усилитель вкуса во многих пищевых концентратах и консервах, придавая им вкус, характерный мясу.



# Глутамин

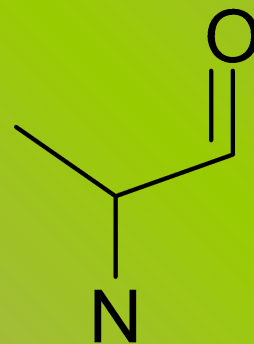
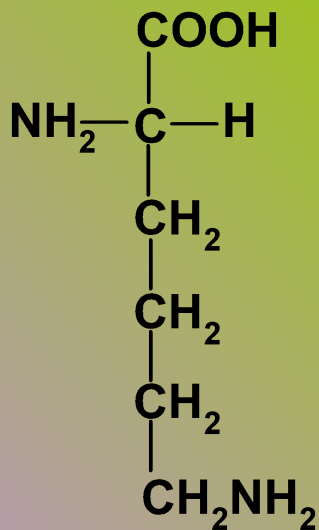
**Глутамин** — амид глутаминовой кислоты, образуется из неё в результате прямого аминирования под воздействием глутаминсинтетазы. Много содержится в растительных белках, входит в состав фолиевой кислоты, активно используется при синтезе пурина.



# Лизин

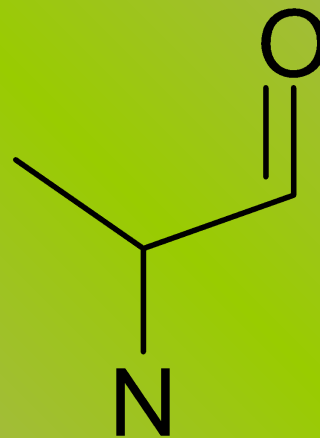
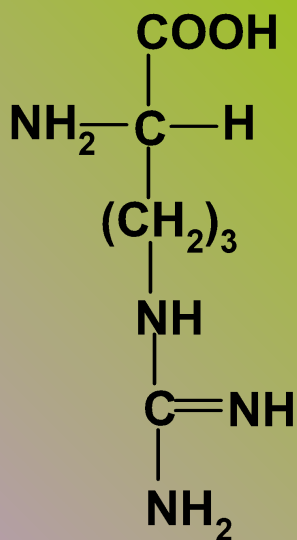
**Лизин** ( $\alpha,\epsilon$ -диаминоизокапроновая кислота) — алифатическая диаминомонокарбоновая аминокислота с выраженными свойствами основания; незаменимая.

Лизин входит в состав белков злаков. Синтетический лизин применяют для обогащения кормов и пищевых продуктов. Крайне необходим для нормального развития детей.



# Аргинин

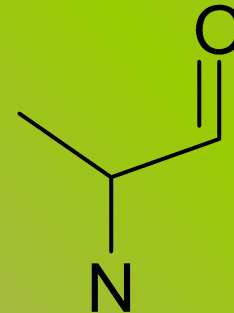
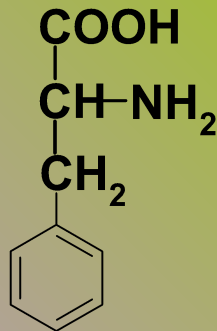
**Аргинин** ( $\alpha$ -амино- $\delta$ -гуанидилизовалериановая кислота) - полузаменимая аминокислота. Входит в состав протаминов (до 85%) и гистонов. Ускоряет синтез гормона роста и др. гормонов. Участвует в синтезе мочевины и процессах азотистого обмена. Аргинин служит носителем и донором азота, необходимого в синтезе мышечной ткани. Способен увеличивать мышечную и уменьшать жировую массу тела. Обладает выраженным психотропным эффектом. Аргинин способствует улучшению настроения, делает человека более активным, выносливым, улучшает половую функцию.



# Фенилаланин

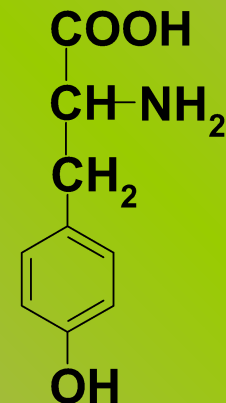
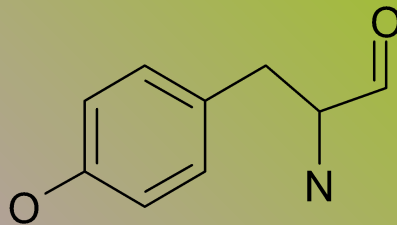
**Фенилаланин** ( $\alpha$ -амино- $\beta$ -фенилпропионовая кислота) — ароматическая аминокислота. *L*-фенилаланин входит в состав белков множества организмов. Незаменимая аминокислота. Способствует синтезу тирозина. Из тирозина впоследствии синтезируются адреналин, норадреналин, ДОФА. При наследственном заболевании фенилкетонурии превращение фенилаланина в тирозин нарушено, и в организме происходит накопление фенилаланина и его токсических производных, повреждающих нервную систему.

Также фенилаланин является составной частью синтетического сахарозаменителя — аспартама, который активно используется в пищевой промышленности, чаще в производстве жевательной резинки и газированных напитков.



# Тирозин

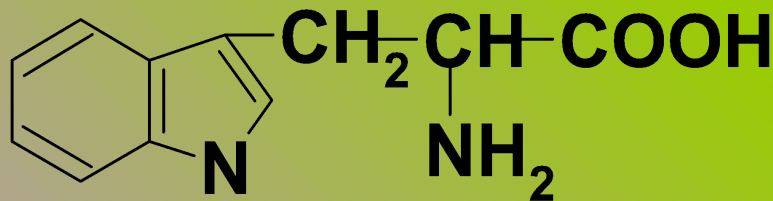
**Тирозин** ( $\alpha$ -амино- $\beta$ -(*p*-оксифенил)пропионовая кислота) – ароматическая полузаменимая аминокислота. входит в состав множества природных белков, в т.ч. и ферментов, а также катехоламинов (дофамин, адреналин, норадреналин) и пигмента меланина. Образование тирозина в организме в большей степени необходимо для удаления избытка фенилаланина, а не для восстановления запасов тирозина, так как он обычно в достаточном объёме поступает с белками пищи, и его дефицита не возникает. Реакция протекает в печени под действием фермента фенилаланин-4-гидроксилазы. Дефицит или снижение активности этого фермента проявляются фенилкетонурией.



# Триптофан

**Триптофан** ( β-индолиламинопропионовая, 2-амино-3-(1H-индол-3-ил)пропионовая кислота). Для человека незаменимая.

Относится к ряду гидрофобных аминокислот, поскольку содержит ароматическое индольное кольцо. Триптофан является компонентом пищевых белков. Им богаты, в частности, овёс, бананы, сушёные финики, арахис, кунжут, молоко, йогурт, творог, рыба, курица, индейка, мясо. Участвует в синтезе витамина B5 и PP.



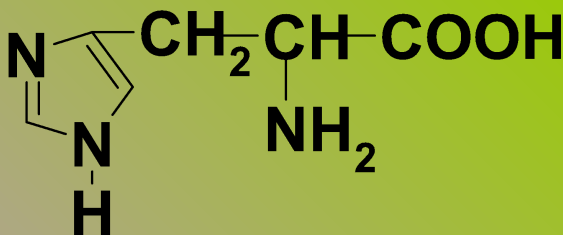


# Гистидин

Гистидин (*L*- $\alpha$ -амино- $\beta$ -имидазолпропионовая кислота) — гетероциклическая аминокислота.

Гистидин входит в состав активных центров множества ферментов, является предшественником в биосинтезе гистамина. Полузаменимая.

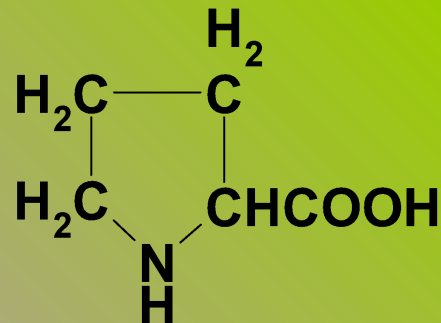
Гистидином богаты такие продукты как тунец, лосось, свиная вырезка, говяжье филе, куриные грудки, соевые бобы, арахис, чечевица. Кроме того, гистидин включается в состав многих витаминных комплексов и некоторых других медикаментов.



# Пролин

**Про́лин** (пирролидин- $\alpha$ -карбоновая кислота) — гетероциклическая аминокислота (точнее, иминокислота). Пролин входит в состав всех белков всех организмов. Особенно богат пролином основной белок соединительной ткани — коллаген. В организме пролин синтезируется из глутаминовой кислоты.

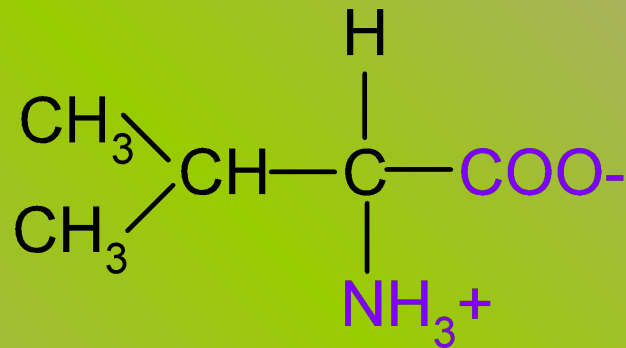
В составе коллагена пролин при участии аскорбиновой кислоты окисляется в оксипролин. Чередующиеся остатки пролина и оксипролина способствуют созданию стабильной трёхспиральной структуры коллагена, придающей молекуле прочность.



# Классификация по R-группам

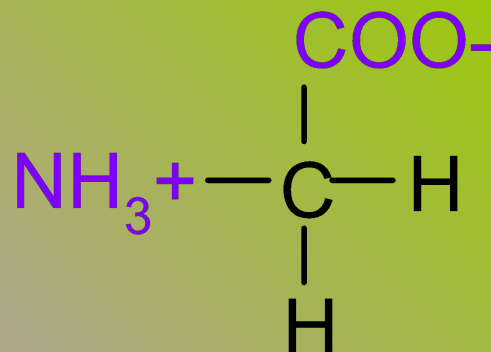
## 1. Неполярные (гидрофобные):

аланин, валин, изолейцин, лейцин, метионин, пролин, триптофан, фенилаланин



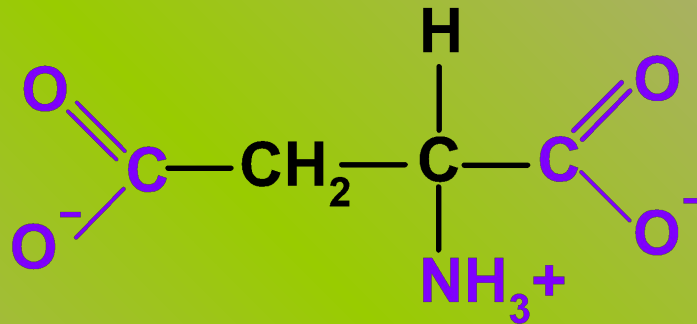
## 2. Полярные незаряженные:

аспарагин, глицин, глутамин, серин, тирозин, треонин, цистеин

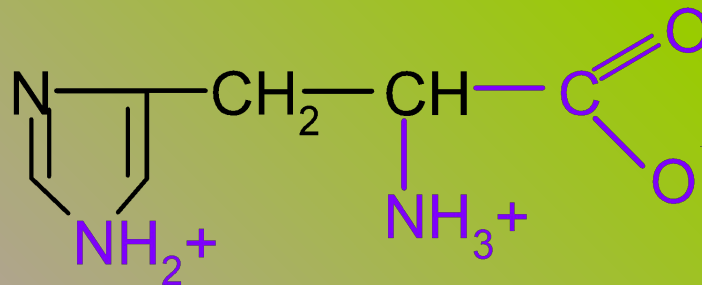


# Классификация по R-группам

3. Заряженные отрицательно при pH=7 (кислые):  
аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота

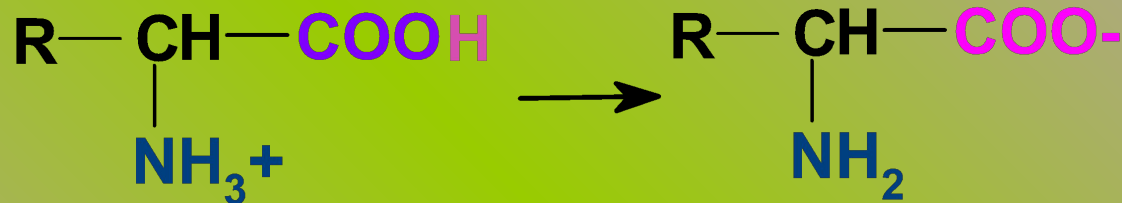


4. Заряженные положительно при pH=7 (щелочные):  
аргинин, гистидин, лизин

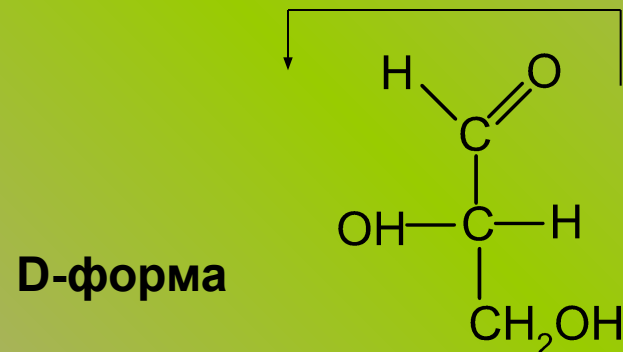
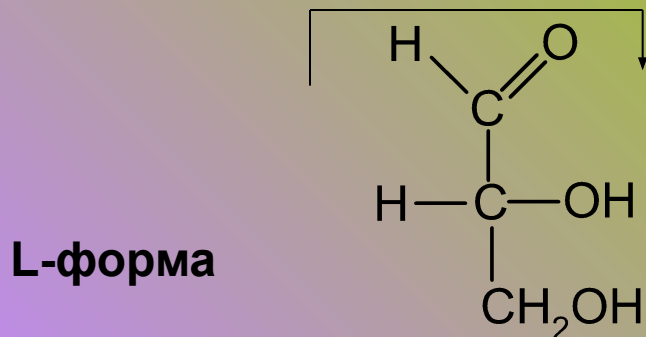


# Физико-химические свойства

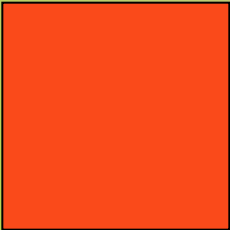
1. **Амфотерность** – в водных растворах ионы аминокислот ведут себя как амфотерные электролиты - амфионы



2. **Стереоизомерия** – принадлежность аминокислот к L- или D-форме определяется по структуре глицеринового альдегида. Все природные АК относятся к L-форме.



# Реакции для идентификации АК

| Название                        | Реактивы  | Определяемая АК                     | Окраска   |
|---------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| Реакция Миллона                 | $\text{HgNO}_3$ в<br>$\text{HNO}_3$ в<br>присутствии<br>следов $\text{HNO}_2$ | Тирозин                             |    |
| Ксантопротеиновая реакция       | Кипящая<br>$\text{HNO}_3$   | Тирозин<br>Триптофан<br>Фенилаланин |    |
| Реакция с глиоксиловой кислотой | Глиоксиловая<br>кислота в<br>конц. $\text{H}_2\text{SO}_4$                    | Триптофан                           |  |

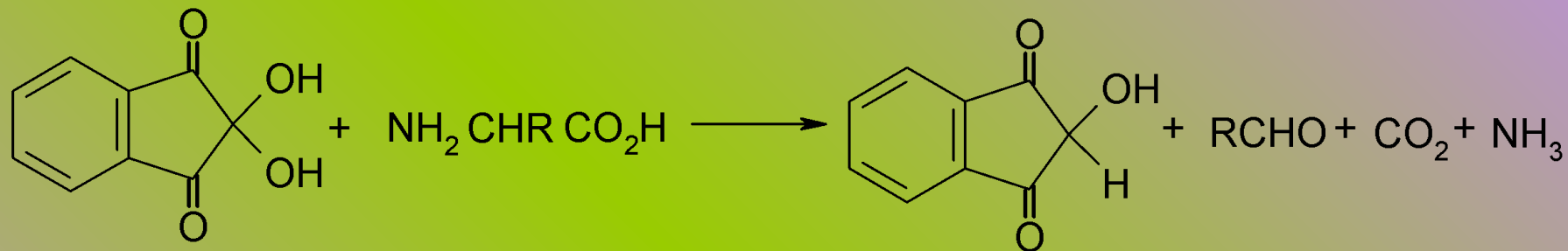
|                                |  |           |  |
|--------------------------------|--|-----------|--|
| <b>Реакция Эрлиха</b>          | Диметиламино бензальдегид в конц. HCl        | Триптофан |   |
| <b>Реакция Сакагуши</b>        | $\alpha$ -нафтол и гипохлорит натрия         | Аргинин   |   |
| <b>Нитропруссидная реакция</b> | Нитропруссид натрия в растворе $\text{NH}_3$ | Цистеин   |  |

|                                 |  |                     |   |
|---------------------------------|--|---------------------|---|
| <b>Реакция Паули</b>            | Диазотированная сульфаниловая кислота в щел.растворе         | Тирозин<br>Гистидин |    |
| <b>Реакция Фолина-Чиокалтоу</b> | Фосфомолибдодвольфрамовая кислота                            | Тирозин             |    |
| <b>Реакция Салливана</b>        | 1,2-нафтохинон-4-сульфонат натрия и $\text{Na}_2\text{SO}_3$ | Цистеин             |  |



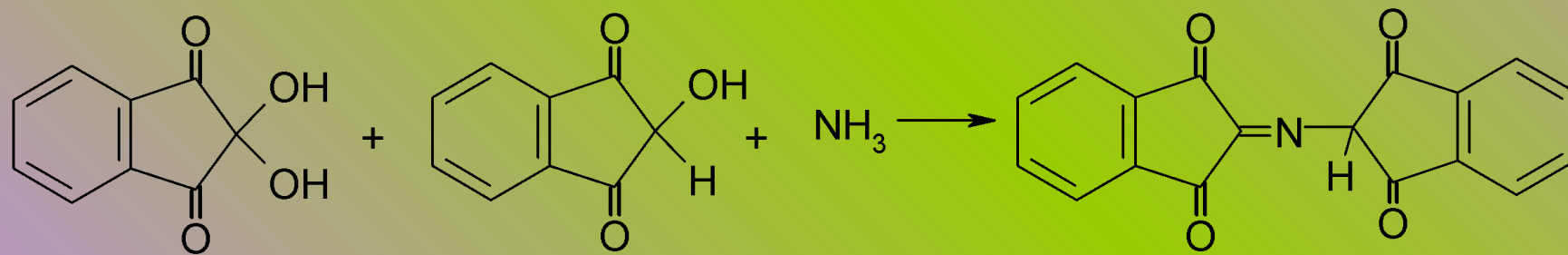
# Универсальные химические реакции на АК

## 1. Реакция с нингидрином



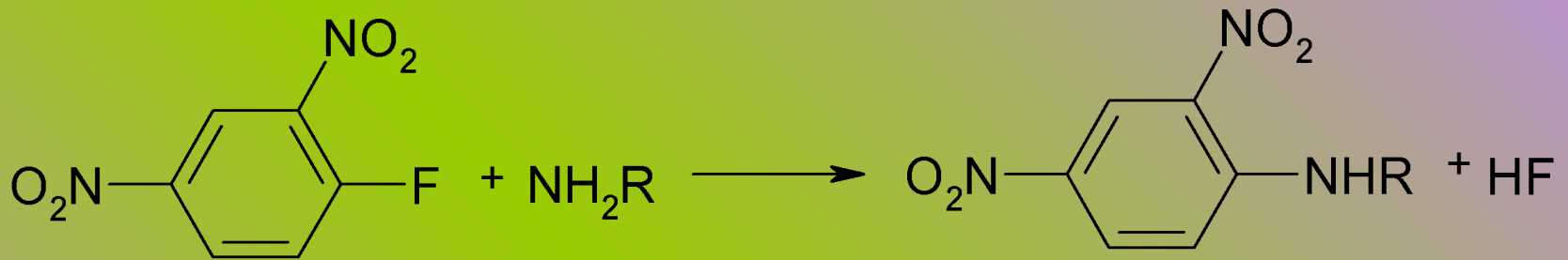
нингидрин

гидриндантин



Сине-фиолетовая окраска

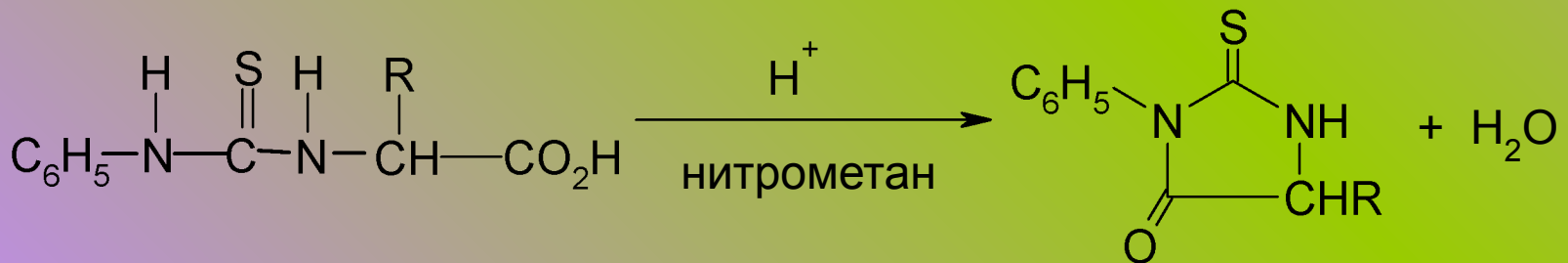
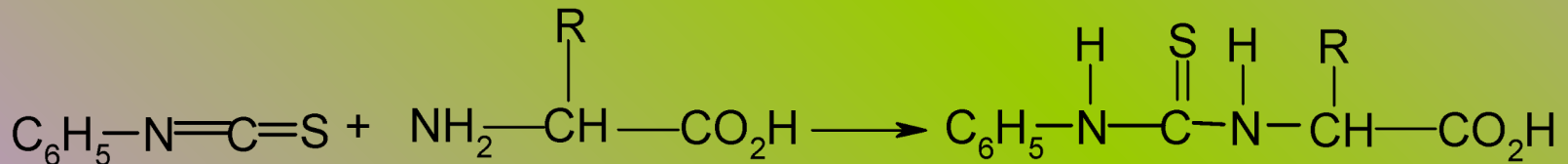
## 2. Реакция с 1-фтор-2,4-динитробензолом



1-фтор-2,4-динитробензол

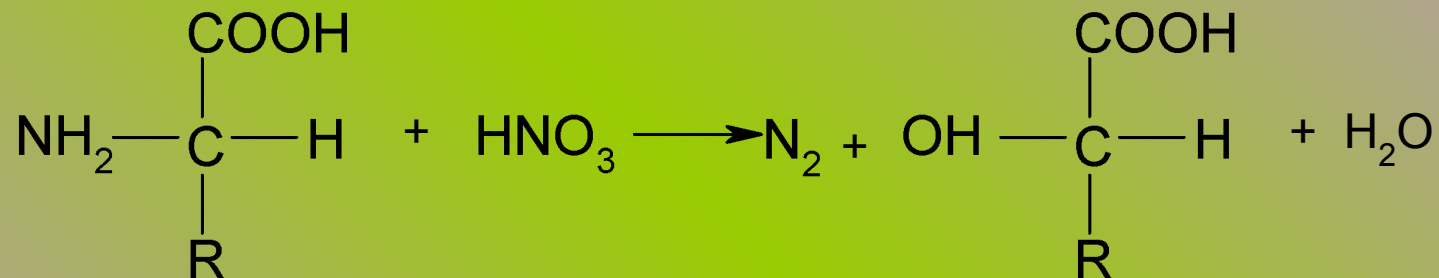
Желтая окраска

## 3. Реакция с фенилизотиоцианатом

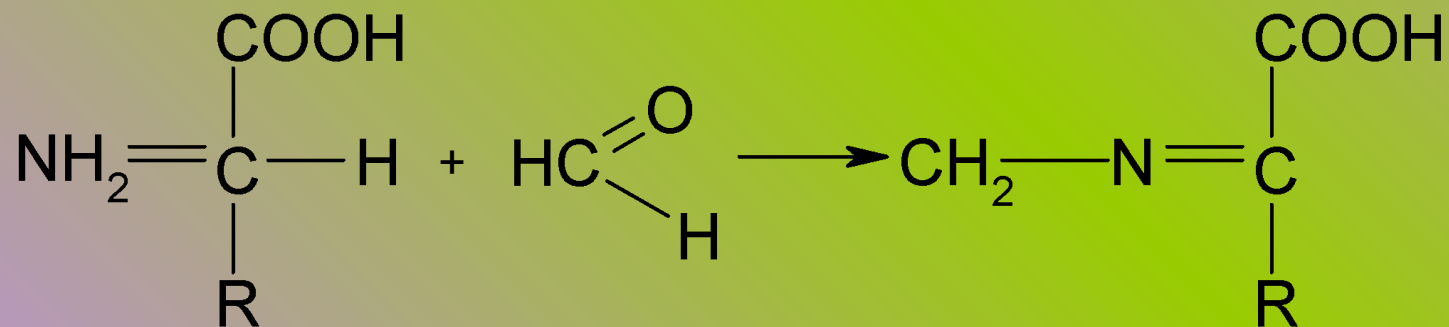


фенилгидантоин

## 4. Реакция Ван-Сляйка (деазотирования)



## 5. Реакция с формальдегидом





*Спасибо за внимание!*

