

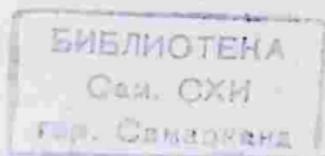
С. В. БУХОВЕЦ

577.1
Б-944

УПРАЖНЕНИЯ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ

*Утверждено
Министерством просвещения РСФСР
в качестве учебного пособия
для педагогических институтов*

ИЗДАНИЕ 2е, ПЕРЕРАБОТАННОЕ



«ПРОСВЕЩЕНИЕ» МОСКВА 1969

к

Буховец С. В.

Упражнения по биологической химии. Учебное пособие для пед. ин-тов. М., «Просвещение», 1969.

Цель предлагаемого пособия, написанного в соответствии с программой по биологической химии педагогических институтов, способствовать закреплению и детализации знаний по этому предмету. Материалы, приведенные в данной работе, значительно расширяют изучаемые в курсе биохимии вопросы. Это касается, в частности, методов синтеза пептидов, большинства ферментативных реакций и т. д., а раскрытие химии важнейших природных соединений подведет к пониманию их превращений в организме и механизма этих превращений.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие «Упражнения по биологической химии» предназначено для семинарских занятий и самостоятельной работы студентов, изучающих биологическую химию. Объем сведений, приведенных в упражнениях, соответствует программе по биохимии для педагогических институтов.

В условии многих упражнений сообщаются сведения о роли и значении данного вещества или его производных. Такое содержание упражнений способствует лучшему закреплению знаний, полученных на лекциях. Одни упражнения используют для семинарских занятий, а другие — для контрольных работ и домашних заданий.

В главе «Углеводы», кроме упражнений по обмену углеводов, помещены задачи на превращение углеводов в аспекте органической химии. Это объясняется тем, что по существующей программе углеводы в органической химии не изучаются.

В ряде упражнений несколько раз повторяются одни и те же вещества, такие, например, как АТФ, КоА, НАД и др. Не надо писать много раз полные формулы этих сложных веществ. Но следует добиваться четкого представления о таких веществах и в каждом отдельном случае уметь воспроизводить их формулы.

Во время семинарских занятий по биохимии надо пользоваться таблицами с формулами сложных веществ. Необходимо указывать на таблице те места в молекуле, где происходит то или иное превращение. Например, когда идет речь об окислении с помощью дегидрогеназы, нужно показать, куда присоединяются два атома водорода. В данном случае можно не писать полную формулу никотинамидадениндинуклео-

тида (НАД), а только часть ее, где происходит акцептирование водорода. Можно рекомендовать иметь таблицы с формулами следующих веществ: АТФ, НАД, фрагмента НАД (его никотинамидную часть, окисленную и восстановленную), НАДФ, кофермента А, флавиномононуклеотида, флавинадениндинуклеотида, фрагментов ДНК, РНК, схему цитратного цикла, хлорофилла, гемина и др.

Замечания и пожелания направлять по адресу: Москва, ГСП-110, 3-й проезд Марьиной рощи, 41, издательство «Просвещение».

БЕЛКИ

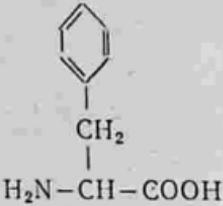
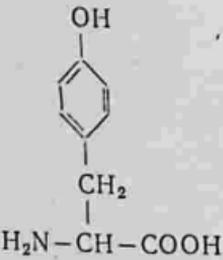
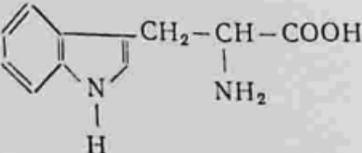
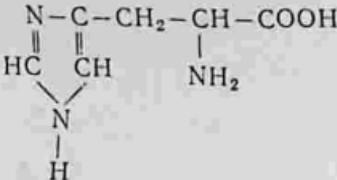
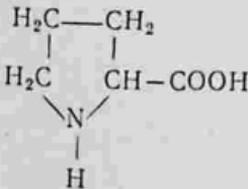
Таблица 1

Аминокислоты, постоянно встречающиеся в составе белков

Формула	Название аминокислоты	Сокращенное обозначение
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Глицин (аминоуксусная кислота)	Гли
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Аланин (α -аминопропионовая кислота)	Ала
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{CH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Валин (α -аминоизовалериановая кислота)	Вал
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Лейцин (α -аминоизокапроновая кислота)	Лей
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Изолейцин (α -амино- β -метилвалериановая кислота)	Илей

Формула	Название аминокислоты	Сокращенное обозначение
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Серин (α -амино- β -окси-пропионовая кислота)	Сер
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Треонин (α -амино- β -оксимасляная кислота)	Тре
$\begin{array}{c} \text{SH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Цистеин (α -амино- β -тио-пропионовая кислота)	Цис
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Цистин (β , β -дитио-бис- α -аминопропионовая кислота)	Цис-S-S
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Метионин (α -амино- γ -метил-тиомасляная кислота)	Мет

Формула	Название аминокислоты	Сокращенное обозначение
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Аспарагиновая (аминоянтарная кислота)	Асп
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Глутаминовая (α -аминоглутаровая кислота)	Глу
$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{NH} \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Аргинин (α -амино- δ -гуанидилвалериановая кислота)	Арг
$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Лизин (α, ϵ -диаминокапроновая кислота)	Лиз

Формулы	Название аминокислоты	Сокращенное обозначение
 $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Фенилаланин (α -амино- β -фенил-пропионовая кислота)	Фен
 $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \end{array}$	Тирозин (α -амино- β -пара-оксифенил-пропионовая кислота)	Тир
 $\begin{array}{c} \text{Indole} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Триптофан (α -амино- β -индол-лилпропионовая кислота)	Трип
 $\begin{array}{c} \text{N}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Гистидин (α -амино- β -имидазол-лил-пропионовая кислота)	Гис
 $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}-\text{COOH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Пролин (пирролидин- α -карбонная кислота)	Про

1. В состав белков, кроме аминокислот, входят два амида: а) аспарагин (амид аспарагиновой кислоты) и б) глутамин (амид глутаминовой кислоты).

Напишите формулы этих амидов.

2. К числу аминокислот, редко встречающихся в составе белков, относятся: а) α -аминоизомаляновая кислота, б) оксипролин (оксипирролидин- α -карбоновая кислота), в) оксализин (α , ϵ -диамино- δ -оксикапроновая кислота), г) орнитин (α , δ -диаминовалериановая кислота).

Напишите формулы этих кислот.

3. Напишите формулы протеиногенных аминокислот, имеющих в растворе кислую реакцию.

4. Напишите формулы протеиногенных аминокислот, имеющих в растворе щелочную реакцию.

5. Среди протеиногенных аминокислот имеется восемь незаменимых: валин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, лизин, фенилаланин, триптофан.

Выпишите их формулы в отдельную таблицу.

6. Напишите формулы ароматических протеиногенных кислот.

7. Напишите формулы протеиногенных аминокислот, имеющих в своем составе гетероциклическое кольцо.

8. Напишите формулы протеиногенных аминокислот, содержащих серу.

9. Напишите формулы протеиногенных аминокислот, содержащих гидроксильную группу.

10. Напишите уравнения реакций взаимодействия глицина: а) с едким натром, б) с соляной кислотой.

11. Напишите уравнения реакций взаимодействия изолейцина: а) с едким кали, б) с серной кислотой.

12. Напишите уравнения реакций взаимодействия хлористого ацетила: а) с алаанином, б) с лизином.

13. Напишите уравнение реакции взаимодействия лейцина с пятихлористым фосфором.

14. Напишите уравнения реакций взаимодействия с уксусным альдегидом: а) валина, б) изолейцина.

15. Для газометрического определения аминокислот используют реакцию взаимодействия аминокислот с азотистой кислотой.

Напишите уравнения реакций взаимодействия азотистой кислоты со следующими аминокислотами: а) лизином, б) треонином.

16. Напишите уравнение реакции взаимодействия фенилаланина: а) с соляной кислотой, б) с едким натром.

17. Напишите уравнения реакций, происходящих при нагревании: а) аланина, б) изолейцина.

18. Аминокислоты содержат одновременно две группы: COOH и NH_2 , обе они способны к ионизации. Поэтому аминокислоты обладают свойствами и кислот и оснований, они являются амфолитами.

Напишите в виде амфионов формулы: а) аланина, б) серина, в) фенилаланина, г) треонина.

19. Напишите проекционные формулы: а) *L*-серина, б) *L*-валина, в) *L*-лейцина, г) *L*-цистеина, д) *L*-тирозина.

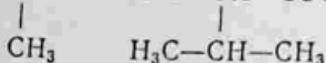
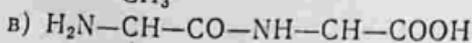
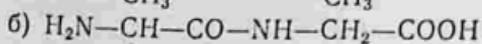
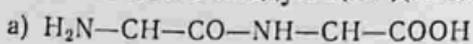
20. Напишите проекционные формулы *D*- и *L*-фенилаланина.

21. α -Аминокислоты могут быть синтезированы разными способами: из альдегидов, через оксинитрилы; из α -галогенозамещенных жирных кислот при действии на них аммиаком; восстановлением соответствующих α -кетокислот в присутствии аммиака.

Напишите уравнения реакций получения этими способами следующих аминокислот: а) аланина, б) валина.

22. Напишите формулы дипептидов: а) глицилаланина, б) аланилглицина, в) лейцилаланина, г) аланиллейцина, д) лейцилвалина, е) глутамилглицина, ж) аспарагилаланина.

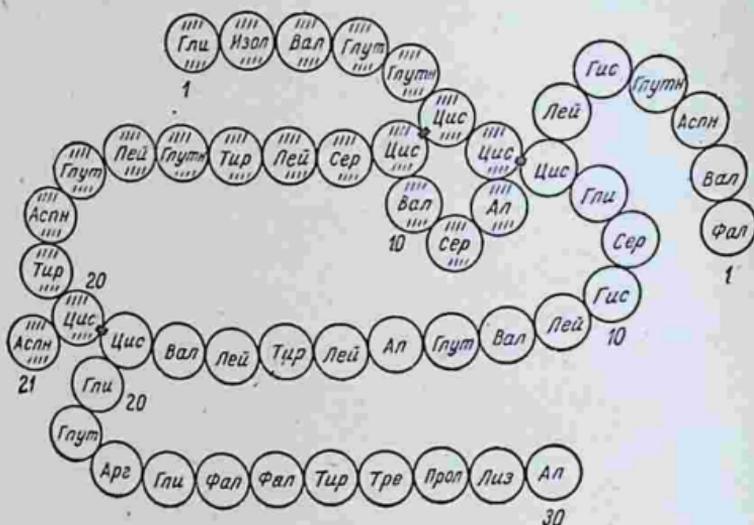
23. Назовите следующие дипептиды:



24. Напишите формулы и назовите дипептиды, которые могут быть получены из следующих аминокис-

30. Напишите формулы следующих трипептидов:
 а) аланилглицилаланина, б) лейцилглицилаланина,
 в) аланиллейцилглицина.

31. Напишите и назовите формулы трипептидов,



 Цепь А (1-21 аминокислотные остатки)

 Цепь Б (1-30 аминокислотные остатки)

Первичная структура молекулы инсулина.

соответствующих следующим звеньям молекулы рибонуклеазы: а) 8, 9 и 10-му, б) 14, 15 и 16-му (стр. 11).

32. Напишите и назовите формулу трипептида, соответствующего фрагменту молекулы рибонуклеазы со звеньями 60, 61, 62 (стр. 11).

33. Напишите формулу и назовите тетрапептид, соответствующий 10, 11, 12, 13-му звеньям инсулина в цепи А (стр. 12).

34. Напишите формулу и назовите пентапептид, соответствующий фрагменту молекулы инсулина в цепи Б со звеньями 26, 27, 28, 29, 30 (стр. 12).

35. Напишите названия и формулы всех трипептидов, которые можно получить из следующих аминокислот: а) аланин, аланин, аланин, б) глицин, глицин, аланин; в) глицин, лейцин, аланин. (В молекулу три-

В ней стрелки направлены в стороны тех аминокислот, аминогруппа которых участвует в образовании пептидной связи.

Напишите полную формулу грамицидина.

40. Исследования показали, что можно получить пептиды со свойствами грамицидина. Для этого надо получить пептид из 5 или 10 аминокислот, но чтобы δ -аминогруппа орнитина, входящего в состав полипептида, оставалась свободной.

Напишите формулу полипептида из 5 аминокислот, в которой δ -аминогруппа орнитина была бы свободной.

41. В чередовании аминокислот в молекулах белков замечается закономерность структурного подобия. Так, в молекуле инсулина (стр. 12) звенья 8, 9, 10 (в цепи А) совпадают со звеньями 122, 123, 124 в молекуле рибонуклеазы (стр. 11). Подобно этому звенья 10, 11, 12 (в цепи А) инсулина такие же, как звенья 57, 58, 59 в рибонуклеазе, а звенья 12, 13, 14 (в цепи Б) инсулина аналогичны звеньям 54, 55, 56 в молекуле рибонуклеазы.

Выпишите фрагменты молекул инсулина и рибонуклеазы, содержащие подобные звенья, используя их сокращенное обозначение. Напишите полные формулы этих фрагментов.

42. В молекулах белков встречаются фрагменты, отличающиеся друг от друга взаимозаменяемыми аминокислотными остатками¹. Вот пары таких кислот: а) глицин и серин, б) глицин и аланин, в) лейцин и изолейцин, г) глутаминовая кислота и аспарагиновая кислота.

Напишите попарно формулы взаимозаменяемых кислот.

43. В молекулах инсулина и рибонуклеазы встречаются звенья, содержащие взаимозаменяемые аминокислотные остатки.

Сравните: звенья 4, 5, 6 в цепи А инсулина со звеньями 70, 71, 72 в молекуле рибонуклеазы; звенья 21, 22, 23 в цепи Б инсулина со звеньями 9, 10, 11 в рибонуклеазе и, наконец, звенья 13, 14, 15 в цепи Б

¹ Взаимозаменяемыми называются остатки таких кислот, которые близки по строению или биогенетически.

инсулина со звеньями 55, 56, 57 в молекуле рибонуклеазы.

Выпишите в сокращенном обозначении фрагменты молекул инсулина и рибонуклеазы, содержащие взаимозаменяемые остатки аминокислот. Напишите их полные формулы.

44. Глюкопротеиды в качестве простетической части содержат углеводы, которые находятся в этих белках в виде высокомолекулярных соединений. В продуктах гидролиза углеводной части глюкпротеидов находят маннозу, галактозу, глюкозамин, галактозамин, глюкуроновую, уксусную и серную кислоты.

Напишите формулы продуктов гидролиза углеводной части глюкпротеидов, названных в условии задачи.

45. Фосфопротеиды содержат в качестве небелковой части остаток фосфорной кислоты, которая образует сложноэфирные группировки за счет гидроксильных групп серина, треонина, тирозина, входящих в состав полипептидной цепи.

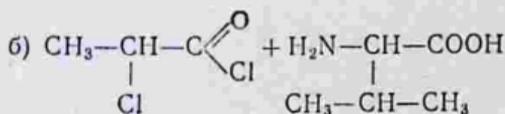
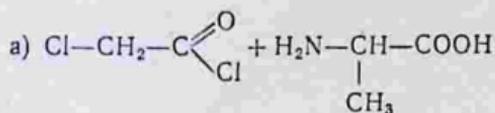
Напишите схему реакций присоединения фосфорной кислоты к следующим фрагментам рибонуклеазы: а) Сер-Гли-Тре-Сер-Глу; б) Тир-Лиз-Сер-Гли-Тре.

46. При гидролизе фосфопротеидов часто обнаруживают серинфосфорную кислоту.

Напишите формулу серинфосфорной кислоты.

47. При синтезе полипептидов в лаборатории используют, в частности, реакцию между галоидангидридом α -галоидокислоты и аминокислотой с последующей заменой галоида в галоидоацильном производном на аминогруппу действием аммиака.

Допишите уравнения реакций синтеза дипептидов:



48. Напишите уравнения реакций синтеза следующих дипептидов: а) глицилглицина, б) аланилвалина, в) глициллейцина, г) валилсерина.

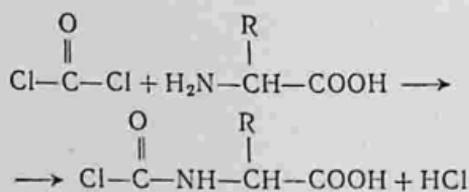
49. Напишите уравнения реакций синтеза следующих трипептидов: а) глицилаланилаланина, б) глицилглицилаланина, в) аланилцистеинилвалина, г) изолейцилвалилглутамина.

50. Напишите уравнения реакций синтеза дипептидов, соответствующих 58-му и 59-му звеньям рибонуклеазы (стр. 11).

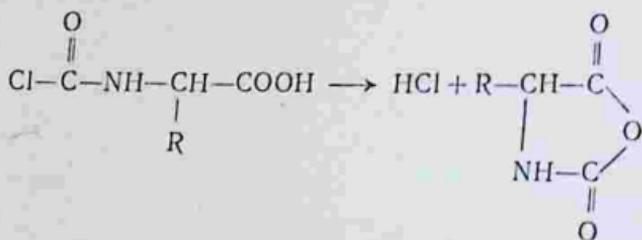
51. Напишите уравнения реакций синтеза трипептида, по составу соответствующего фрагменту молекулы инсулина со звеньями 1, 2 и 3 в цепи А.

52. Напишите уравнения реакций синтеза трипептида, соответствующего по составу фрагменту молекулы инсулина со звеньями 23, 24 и 25 в цепи Б.

53. Одним из способов синтеза полиаминокислот является конденсация карбоксиангидридов в неводных растворах (нитробензол, диоксан, тетрагидрофуран и др.). Карбоксиангидриды получают при взаимодействии фосгена с аминокислотами в две стадии:

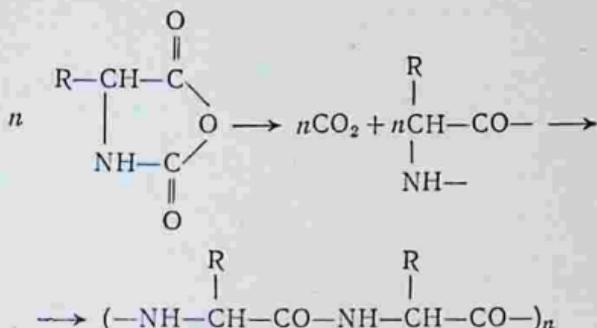


После отнятия молекулы соляной кислоты образуется карбоксиангидрид:



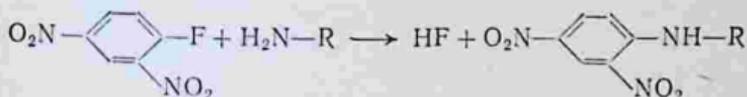
Полученный карбоксиангидрид (при действии воды, водной щелочи или аминов) конденсируется,

образуя полипептид:



Напишите схему реакции синтеза полипептидов по описанному способу: а) из глицина, б) из аланина, в) из лейцина.

54. При определении строения молекулы белка используется 2,4-динитрофторбензол. Это вещество вступает во взаимодействие с концевой группой молекулы белка, давая окрашенные производные аминокислоты:

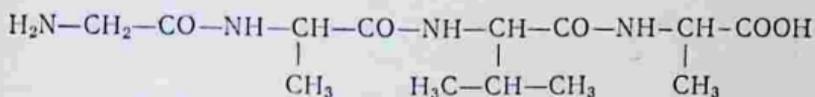


Продукт взаимодействия 2,4-динитрофторбензола с белком может быть подвергнут действию соляной кислоты. При этом происходит гидролиз, рвутся все пептидные связи и получается смесь соответствующих аминокислот. Но одна аминокислота, бывшая концевой, остается связанной с 2,4-динитробензолом.

Напишите схему реакции взаимодействия пептида лейцилаланилглицина с 2,4-динитрофторбензолом.

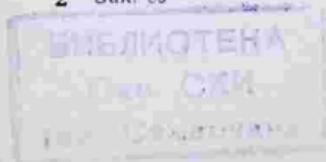
Напишите уравнение реакции гидролиза полученного вещества.

55. Напишите уравнение реакции взаимодействия 2,4-динитрофторбензола с полипептидом



и уравнение реакции гидролиза полученного вещества.

56. Напишите уравнение реакции взаимодействия 2,4-динитрофторбензола с полипептидом H₂N-Ала-



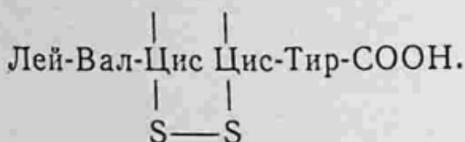
Сер-Ала-Вал-Тир-СООН и уравнение реакции гидролиза получившегося вещества.

57. При действии надмуравьиной кислоты на полипептиды расщепляются дисульфидные мостики, а по месту каждого атома серы образуются сульфогруппы.

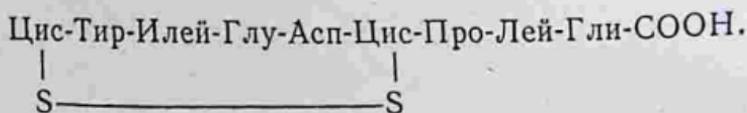
Напишите уравнение реакции окисления цистина

с помощью надмуравьиной кислоты $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{OH}$.

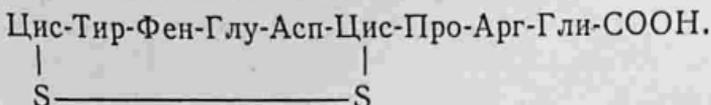
58. Напишите уравнение реакции действия надмуравьиной кислоты на полипептид



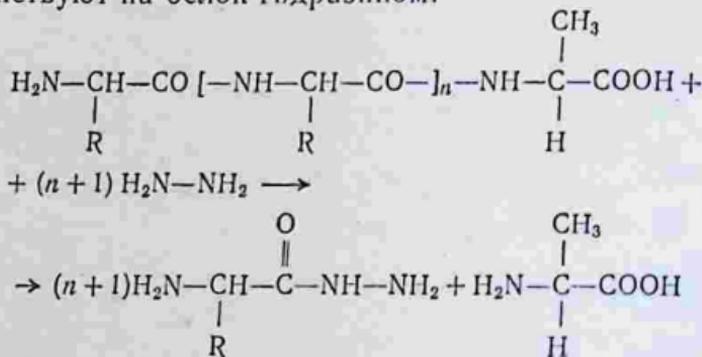
59. Напишите уравнение реакции действия надмуравьиной кислоты на гормон окситоцин (упр. 388)



60. Напишите уравнение реакции действия надмуравьиной кислоты на гормон вазопрессин (упр. 388)



61. Для определения концевой аминокислоты со стороны карбоксильной группы в молекуле белка действуют на белок гидразином:



Концевые аминокислоты получившихся полипептидов напишите полной формулой, а все промежуточные — в сокращенном обозначении.

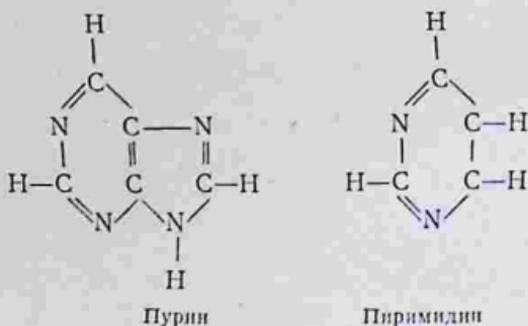
64. Напишите схему строения полипептида (используя сокращенное обозначение звеньев), соответствующего фрагменту молекулы рибонуклеазы с 38-го по 48-е звено (стр. 11).

Напишите схемы реакций, происходящих при действии на этот полипептид трипсина, а затем химотрипсина.

Концевые аминокислоты напишите полной формулой, а промежуточные остатки аминокислот — в сокращенном виде.

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

65. При гидролизе нуклеиновых кислот, наряду с другими веществами, получают основания, которые являются производными двух гетероциклических соединений — пурина и пиримидина:



Из пуриновых оснований в составе мононуклеотидов встречаются: аденин (6-аминопурин) и гуанин (2-амино-6-оксипурин), а из пиримидиновых — урацил (2, 6-диоксипиримидин), тимин (5-метилурацил) и цитозин (2-окси-6-аминопиримидин).

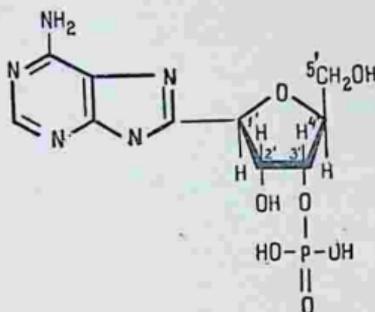
Напишите формулы этих оснований.

66. Напишите в двух таутомерных формах каждое из следующих оснований: гуанин, урацил, тимин и цитозин.

67. В составе мононуклеотидов встречаются две пентозы: *D*-рибоза и *D*-дезоксирибоза.

Напишите их формулы.

68. Примером мононуклеотида является адениловая кислота — аденозин-3'-фосфат¹:



Известна и другая АМФ (аденозинмонофосфорная кислота) — аденозин-5'-фосфат.

Напишите его формулу.

69. Важное значение в обмене имеет аденозин-5'-трифосфат (АТФ), который по строению аналогичен аденозин-5'-фосфату и отличается от последнего только тем, что к его остатку фосфорной кислоты присоединяется последовательно по типу эфирной связи еще два остатка фосфорной кислоты.

Напишите формулу АТФ.

70. АТФ может быть получен из других макроэргических соединений, называемых АТФ-генерирующими веществами, например:

- а) креатинфосфат + АДФ² → АТФ + креатин,
- б) фосфоэнолпировиноградная кислота + АДФ →
→ АТФ + пировиноградная кислота,
- в) 1,3-дифосфоглицериновая кислота + АДФ →
→ АТФ + 3-фосфоглицериновая кислота.

Напишите уравнения этих реакций.

¹ При нумерации атомов углерода в моносахаридах принято ставить над цифрой штрих, чтобы не смешивать с нумерацией в основаниях.

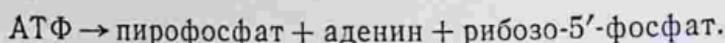
² АДФ — аденозидифосфорная кислота. В молекуле этой кислоты два остатка фосфорной кислоты, последовательно связанные один с другим.

71. Напишите формулы следующих нуклеозидтрифосфатов: а) ГТФ — гуанозинтрифосфат, б) УТФ — уридинтрифосфат, в) цитидинтрифосфат.

72. При гидролизе аденозин-5'-трифосфата (АТФ) разбавленной щелочью получается аденозин-5'-фосфат и пирофосфат.

Напишите уравнение этой реакции.

73. Напишите уравнение реакции кислотного гидролиза аденозин-5'-трифосфата в соответствии со схемой:



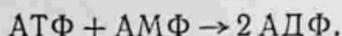
74. В продуктах распада белков дрожжей встречается гуаниловая кислота, она сходна по строению с аденозин-5'-фосфатом, только в качестве основания у нее вместо аденина гуанин.

Напишите формулу гуаниловой кислоты.

75. При гидролизе нуклеиновой кислоты дрожжей были получены цитидиловая и уридиловая кислоты. Они так же, как и аденозин-3-фосфат, имеют один остаток фосфорной кислоты у 3-го атома углерода рибозы, но отличаются тем, что в качестве основания имеют соответственно цитозин и урацил.

Напишите формулы цитидиловой и уридиловой кислот.

76. Мононуклеотиды под влиянием ферментов отщепляют или присоединяют фосфатные группы. Под влиянием аденилаткиназы идет реакция:



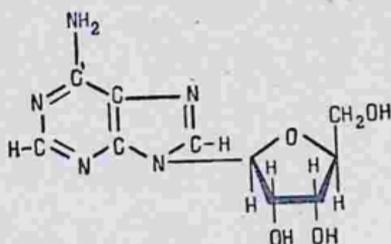
Напишите полное уравнение этой реакции.

77. Нуклеотиды под влиянием ферментов подвергаются гидролизу. Аденозинмонофосфат при участии фермента АМФ-нуклеозидазы образует аденин и D-рибозо-5-фосфат.

Напишите уравнение этой реакции.

78. Нуклеотиды под влиянием ферментов распадаются, при этом отщепляются остатки фосфорной кислоты и получают соединения, состоящие из основания и углевода. Такие вещества называются ну-

клеозидами. Например, из адениловых кислот получается аденозин



из гуаниловой (упр. 74) — гуанозин, из цитидиловой — цитидин, из уридилловой — уридин.

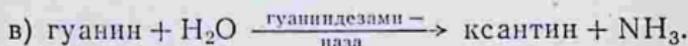
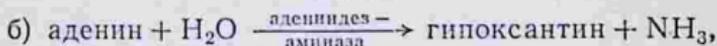
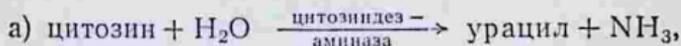
Напишите формулы названных нуклеозидов.

79. При кислотном гидролизе нуклеозидов: аденозина, гуанозина, цитидина и уридина образуются основания (соответственно аденин, гуанин, цитозин, урацил) и *D*-рибоза.

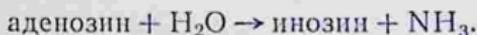
Напишите уравнения этих реакций.

80. Нуклеозиды и основания, входящие в состав мононуклеотидов, подвергаются гидролизу при воздействии на них соответствующих ферментов. При этом выделяется аммиак.

Напишите уравнения реакций гидролиза оснований в соответствии со схемами:



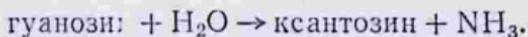
81. Напишите уравнение реакции гидролиза аденозина в соответствии со схемой:



82. Напишите уравнение реакции гидролиза цитидина в соответствии со схемой:

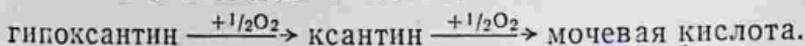


83. Напишите уравнение реакции гидролиза гуанозина в соответствии со схемой:

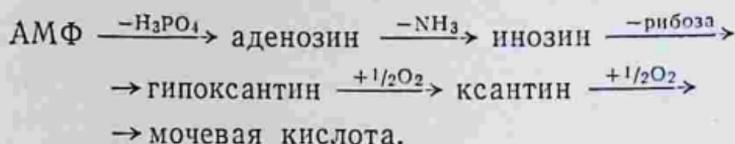


84. Напишите формулы следующих мононуклеотидов: а) инозин-5-фосфат, б) ксантозин-3-фосфат, в) тимидин-3-фосфат.

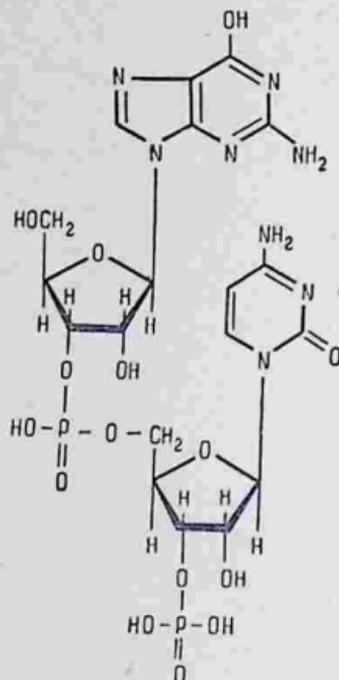
85. Напишите уравнение реакции окисления гипоксантина и ксантина в соответствии со схемой:



86. Напишите уравнения реакций распада мононуклеотида в соответствии со схемой:



87. Нуклеиновые кислоты являются полинуклеотидами, составленными из большого числа мононуклеотидов. Связь мононуклеотидов осуществляется кислородным мостиком, образованным за счет гидроксила углевода одного мононуклеотида и гидроксила фосфорной кислоты другого, как, например, в молекуле динуклеотид-3-гуанилцитидиловой кислоты

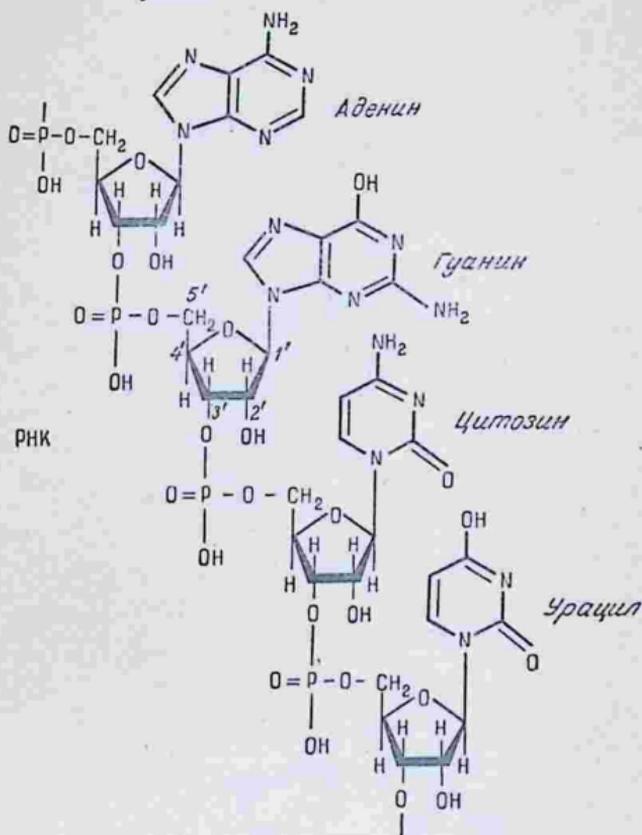


Напишите формулу строения тринуклеотида гуанилцитозилтимина.

88. Нуклеиновые кислоты (НК) разделяются на рибонуклеиновые (РНК) и дезоксирибонуклеиновые (ДНК). В составе рибонуклеиновых кислот углеводов является рибоза, в дезоксирибонуклеиновых кислотах — дезоксирибоза.

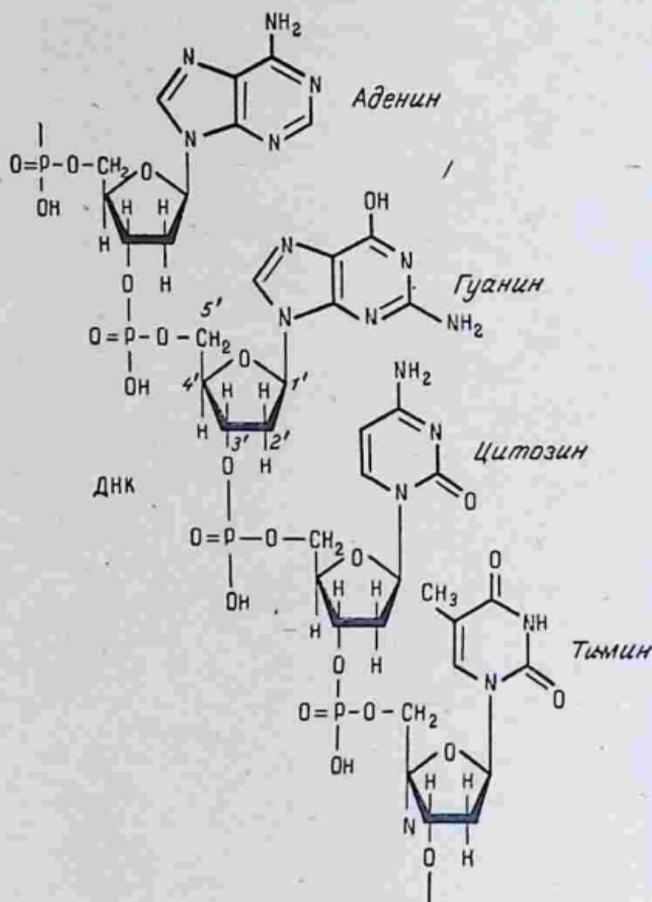
Напишите формулу мононуклеотида, в котором основанием является урацил, а углеводов дезоксирибоза.

89. Напишите формулу динуклеотида, входящего в состав ДНК, в котором в качестве оснований были бы аденин и гуанин.



Формула фрагмента молекулы РНК.

90. Рибонуклеиновые кислоты (РНК) отличаются от дезоксирибонуклеиновых (ДНК) строением углеводных звеньев и пиримидиновыми основаниями:



Формула фрагмента молекулы ДНК.

а) Напишите в тетради отдельные фрагменты молекулы ДНК и РНК и отметьте цветным карандашом (одним цветом — различные основания, другим — углеводную часть).

б) Пронумеруйте углеродные атомы в одном углеводном звене.

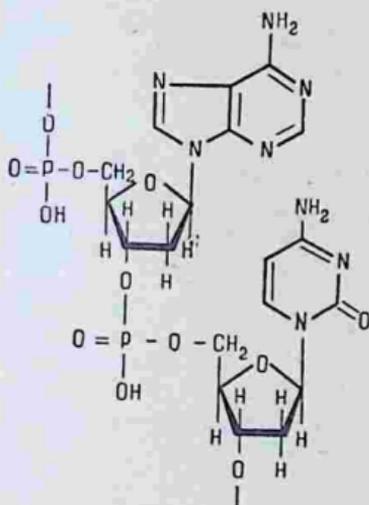
в) В каждом мононуклеотиде обведите карандашом (у себя в тетради) остатки нуклеозидов. Напишите сбоку их названия.

91. Для удобства написания формул нуклеозидов пользуются их сокращенными буквенными обозначениями: А — аденозин, Г — гуанозин, Т — дезокситимидин, Ц — цитидин, У — уридин.

Напишите против этих обозначений их формулы.

92. Используя условное написание для нуклеозидов (упр. 91) и обозначая остаток фосфорной кислоты буквой р (малое), полинуклеотидную цепочку записывают в таком виде: рАрЦрЦрТрАрГрА.

Два первых звена этой полинуклеотидной цепочки ДНК подробно должны быть записаны так:



Остаток фосфорной кислоты (р) связан с третьим углеродным атомом углеводного остатка того нуклеозиды, который стоит в цепочке слева от (р), и с пятым углеродным атомом углеводного остатка нуклеозиды, стоящего справа.

Напишите и назовите:

- фрагмент, состоящий из двух последних звеньев приведенной здесь сокращенной формулы;
- фрагмент, состоящий из трех первых звеньев приведенной сокращенной формулы.

93. Напишите формулу фрагмента двойной спирали ДНК в соответствии со схемой на странице 28.

Обозначьте водородные связи, с помощью которых основания связываются одно с другим.

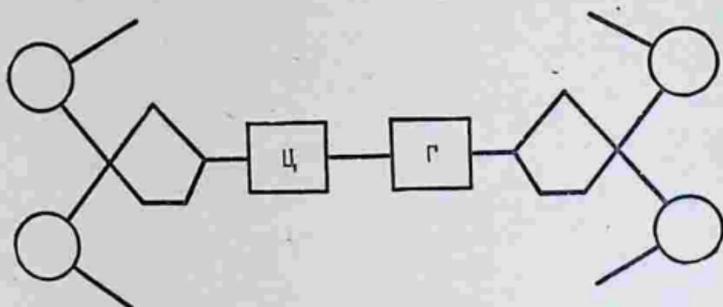


Схема фрагмента двойной спирали молекулы ДНК.

94. Напишите фрагмент двойной спирали ДНК в соответствии со схемой:

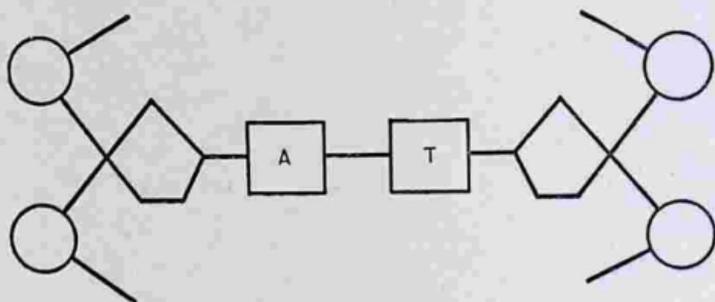


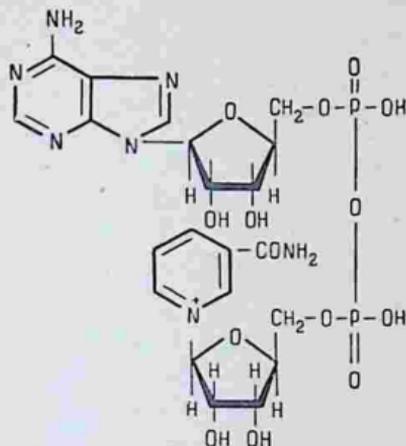
Схема фрагмента двойной спирали ДНК: кружком обозначены остатки фосфорной кислоты, пятиугольником дезоксирибоза, буквами основания: А — аденин, Ц — цитозин, Г — гуанин, Т — тимин.

95. Напишите полную формулу фрагмента ДНК, выраженную сокращенной формулой — рАрЦрТ (упр. 92), и схему реакции расщепления этого фрагмента до нуклеозидов.

ФЕРМЕНТЫ

96. Напишите формулы динуклеотидов: а) пиримидинадениндинуклеотида, б) никотинамидгипоксантиндинуклеотида, которые являются аналогами кофермента никотинамидадениндинуклеотида (НАД).

Формула НАД



97. НАД при кислотном гидролизе образует аденин, никотинамид, пентозу и фосфорную кислоту в молярном соотношении соответственно 1 : 1 : 2 : 2.

Напишите уравнение реакции кислотного гидролиза НАД.

98. НАДФ при кислотном гидролизе образует аденин, никотинамид, пентозу и фосфорную кислоту в отношении соответственно 1 : 1 : 2 : 3.

Напишите уравнение этой реакции.

99. При кислотном гидролизе НАД в мягких условиях из смеси полученных продуктов был выделен рибозо-5-фосфат. Установлено при этом, что рибоза является *D*-рибозой.

Напишите уравнение этой реакции.

100. При действии азотистой кислоты на НАД происходит дезаминирование адениновой части молекулы с образованием гипоксантинового производного без дальнейшего изменения молекулы НАД.

Напишите уравнение этой реакции.

101. При обработке НАД пирофосфатазой получают никотинамидмононуклеотид и аденин-5-фосфат.

Напишите уравнение этой реакции.

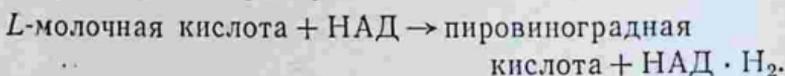
102. В результате ферментативного пирофосфоролита из АТФ и никотинамидмононуклеотида был синтезирован кофермент НАД.

Напишите уравнение этой реакции.

103. Молекула НАДФ отличается от НАД наличием третьей фосфатной группы. Место этой группы было установлено на основании следующих реакций: при действии на НАДФ пиррофосфатазы получаются никотинамидмононуклеотид и аденозиндифосфат (по два фосфорных остатка, не связанных последовательно один с другим). При гидролизе полученного аденозиндифосфата 5-нуклеотидазой получается аденозин-2-фосфат и фосфорная кислота.

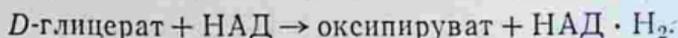
Напишите уравнения этих двух последовательно идущих реакций гидролиза НАДФ.

104. Фермент лактатдегидрогеназа, в котором коферментом является НАД, окисляет молочную кислоту в пировиноградную:



Напишите уравнение этой реакции.

105. Фермент глицератдегидрогеназа, в котором коферментом является НАД, окисляет глицериновую кислоту в оксипировиноградную кислоту:



Напишите уравнение этой реакции.

106. β -Оксибутиратдегидрогеназа окисляет *D*- β -оксимасляную кислоту (переноса водород на кофермент НАД) в ацетоуксусную кислоту.

Напишите уравнение этой реакции.

107. β -Оксизобутиратдегидрогеназа с помощью кофермента НАД окисляет β -оксизомасляную кислоту в полуальдегид метилмалоновой кислоты.

Напишите уравнение реакции такого окисления.

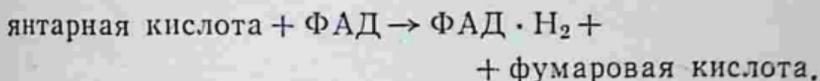
108. Глюкоза окисляется с участием кофермента НАД, образуя лактон глюконовой кислоты. Напишите уравнение этой реакции.

109. Кофермент флавиновых ферментов флавиноаденидинуклеотид (ФАД) образуется в результате соединения ФМН (флавиномононуклеотида) с АМФ (аденозинмонофосфатом).

Напишите уравнение реакции образования ФАД.

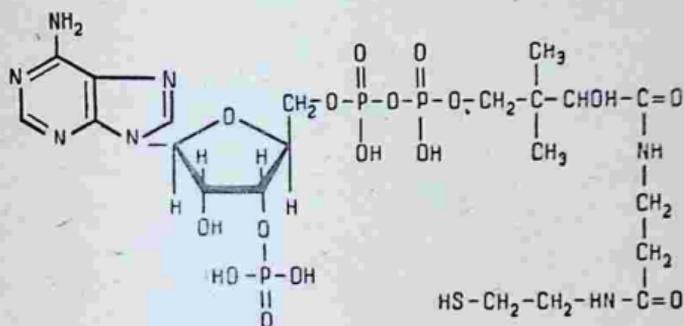
110. Кроме основной функции (перенос электронов от пиридиндинуклеотидов к цитохромам), флавопротеиды способны окислять некоторые субстраты и

непосредственно. Так, янтарная кислота окисляется флавопротенидом:

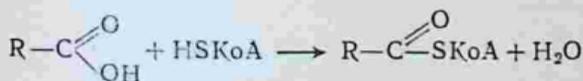


Напишите уравнение этой реакции.

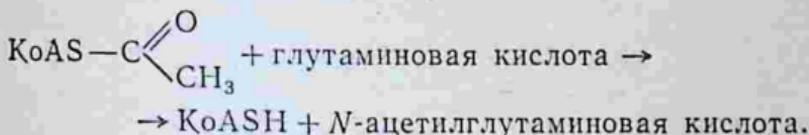
111. Коферментом — переносчиком ацильных групп является коэнзим А (КоА)



Перенос ацильных групп с помощью коэнзима А осуществляется так:



Подобная реакция происходит, в частности, при β -окислении жирных кислот (упр. 344). Ацилированный КоА, вступая в реакции, переносит ацильную (чаще всего ацетильную) группу на разнообразные вещества. Схема примерной реакции:



Напишите полное уравнение этой реакции.

ИНГИБИТОРЫ ФЕРМЕНТОВ

Ферменты действуют своей активной частью, которая обычно составляет малую долю всей молекулы. Это доказывается тем, что при действии на фермент

113. Напишите уравнения реакций неконкурентного торможения при взаимодействии парахлормеркурбензоата: а) с цистеином, б) с глутатионом.

114. Напишите уравнение реакции парахлормеркурбензоата с фрагментом молекулы рибонуклеазы Ала-Вал-Цис.

115. Напишите уравнение реакции цистеина с амидом иодуксусной кислоты.

116. Напишите уравнение реакции глутатиона с амидом иодуксусной кислоты.

117. Напишите уравнение реакции взаимодействия амида иодуксусной кислоты с фрагментом молекулы рибонуклеазы-Арг-Цис-Лиз.

ФЕРМЕНТЫ ОКСИДОРЕДУКТАЗЫ

Оксидоредуктазы — ферменты, осуществляющие окислительно-восстановительные процессы. Примером могут служить: алкогольдегидрогеназа, при участии которой осуществляется окисление спиртов в альдегиды (путем дегидрирования), альдегидоксидаза, обеспечивающая окисление альдегидов в кислоты, и др.

118. Малатдегидрогеназа катализирует реакцию, которая идет по схеме:

яблочная кислота + НАД \rightarrow

\rightarrow щавелевоуксусная кислота + НАД \cdot H₂.

Напишите уравнение этой реакции.

119. Малатдегидрогеназа (декарбоксилирующая) катализирует реакцию, отраженную схемой:

L-малат + НАД \rightarrow пируват + CO₂ + НАД \cdot H₂.

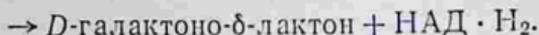
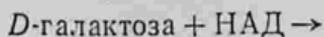
Напишите уравнение этой реакции.

120. Фермент глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа катализирует реакцию, схема которой:

D-глюкозо-6-фосфат + НАДФ \rightarrow D-глюконо-δ-лактон-6-фосфат + НАДФ \cdot H₂.

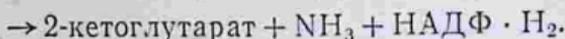
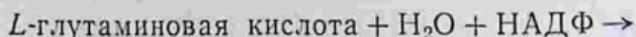
Напишите уравнение этой реакции.

121. Под влиянием фермента галактозодегидрогеназы происходит превращение:



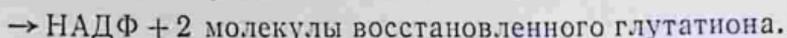
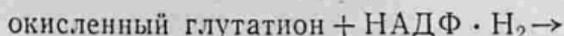
Напишите уравнение этой реакции.

122. *L*-Глутаминовая кислота под влиянием фермента глутаматдегидрогеназы окисляется:



Напишите уравнение этой реакции.

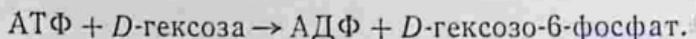
123. Фермент глутатионредуктаза при участии НАДФ · H₂ катализирует реакцию:



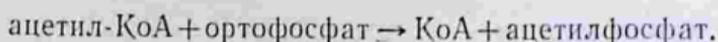
Напишите уравнение этой реакции.

ФЕРМЕНТЫ ТРАНСФЕРАЗЫ

Трансферазы — ферменты, с помощью которых переносятся с одного субстрата на другой различные группы: метильные, альдегидные или кетонные, ацильные, азотистые, фосфорсодержащие, серусодержащие группировки атомов и др. Например, фермент гексокиназа катализирует перенос фосфатной группы:

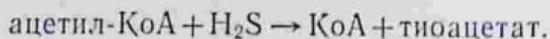


124. Бактериальный фермент фосфатацетилтрансфераза при участии КоА переносит ацетильную группу к фосфорной кислоте:



Напишите уравнение этой реакции.

125. H₂S-ацетилтрансфераза с помощью кофермента А переносит ацетильную группу с образованием тиацетата:



Напишите уравнение этой реакции.

126. Аденозинфосфорилаза переносит фосфатную группу:

аденозин + ортофосфат \rightarrow аденин + *D*-рибозо-1-фосфат.

Напишите уравнение этой реакции.

127. Лейцинаминотрансфераза катализирует перенос аминогруппы:

L-лейцин + 2-оксоглутарат \rightarrow

\rightarrow 2-оксоизокапроат + *L*-глутамат.

Напишите полное уравнение этой реакции.

128. Фермент *D*-аспартатаминотрансфераза переносит аминогруппу:

D-аспарагиновая кислота + α -кетоглутаровая \rightarrow

\rightarrow щавелевоуксусная + *D*-аминоглутаровая.

Напишите уравнение переноса аминогруппы.

129. Аденозинкиназа переносит группу, содержащую фосфор, на молекулу аденозина:

аденозин + АТФ \rightarrow АДФ + АМФ.

Напишите уравнение этой реакции.

130. Ацетаткиназа переносит ацил:

АТФ + ацетат \rightarrow АДФ + ацетилфосфат.

Напишите уравнение этой реакции.

ФЕРМЕНТЫ ГИДРОЛАЗЫ

Ферменты гидролазы гидролизуют: амины, пептидные, сложно-эфирные, глюкозидные связи и др.

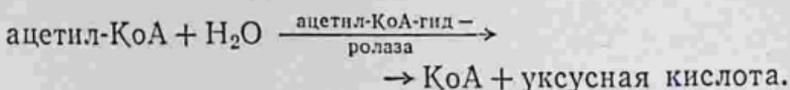
131. Фермент карбоксилэстераза гидролизует эфиры карбоновых кислот с образованием спирта и карбоновой кислоты.

Напишите уравнение реакции гидролиза одного из эфиров карбоновой кислоты.

132. Напишите уравнение реакции гидролиза фенолацетата, протекающей под влиянием арилэстеразы:

фенолацетат + H_2O \rightarrow фенол + уксусная кислота.

133. Напишите уравнение реакции гидролиза в соответствии со следующей схемой:



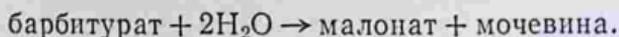
134. При гидролизе пальмитонил-КоА образуется КоА и пальмитиновая кислота. Напишите полное уравнение этой реакции.

135. Под влиянием фермента сукцинил-КоА-гидролазы сукцинил-КоА, гидролизуясь, образует КоА и янтарную кислоту. Напишите уравнение этой реакции.

136. Фермент уреазы гидролизует мочевину, образуя углекислый газ и аммиак.

Напишите уравнение этой реакции.

137. Барбитураза катализирует реакцию:



Напишите уравнение этой реакции.

138. Фермент фосфоамидаза гидролизует —P—N-связи, поэтому гидролиз фосфокреатина приводит к образованию креатина и ортофосфорной кислоты.

Напишите уравнение этой реакции.

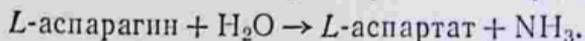
139. Глициллейциндипептидаза гидролизует глицил-L-лейцин.

Напишите уравнение этой реакции.

140. Фермент тромбин, образующийся из протромбина кровяной плазмы, гидролизует пептиды, амиды и сложные эфиры L-орнитина.

Напишите формулу этилового эфира L-орнитина и уравнение реакции его гидролиза.

141. Аспарагиназа гидролизует L-аспарагин:



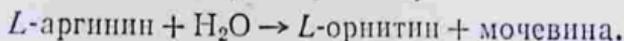
Напишите уравнение этой реакции.

142. Глутаминаза действует на L-глутамин:



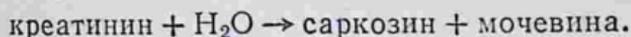
Напишите уравнение этой реакции.

143. Аргиназа гидролизует L-аргинин:



Напишите уравнение этой реакции.

144. Креатининаза гидролизует креатинин:



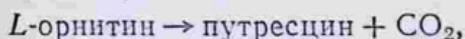
Напишите уравнение этой реакции.

145. Фермент аргининдезиминоваза гидролизует *L*-аргинин с образованием *L*-цитруллина и аммиака.

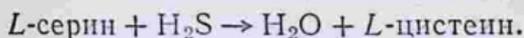
Напишите уравнение этой реакции.

ФЕРМЕНТЫ ЛИАЗЫ

Лиазы — ферменты, которые отщепляют от субстратов ту или иную группу (но не путем гидролиза), иногда с образованием двойной связи, или же присоединяют группу по месту двойной связи. Например, фермент орнитиндекарбоксилаза осуществляет декарбоксилирование *L*-орнитина:



а фермент цистенинсинтаза обуславливает реакцию:



146. Фермент оксалатдекарбоксилаза отщепляет углекислый газ от щавелевой кислоты. При этом получается муравьиная кислота.

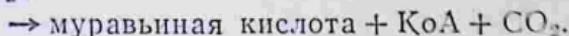
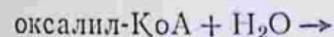
Напишите уравнение этой реакции.

147. Под влиянием фермента оксалоацетатдекарбоксилазы щавелевоуксусная кислота разлагается на пировиноградную кислоту и углекислый газ. Напишите уравнение этой реакции.

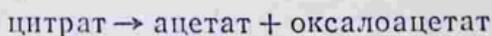
148. Ацетоуксусная кислота при воздействии фермента ацетоацетатдекарбоксилазы декарбоксилируется, образуя ацетон.

Напишите уравнение этой реакции.

149. Напишите уравнение реакции, протекающей под влиянием оксалил-КоА-декарбоксилазы в соответствии со следующей схемой:

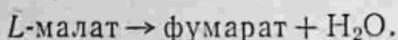


150. Под влиянием фермента цитратлиазы происходит реакция:



Напишите полное уравнение этой реакции.

151. Фермент фумаратгидратаза обуславливает превращение, выражаемое следующим уравнением:

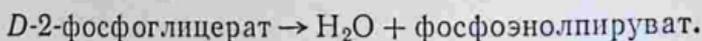


Напишите полное уравнение этой реакции.

152. При воздействии фермента цитратдегидратазы от цитрата отщепляется вода и образуется *цис*-аконитат.

Напишите уравнение этой реакции.

153. При участии фосфопируватгидратазы осуществляется превращение:

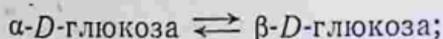


Напишите полное уравнение этой реакции.

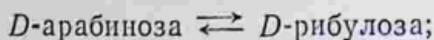
ФЕРМЕНТЫ ИЗОМЕРАЗЫ

Изомеразы — ферменты, катализирующие:

1) изменение пространственной конфигурации, например фермент этого класса мутаротаза, содержащаяся в плесневых грибах, почках, осуществляет переход:



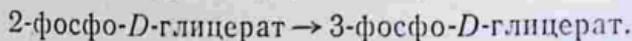
2) взаимные превращения альдоз в кетозы:



3) взаимопревращения кетонных и енольных группировок:



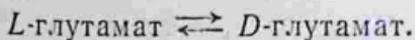
4) перенос групп внутри молекулы:



154. Под влиянием аланинрацемазы *L*-аланин превращается в *D*-аланин.

Напишите схему этого превращения.

155. Фермент глутаматрацемаза катализирует изменение пространственной конфигурации:



Напишите формулы этих оптических изомеров.

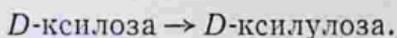
156. Под влиянием лизинрацемазы *D*-лизин превращается в *L*-лизин.

Напишите формулы этих пространственных изомеров.

157. Маленнат превращается в фумарат под влиянием фермента малениатрацемазы.

Напишите схемы этого превращения.

158. Фермент ксилонзомераза катализирует превращение:



Напишите схему этого превращения.

159. Под влиянием фермента рибозонзомеразы *D*-рибоза превращается в *D*-рибулозу. Напишите схему этого превращения.

160. Фенилпируваттаутомераза катализирует превращение кетофенилпирувата в енолфенилпируват.

Напишите схему их превращения в виде формул.

161. Фермент триозофосфатизомераза катализирует превращение *L*-глицеральдегид-3-фосфата в диоксиацетонфосфат.

Напишите схему этого превращения.

162. *D*-Рибозо-5-фосфат под влиянием фермента рибозо-фосфатизомеразы превращается в *D*-рибулозо-5-фосфат.

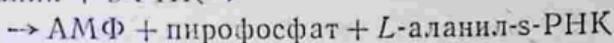
Напишите схему этого превращения, обозначив вещества их формулами.

163. Под влиянием фермента фосфоглицератфосфомутазы 2-фосфо-*D*-глицерат превращается в 3-фосфо-*D*-глицерат.

Напишите схему этого превращения.

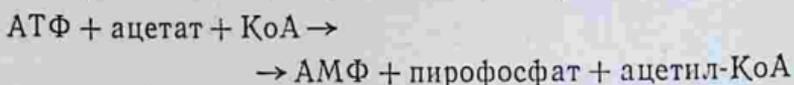
ФЕРМЕНТЫ ЛИГАЗЫ (СИНТЕАЗЫ)

Лигазы — ферменты, которые катализируют присоединение двух молекул друг к другу, сопряженное с расщеплением пирозофосфатной связи в молекуле АТФ или аналогичного трифосфата. С помощью этих ферментов образуются связи: С—О, С—S, С—N, С—С. Сюда относится фермент *L*-аланил-*s*-РНК-синтетаза, с помощью которого происходит реакция:



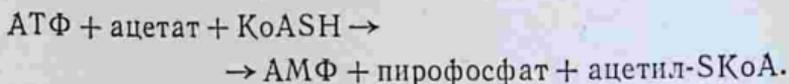
(здесь образовалась связь С—О).

Другим примером таких ферментов является ацетил-КоА-синтетаза, осуществляющая реакцию:



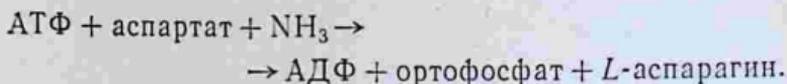
(здесь образовалась связь С—S).

164. Под влиянием фермента ацетил-КоА-синтетазы происходит взаимодействие уксусной кислоты с КоASH с одновременным расщеплением пирофосфатной связи в молекуле АТФ:



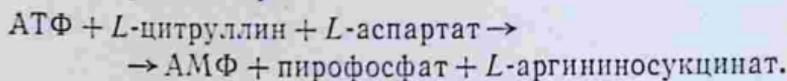
Напишите полное уравнение этой реакции.

165. Фермент аспарагинсинтетаза катализирует реакцию:



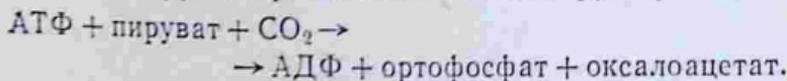
Напишите уравнение реакции, обозначив названия веществ их полными формулами.

166. При участии фермента аргининосукцинатсинтетазы протекает реакция:



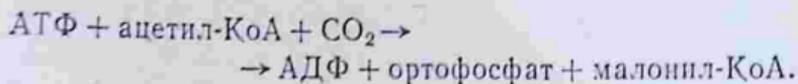
Напишите уравнение этой реакции.

167. Пируваткарбоксилаза катализирует реакцию:



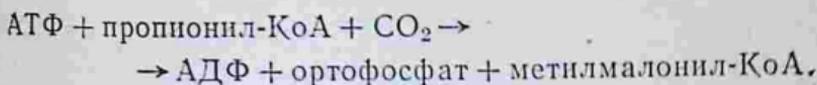
Напишите уравнение этой реакции, обозначив написанные вещества полными формулами.

168. Под воздействием фермента ацетил-КоА-карбоксилазы происходит реакция, выражаемая уравнением:

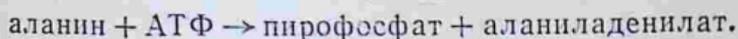


Напишите уравнение этой реакции, обозначив названные вещества их полными формулами.

169. Напишите уравнение реакции в соответствии со схемой:



170. Важная роль лигаз состоит в активировании аминокислот. Это активирование предшествует образованию полипептидов. Под влиянием лигаз аминокислоты взаимодействуют с АТФ с образованием аминоациладенилатов, например:



Напишите уравнение этой реакции¹.

171. Напишите уравнения реакций в соответствии со схемами:

- а) триптофан + АТФ →
→ $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ + триптофаниладенилат;
- б) серин и АТФ → пирофосфат + сериладенилат.

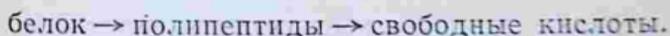
ОБМЕН БЕЛКОВ И АМИНОКИСЛОТ

Распад белков происходит двумя путями:

а) гидролизом в присутствии соответствующих ферментов;

б) путем образования нуклеопептидов в присутствии нуклеозидтрифосфатов, в частности АТФ.

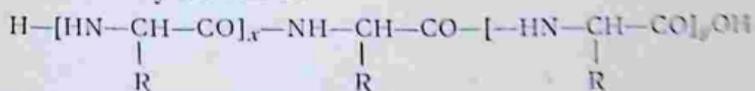
172. Напишите схему гидролиза белка по стадиям:



Обозначьте число звеньев аминокислот в молекуле белка через n , число звеньев в образующихся полипептидах через x , y , z при условии, что $x + y + z$ равно n .

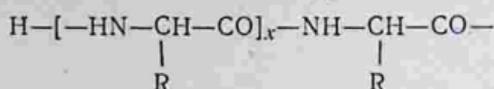
173. Расщепление белковой молекулы с образованием нуклеопептидов состоит в следующем:

от молекулы белка

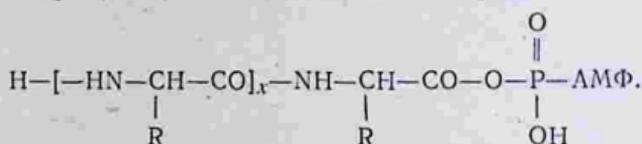


¹ О дальнейшем участии аминоациладенилатов в синтезе пептидов см. упражнения 230, 232.

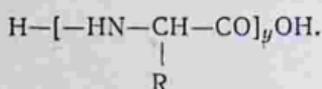
отщепляется часть ее полипептидной цепи



одновременно с этим от АТФ отщепляется пирофосфат. Полипептидная цепь связывается с остатком АТФ, образуя нуклеотидпептид ангидридного типа



Другая часть молекулы белка остается в виде полипептида



Напишите схему реакции распада белка с образованием нуклеопептидов.

174. Фермент аминокпептидаза гидролизует дипептиды и трипептиды, отщепляя *N*-концевой остаток.

Напишите формулу любого трипептида и реакцию его гидролиза с помощью аминокпептидазы.

175. Аминокислоты под влиянием ферментов подвергаются окислительному дезаминированию, которое осуществляется в присутствии дегидрогеназы в две стадии:

первая — образование иминокислоты в результате перехода двух атомов водорода к НАД:

глутаминовая кислота + НАД →

→ иминоглутаровая + НАД · Н₂;

вторая — гидролиз образовавшейся иминокислоты:

иминоглутаровая кислота + Н₂О →

→ NH₃ + α-кетоглутаровая кислота.

Напишите уравнения этих реакций.

176. Окислительное дезаминирование осуществляется также ферментом оксидазой *L*-аминокислот. Этот фермент является флавинодержащим белком.

Флавин этого белка акцептирует молекулу водорода, отщепляющуюся от аминокислоты.

Напишите уравнения реакций дезаминирования: а) серина, б) лейцина, в) треонина — с участием флавинофосфорной кислоты (схема реакции та же, что и в упр. 175).

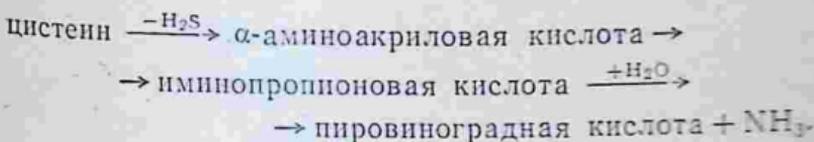
177. Напишите уравнения реакций окислительного дезаминирования с участием НАД следующих аминокислот: а) аланина, б) валина.

178. Напишите уравнение реакции окислительного дезаминирования фенилаланина и триптофана с участием флавинофосфорной кислоты.

179. *L*-Аспарагиновая кислота в растениях дезаминируется под влиянием аспартазы. В результате дезаминирования получается фумаровая кислота.

Напишите уравнение этой реакции.

180. Цистеин под влиянием дисульфогидразы дезаминируется:



Напишите уравнения этих реакций.

181. *L*-Серин дезаминируется при участии гидратазы, отщепляя воду, а далее по схеме, сходной с дезаминированием цистеина (упр. 180).

Напишите уравнения дезаминирования *L*-серина.

182. В результате реакции дезаминирования аминокислот были получены следующие кислоты: а) пировиноградная, б) щавелевоуксусная, в) α -кетоглутаровая.

Напишите формулы соответствующих аминокислот, из которых были получены перечисленные кислоты.

183. Аминокислоты, получающиеся при распаде белков под влиянием ферментов, подвергаются переаминированию при участии кофермента пиридоксальфосфата. Этот процесс идет главным образом за счет α -кетоглутаровой кислоты. Образовавшаяся глутаминовая кислота дезаминируется, а выделившаяся при этом α -кетоглутаровая кислота снова вовлекается в реакцию переаминирования.

Напишите уравнение реакции переаминирования с участием пиридоксальфосфата между *L*-аспарагиновой и α -кетоглутаровой кислотами.

184. Напишите уравнение реакции переаминирования с участием пиридоксальфосфата между *L*-изолейцином и щавелевоуксусной кислотой.

185. Напишите уравнение реакции переаминирования с участием пиридоксальфосфата между аспарагиновой и пировиноградной кислотами.

186. *L*-аланин-2-оксоглутаратаминотрансфераза переносит аминогруппу:

L-аланин + α -кетоглутаровая кислота \rightarrow

\rightarrow пировиноградная + α -глутаминовая кислота.

Напишите уравнение этой реакции.

187. *L*-Цистеин-3-оксоглутаратаминотрансфераза обуславливает обмен аминогруппы:

L-цистеин + α -кетоглутаровая кислота \rightarrow

\rightarrow 3-меркаптопировиноградная кислота + *L*-глутамат.

Напишите уравнение этой реакции.

188. *L*-Тирозин-2-оксоглутаратаминотрансфераза обуславливает реакцию переаминирования между тирозином и α -кетоглутаровой кислотой:

L-тирозин + α -кетоглутаровая кислота \rightarrow

\rightarrow параоксифенилпировиноградная кислота +
+ α -глутаминовая кислота.

Напишите уравнение этой реакции.

189. Глицинаминотрансфераза переносит амидиновую группу аргинина на глицин:

L-аргинин + глицин \rightarrow *L*-орнитин + гуанидинацетат.

Напишите уравнение реакции в соответствии с этой схемой.

190. *L*-Аспартат дает разные продукты в зависимости от фермента, катализирующего процесс декарбоксилирования, аспартат- α -декарбоксилаза направляет реакцию так:

L-аспартат \rightarrow β -аланин + CO_2 .

Напишите уравнение этой реакции.

191. Фермент аспартат-β-декарбоксилаза, отщепляя углекислый газ, приводит к образованию α-аланина.

Напишите уравнение этого превращения.

192. Под влиянием фермента валиндекарбоксилазы L-валин распадается на изобутиламин и углекислый газ.

Напишите уравнение этой реакции с участием фосфопиридоксаля.

193. Действие фермента глутаматдекарбоксилазы на L-глутамат приводит к образованию 4-аминобутирата и углекислого газа.

Напишите уравнение этой реакции с участием фосфопиридоксаля.

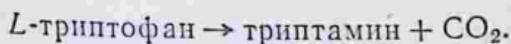
194. L-Гистидин, декарбоксилируясь под влиянием гистидиндекарбоксилазы, образует гистамин.

Напишите уравнение этой реакции.

195. Тирозин, катализируемый тирозиндекарбоксилазой, образует тирамин и углекислый газ.

Напишите уравнение этой реакции.

196. Триптофандекарбоксилаза катализирует реакцию:



Напишите уравнение этой реакции.

197. При воздействии бактериальных ферментов аминокислоты декарбоксилируются с образованием аминов: а) аргинин образует агматин, б) лейцин — изоамиламин.

Напишите уравнения этих реакций.

198. При спиртовом брожении под влиянием ферментов, содержащихся в дрожжах, из аминокислот в результате гидролиза аминогруппы и декарбоксилирования происходит образование сивушного масла — смеси спиртов: а) пропилового, б) изобутилового, в) изоамилового и г) вторичнобутилкарбинола.

Напишите уравнения образования этих спиртов из соответствующих α-аминокислот.

199. γ-Аминомасляная кислота обнаружена в мозговой ткани высших млекопитающих, она способствует процессам торможения в центральной нервной

системе. Образуется γ -аминомасляная кислота (ГАМК) при декарбоксилировании глутаминовой кислоты.

Напишите уравнение образования ГАМК.

200. γ -Аминомасляная кислота (ГАМК) подвергается дезаминированию с образованием полуальдегида янтарной кислоты, из которого далее образуется янтарная кислота.

Напишите уравнения реакций получения янтарной кислоты из глутаминовой.

201. Фермент валинрацемазы катализирует превращение *L*-валина в *D*-валин.

Напишите эту схему в виде проекционных формул.

202. Под влиянием метионинрацемазы *L*-метионин изомеризуется в *D*-метионин.

Напишите проекционные формулы *L*- и *D*-метионина.

203. Фермент лейцинрацемазы обуславливает превращение *L*-лейцина в *D*-лейцин.

Напишите формулы этих оптически изомерных кислот.

204. Фермент треонинрацемазы катализирует превращение *L*-треонина в *D*-треонин.

Напишите проекционные формулы этих веществ.

205. Лактатрацемазы осуществляет переход *L*-лактата в *D*-лактат.

Напишите эти две пространственные формы молекулы лактата.

206. При каталитическом воздействии фермента малеинатизомеразы малеинат преобразуется в фумарат.

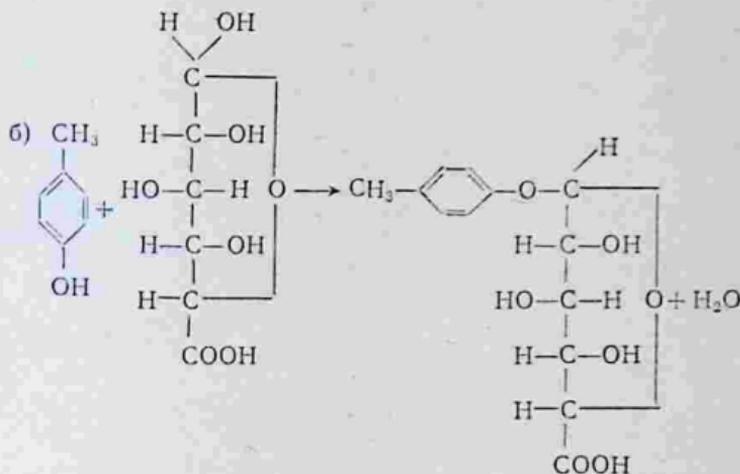
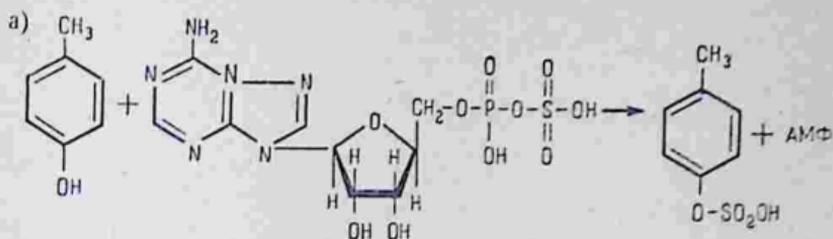
Напишите их геометрические изомеры.

207. В кишечнике под влиянием гнилостных бактерий происходит декарбоксилирование аминокислот с образованием аминов. В числе других получают: а) путресцин (тетраметилендиамин) и б) кадаверин (пентаметилендиамин).

Напишите уравнения реакций декарбоксилирования кислот, при которых образуются эти диамины.

208. При гниении белков в кишечнике из тирозина образуются ядовитые вещества крезол и фенол. Они обезвреживаются в печени в результате взаимо-

действия их: а) с активным сульфатом или б) с глюконовой кислотой:



Глюкуроновая кислота

Крезолглюкуроновая кислота

Напишите аналогичные уравнения реакций связывания фенола.

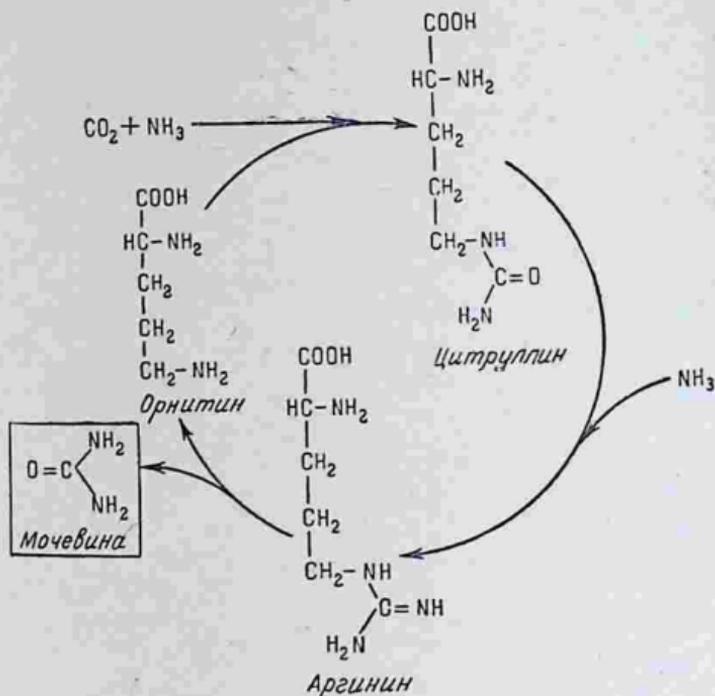
209. В кишечнике животных, особенно травоядных, образуется бензойная кислота (источником ее образования являются ароматические соединения растительной пищи). Эта ядовитая для организма кислота обезвреживается в печени гликоколом, при этом получается гиппуровая кислота, которая выделяется с мочой.

Напишите уравнение реакции взаимодействия бензойной кислоты с гликоколом.

210. В организме птиц бензойная кислота связывается с орнитинем, образуя орнитуровую кислоту.

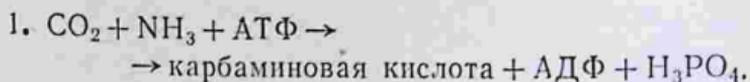
Напишите уравнение реакции взаимодействия бензойной кислоты с орнитинем.

211. Аммиак, получающийся в процессе дезаминирования аминокислот, удаляется из организма в виде аммонийных солей, а также участвует в образовании мочевины по так называемому орнитиновому циклу:

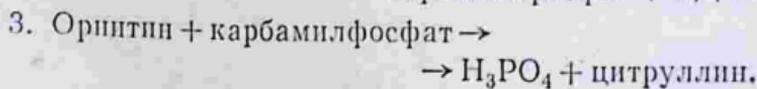
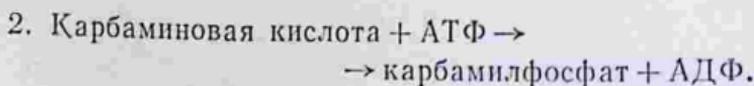


Краткая схема орнитинового цикла.

Механизм реакций орнитинового цикла следующий:



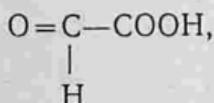
Для синтеза одной молекулы карбаминовой кислоты используется энергия макроэргической связи АТФ.



углеродный мост между пятым и десятым атомами в молекуле фолиевой кислоты.

Напишите уравнение образования глицина из серина и уравнение обратной реакции.

213. Глицин, подвергаясь окислительному дезаминированию, образует глиоксильную кислоту



которая, вступая в реакцию переаминирования с глутаминовой кислотой, образует α -кетоглутаровую кислоту и глицин.

Напишите уравнения этих реакций.

214. Глицин под влиянием амидинфразы взаимодействует с аргинином:

глицин + аргинин \rightarrow

\rightarrow гуанидинуксусная кислота + орнитин.

Напишите уравнение этой реакции.

215. Серин служит источником этаноламина (кол-амина) и холина — составных частей фосфатидов. Этаноламин получается при декарбоксилировании серина.

Напишите уравнение реакции образования этаноламина из серина.

216. Аланин получается из пировиноградной кислоты при переаминировании с глутаминовой кислотой.

Напишите уравнение этой реакции.

217. Аланин может получиться при декарбоксилировании аспарагиновой кислоты.

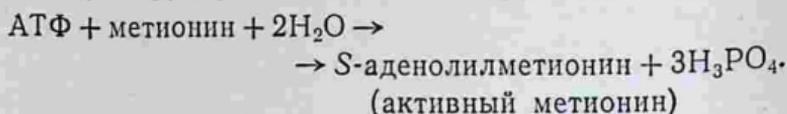
Напишите уравнение этой реакции.

218. *L*-Лейцин является одной из незаменимых аминокислот, однако введение в пищу животного α -кетонизокапроновой кислоты заменяет *L*-лейцин, так как α -кетонизокапроновая кислота при переаминировании дает лейцин.

Напишите уравнение реакции переаминирования α -кетонизокапроновой кислоты с одной из заменимых кислот.

219. Аргинин под влиянием аргиназы гидролизует, образуя мочевины и орнитин.

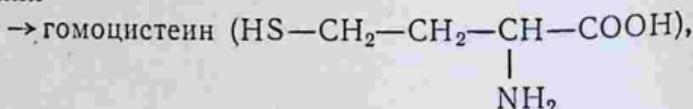
224. Метионин поставляет метильные группы при превращениях в организме. Прежде чем отдать метильную группу, метионин активируется:



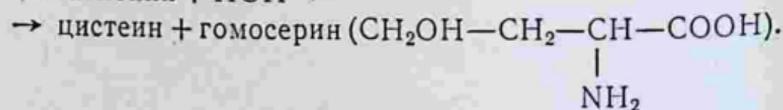
Напишите уравнение реакции активирования метионина.

225. Метионин в результате ряда превращений образует цистеин:

метионин \rightarrow

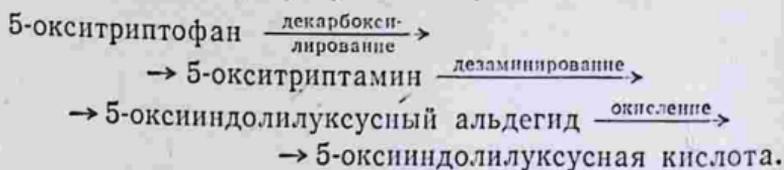


гомоцистеин + серин \rightarrow H_2O + цистатионин,
цистатионин + HOH \rightarrow



Напишите полные уравнения реакций в соответствии с предложенной схемой.

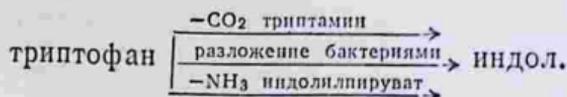
226. Распад триптофана начинается с окисления его в 5-окситриптофан, который дальше превращается в 5-оксииндолилуксусную кислоту:



(Последняя выделяется с мочой.)

Напишите уравнения реакций распада триптофана.

227. Триптофан может подвергаться превращениям в соответствии со схемой:



Напишите уравнения этих реакций.

228. Одним из видов превращения фенилаланина является окисление его с образованием тирозина. Из молекулы кислорода, участвующей в окислении, один атом идет на образование гидроксильной группы тирозина, другой окисляет восстановленный фермент.

Напишите уравнение реакции превращения фенилаланина.

229. Тирозин рядом последовательно протекающих реакций превращается в гормоны норадреналин и адреналин:

тирозин $\xrightarrow{\text{окисление}}$ 3,4-дноксифенилаланин \rightarrow
(Дофа)

$\xrightarrow{\text{декарбоксилирование}}$ 3,4-дноксифенилэтиламин \rightarrow

$\xrightarrow{\text{окисление}}$ норадреналин $\xrightarrow{\text{метилирование}}$ адреналин.

Напишите уравнения этих реакций.

230. Биосинтезу белка из аминокислот предшествует активирование аминокислот при посредстве АТФ:

АТФ + аминокислота \rightarrow

\rightarrow пирофосфат + аминоациладенилат.

Напишите уравнения реакций активирования:
а) L-лейцина, б) L-серина, в) L-треонина, г) L-триптофана.

Донором кислорода для ангидридной связи аминоациладенилата является гидроксильная группа карбоксила аминокислоты.

231. s-РНК (растворимая РНК) участвует в переносе активированной кислоты (упр. 230). Все специфические s-РНК характеризуются наличием трех одинаковых концевых нуклеотидов. Например:

а) Пир-А-Ц-Ц-А,

б) Пир-А-А-Ц-Ц-А,

в) Пир-Г-А-Ц-Ц-А.

(Пир — пиримиридиновый нуклеотидный остаток, остальные обозначения смотрите в упражнении 91.)

Напишите фрагмент формулы s-РНК, обозначив три последних звена полными формулами.

232. Активированная аминокислота с аминоациладенилата переносится на концевой остаток аденозина молекулы s-РНК. При этом образуется сложноэфирная группа за счет аминокислоты и гидроксильной группы в концевом аденозиновом остатке молекулы s-РНК (упр. 231).

Напишите уравнения реакций переноса аминокислотного остатка со следующих аминоациладенилатов: а) с аланиладенилата, б) с валиладенилата, в) с триптофаниладенилата.

233. Напишите формулу нуклеотидпептида, в нуклеотидной части которого имеется уридинфосфат, а пептидная часть составлена из кислот: глутаминовой, аланина, глицина.

234. Напишите формулу нуклеопептида, в нуклеотидной части которого имеется аденозинфосфат, а пептидная часть составлена из глутаминовой, аспарагиновой кислот и аланина.

235. Напишите формулу нуклеопептида, в нуклеотидной части которого имеется динуклеотид аденилуридилат, а пептидная часть составлена из аминокислот: глицина, аргинина и лейцина.

УГЛЕВОДЫ

236. Напишите формулы строения изомерных альдотетроз, отметьте среди них оптические антиподы.

237. Напишите рядом формулы диастереомерных альдотетроз.

238. Напишите формулы: а) *D*- и *L*-глицеринового альдегида, б) диоксиацетона.

239. Как и сколько тетроз можно получить из *D*-глицеринового альдегида?

240. Напишите уравнения реакций окисления всех изомерных тетроз до винных кислот; укажите, сколько разных винных кислот при этом получится.

241. Объясните (на примере тетроз), почему среди моносахаридов, имеющих по несколько асимметрических атомов углерода, нет изомеров, недеятельных по внутренней компенсации.

242. Напишите формулу α - и β -рибозы.

243. Напишите формулу дезоксирибозы в ее открытой и в циклической форме.

244. Напишите уравнения реакций получения α - и β -этилгликозидов рибозы.

245. Как можно по химическим свойствам отличить альдопентозу от альдогексозы?

246. Напишите уравнения реакций получения фенолгидразонов и осазонов глюкозы и маннозы. Объясните, почему фенолгидразоны у них разные, а осазоны одинаковые.

247. Можно ли маннозу и галактозу назвать эпимерными изомерами?

248. Напишите формулу альдогексозы, эпимерную галактозе.

249. С помощью каких химических реакций можно из глюкозы получить фруктозу?

250. Напишите формулы α - и β -глюкозы.

251. Напишите циклические формулы (в виде формул Хеуордса) следующих гексоз: а) фруктозы, б) маннозы, в) галактозы.

252. β -D-Фруктофураноза в растворе находится в равновесии с β -D-фруктопиранозой.

Напишите обе эти формулы.

253. Напишите уравнения реакций образования: а) α -метилглюкозида и б) β -метилглюкозида.

254. Напишите уравнения реакций получения: а) α -этилманнозида и б) β -этилманнозида.

255. Гликозиды α -метилглюкозид и β -метилглюкозид гидролизуются по эфирной связи при участии соответственно фермента из солода и из семян горького миндаля.

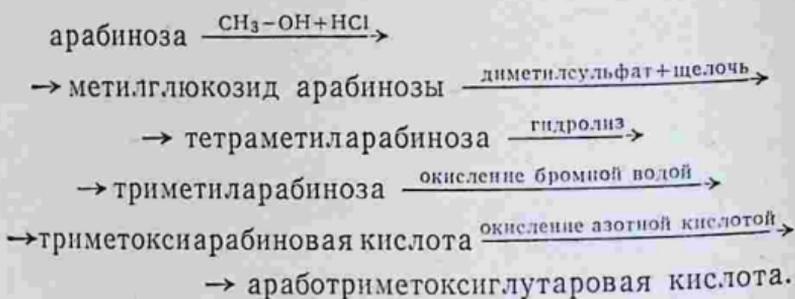
Напишите уравнения реакций гидролиза: а) α -метилглюкозида и б) β -метилглюкозида.

256. А. А. Кофли впервые показал, что глюкоза имеет пять гидроксильных групп. Это можно доказать действием на нее хлористого ацетила, последующим омылением образовавшегося эфира и титрованием выделившейся уксусной кислоты.

Напишите уравнения этих реакций.

257. Моносахариды в кристаллическом виде имеют окисное строение. В образовании кислородного мостика, кроме первого атома углерода молекулы

арабинозы, участвует ее пятый атом. Это можно показать на примере:



Получение этой кислоты указывает, что молекула арабинозы построена в виде шестичленного кольца, в образовании которого приняли участие первый и пятый атомы углерода, связанные с атомом кислорода.

Напишите уравнения этих реакций.

258. При действии иодистого метила и окиси серебра на метилглюкозид получается простой эфир пентаметилглюкозы.

При действии на этот эфир слабой кислоты отщепляется только одна из пяти метильных групп и получается тетраметилглюкоза. Это свидетельствует о легкой подвижности одной из гидроксильных групп. При окислении получившейся тетраметилглюкозы образуется кислотриметоксиглутаровая кислота. Этим доказывается то, что внутренний мостик был образован за счет первого и пятого атомов углерода.

Напишите уравнения упомянутых реакций.

259. Из гуммиарабика получена *D*-пентоза. Установите ее строение, если известно, что при восстановлении ее получается оптически деятельный пентит. При переводе этой пентозы в гексозу получены две гексозы, каждая из которых дает при восстановлении оптически деятельный гексит.

260. В состав нуклеиновых кислот входит *D*-пентоза, называемая рибозой. Установите ее строение, если известно, что она: а) при восстановлении дает оптически недеятельный пентит; б) при действии на нее фенилгидразина образует озазон, одинаковый с озазоном *D*-арабинозы (упр. 259).

261. Важную роль в обмене играют фосфорные эфиры глюкозы.

Напишите в циклической форме формулы: а) глюкозо-1-фосфата, б) глюкозо-6-фосфата.

262. При брожении дрожжевого сока накапливается эфир фруктозо-1, 6-дифосфат, являющийся обязательным продуктом распада глюкозы.

Напишите формулу фруктозо-1, 6-дифосфата.

263. При восстановлении β -*D*-рибофуранозы получают *D*-рибит.

Напишите уравнение этой реакции.

264. Глюкоза при восстановлении образует спирт *D*-сорбит.

Напишите уравнение этой реакции.

265. Глюкоза при окислении по месту альдегидной группы образует *D*-глюконовую кислоту, а при дальнейшем окислении первичной спиртовой группы — сахарную кислоту.

Напишите уравнения этих реакций. Решите, является ли полученная сахарная кислота оптически деятельным соединением.

266. При окислении галактозы азотной кислотой образуется двухосновная слизевая кислота.

Напишите уравнение этой реакции. Решите, является ли эта кислота оптически деятельной.

267. В состав мукополисахаридов в числе других звеньев входят звенья аминсахаров глюкозамина и галактозамина в виде их *N*-ацетилированных производных.

Глюкозамин и галактозамин отличаются от соответствующих моносахаридов (глюкозы и галактозы) тем, что гидроксил у второго атома углерода заменен аминогруппой.

Напишите циклические формулы: а) ацетилглюкозамина и б) ацетилгалактозамина.

268. Напишите уравнение реакции таутомерного превращения: а) мальтозы, б) лактозы.

269. Напишите уравнение окисления мальтозы аммиачным раствором окиси серебра.

270. Напишите формулы мальтозы и целлобиозы, используя пиранозные циклы. Укажите в молекулах этих дисахаридов их восстанавливающиеся и невосстанавливающиеся концы.

271. Мальтоза может быть в α - и β -формах в зависимости от расположения гликозидного гидроксила.

Напишите формулы α - и β -форм мальтозы.

272. Под влиянием сахаразы свекловичный или тростниковый сахар распадается на моносахариды.

Напишите уравнение гидролиза свекловичного сахара.

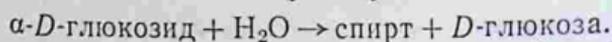
273. Мальтоза, получаемая из крахмала, гидролизуется под влиянием фермента α -глюкозидазы, образуя глюкозу.

Напишите уравнение гидролиза мальтозы.

274. Лактоза — дисахарид, содержащийся в молоке, под влиянием β -глюкозидазы гидролизуется до составляющих ее моносахаридов — галактозы и глюкозы.

Напишите уравнение гидролиза лактозы.

275. Глюкозидаза гидролизует глюкозиды:



Напишите уравнение гидролиза α -D-этилглюкозида.

276. Фермент трегалаза осуществляет гидролиз трегалозы:



Напишите уравнение этой реакции.

277. Напишите фрагмент молекулы крахмала (из четырех-пяти звеньев) и уравнение гидролиза крахмала до образования мальтозы. Обратите внимание на расположение кислородных мостиков и группы $-\text{CH}_2\text{OH}$ в соседних глюкозных звеньях молекулы крахмала.

Укажите редуцирующийся и передуцирующийся концы фрагмента молекулы крахмала и мальтозы.

278. Молекулы целлюлозы построены из звеньев глюкозы, но дисахаридом, который получается при гидролизе клетчатки, является целлобиоза.

Напишите фрагмент молекулы клетчатки (из четырех-пяти звеньев). Обратите внимание на положение кислородного мостика и группы $-\text{CH}_2\text{OH}$ в соседних звеньях молекулы клетчатки. Их расположение отличается от расположения таких же групп в молекуле крахмала. Объясните причину этого различия.

Напишите уравнение гидролиза клетчатки до образования целлобиозы. Укажите редуцирующийся и нередуцирующийся концы молекулы.

279. Крахмал состоит из молекул двух видов: амилозы и амилопектина. В молекуле амилозы отдельные звенья молекул глюкозы связаны в длинные неразветвленные цепи за счет первого атома углерода одного звена и четвертого атома углерода соседнего звена. В амилопектине от основной цепи отходят боковые цепи, образованные за счет первого атома углерода звена основной цепи и шестого атома углерода отходящего звена.

Напишите фрагменты молекул амилозы (три-четыре звена) и амилопектина.

280. Молекулы гликогена так же, как и молекулы крахмала, построены из звеньев глюкозы, но обладают разветвленным строением. Первый атом углерода одного звена глюкозы связан с шестым атомом углерода другой цепи. У гликогена боковые цепи следуют друг за другом на расстоянии от трех до пяти звеньев.

Напишите фрагмент разветвленной формулы гликогена.

ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

281. Распад полисахаридов идет или при гидролизе, или при фосфоролизе. В случае гидролиза по месту разрыва эфирной связи присоединяются элементы воды, при фосфоролизе отщепляется остаток глюкозы от невозстанавливающегося конца молекулы и образуется с молекулой фосфата глюкозо-1-фосфат.

1) Напишите уравнение реакции гидролиза крахмала (только четыре звена молекулы крахмала).

2) Напишите уравнения реакций фосфоролиза крахмала.

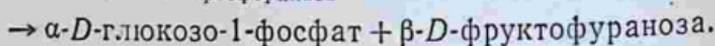
282. При участии фермента β -амилазы (α -1,4-глюкамаальтогидролаза) от молекулы крахмала отщепляются остатки мальтозы, причем отщепление начинается с нередуцирующегося конца молекулы крахмала и мальтоза получается в β -форме.

Напишите фрагмент молекулы крахмала (пять или шесть звеньев).

Напишите схему реакции гидролиза крахмала при воздействии β -амилазы. (Амилаза названа β -амилазой потому, что при ее воздействии отщепляющаяся мальтоза получается в β -форме.)

283. Напишите уравнение гидролиза клетчатки под влиянием фермента целлюлазы. Этот фермент имеется в организме древесного жучка, поэтому последний может питаться древесиной, расщепляя клетчатку до глюкозы.

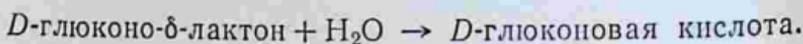
284. Сахароза при участии фосфорилазы подвергается фосфоролизу:



(β -D-Фруктофураноза находится в равновесии с β -D-фруктопиранозой.)

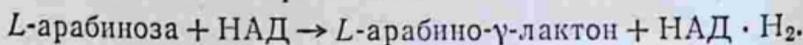
Напишите полное уравнение реакции в соответствии с приведенной схемой (формулы напишите в виде циклических формул Хеуордса).

285. Фермент глюконолактоназа обеспечивает гидролиз лактона глюконовой кислоты:



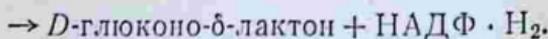
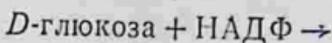
Напишите уравнение этой реакции.

286. Фермент *L*-арабинозодегидрогеназа стимулирует окисление *L*-арабинозы:



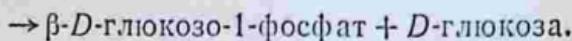
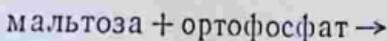
Напишите полное уравнение этой реакции.

287. Фермент глюкозодегидрогеназа действует на β -D-глюкозу:



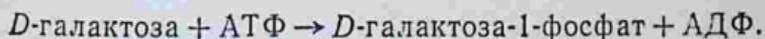
Напишите уравнения окисления β -D-глюкозы.

288. Фермент мальтозофосфорилаза, содержащийся в бактериях, действует на мальтозу:



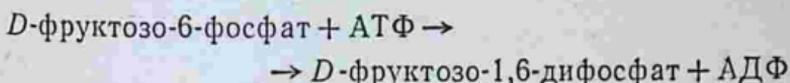
Напишите уравнение этой реакции.

289. Под влиянием фермента галактокиназы *D*-галактоза образует фосфорный эфир за счет переноса фосфатной группы с АТФ:



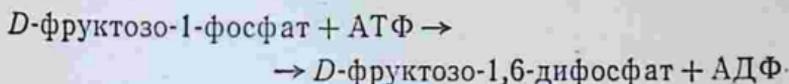
Напишите уравнение этой реакции.

290. Фосфофруктокиназа катализирует перенос фосфатной группы:



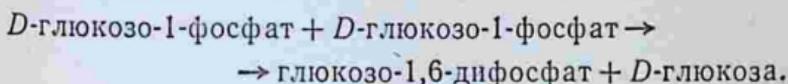
Напишите уравнение этой реакции, обозначив вещества полными формулами.

291. Фермент фосфофруктокиназа катализирует превращение:



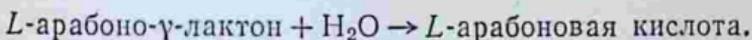
Напишите уравнение этой реакции.

292. При каталитическом действии глюкозо-1-фосфатфосфодисмутазы происходит реакция, выражаемая следующей схемой:



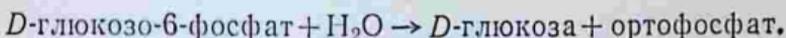
Напишите уравнение этой реакции.

293. При воздействии фермента арабонолактоназы происходит реакция:



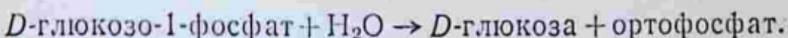
Напишите уравнение этой реакции.

294. Фермент глюкозо-6-фосфатаза катализирует реакцию:

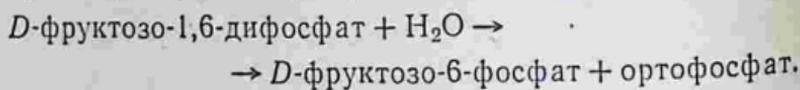


Напишите уравнение этой реакции.

295. Глюкозо-1-фосфатаза катализирует реакцию:

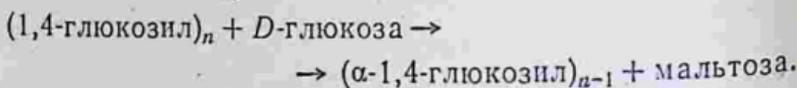


296. Под влиянием фермента гексозодифосфатазы происходит реакция, выражаемая следующей схемой:



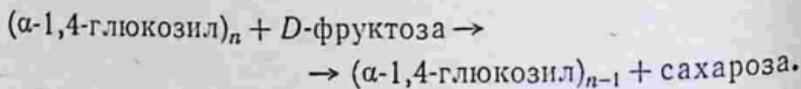
Напишите уравнение этой реакции.

297. Фермент амиломальтаза (или мальтозо-4-глюкозилтрансфераза) переносит глюкозильный остаток от полисахарида к *D*-глюкозе:



Напишите уравнение этой реакции. (Полисахарид можно написать в виде фрагмента из трех звеньев.)

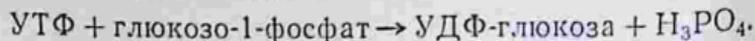
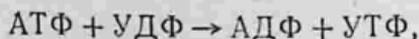
298. Фермент амилосахараза осуществляет перенос гликозильного остатка:



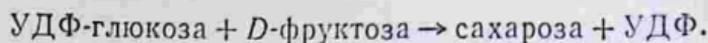
Напишите уравнение этой реакции.

299. Синтез полисахаридов (гликогена) в организме происходит за счет молекул глюкозы в их активизированной форме — УДФ-глюкозы.

Напишите полное уравнение ферментативного образования УДФ-глюкозы в соответствии со схемой:



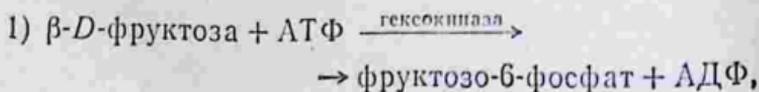
300. Сахароза в растениях и у высших организмов синтезируется в соответствии со следующей схемой:



Напишите полное уравнение этой реакции.

301. В пищу человека и животных, кроме глюкозы, поступают фруктоза (в свекловичном сахаре) и галактоза (в молочном сахаре). Эти сахара взаимно превращаются.

Так, фруктоза преобразуется в глюкозу:



- 2) фруктозо-6-фосфат + НАД · Н₂ →
→ сорбит-6-фосфат + НАД,
3) сорбит-6-фосфат + НАДФ →
→ НАДФ · Н₂ + глюкозо-6-фосфат.

Напишите уравнения этих превращений.

302. Глюкоза превращается во фруктозу:

- 1) глюкоза + НАД · Н₂ $\xrightarrow{\text{альдоредуктаза}}$ → сорбит + НАД,
2) сорбит + НАД $\xrightarrow{\text{сорбитдегидрогеназа}}$ → фруктоза + НАД · Н₂.

В первой реакции кольцо размыкается, а во второй образуется вновь, но уже пятичленное

Напишите уравнения этих реакций.

303. При анаэробном расщеплении углеводов глюкоза (в процессе последовательных реакций) превращается в молочную кислоту.

Напишите уравнения всех реакций, происходящих в этом процессе, и подсчитайте, сколько молекул АТФ вступило в реакции и сколько вновь их образовалось. Подсчитайте также, сколько молекул НАД превратилось в НАД · Н₂ и сколько их снова получилось.

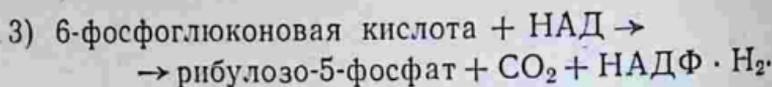
304. Спиртовое брожение идет аналогично процессу анаэробного превращения глюкозы в тканях, только на предпоследнем этапе пировиноградная кислота декарбоксилируется, превращаясь в уксусный альдегид, который под влиянием дегидрогеназы этилового спирта забирает два атома водорода от НАД и, восстанавливаясь, образует этиловый спирт.

Напишите уравнение реакции восстановления уксусного альдегида в этиловый спирт.

305. Апотомический путь распада глюкозо-6-фосфата отличается от дихотомического тем, что в этом случае молекула глюкозо-6-фосфата не распадается на две трехуглеродные молекулы глицеринового альдегида.

Превращения идут по стадиям:

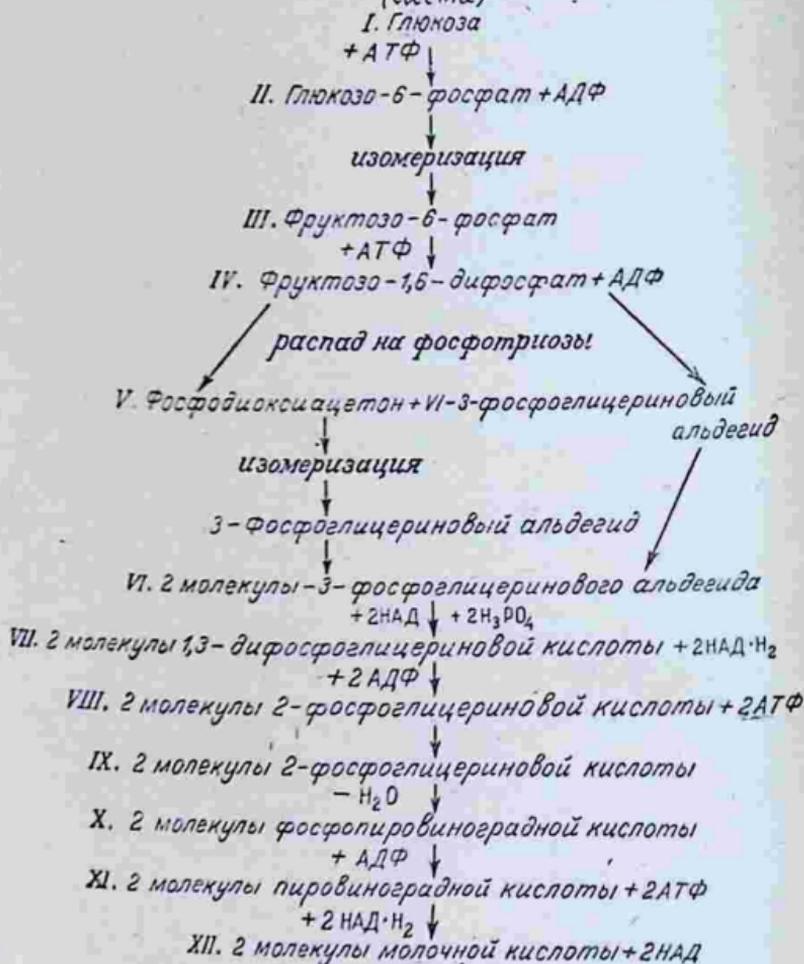
- 1) глюкозо-6-фосфат + НАДФ → 6-фосфоглюконо-
δ-лактон + НАДФ · Н₂,
2) 6-фосфоглюконо-δ-лактон + Н₂О →
→ 6-фосфоглюконовая кислота,



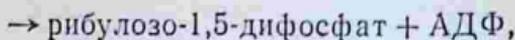
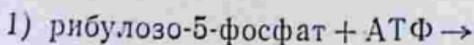
Напишите уравнения реакций этих стадий.

Анаэробное расщепление углеводов

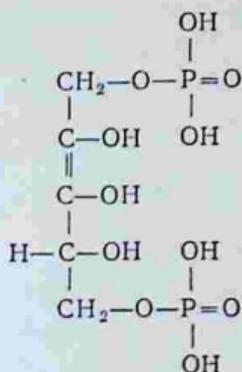
(схема)



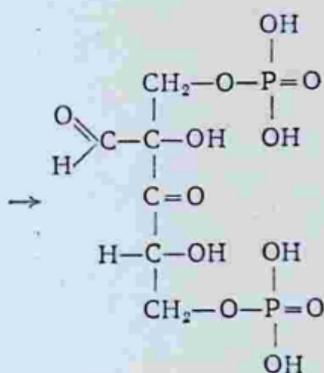
306. Дальнейшие стадии заключаются в превращении рибулозо-5-фосфата:



2) рибулозо-1,5-дифосфат → рибулозо-1,5-дифосфат,
 (кетотформа) (енольная форма)

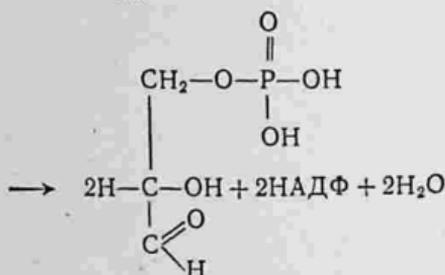
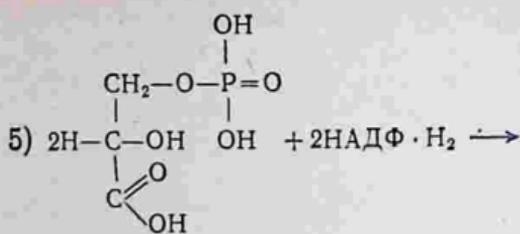


3) енольная форма рибулозо-1,5-дифосфата + CO₂ →



(промежуточная форма)





3-Фосфоглицериновый альдегид

Напишите равенства этих реакций.

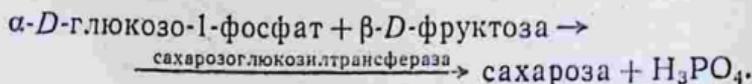
307. 3-Фосфоглицериновый альдегид (упр. 306) может превращаться в глюкозо-6-фосфат:

- 1) 3-фосфоглицериновый альдегид $\xrightarrow{\text{изомеризация}}$
→ фосфодиацетон,
- 2) 3-фосфоглицериновый альдегид + фосфодиацетон → фруктозо-1,6-дифосфат,
- 3) фруктозо-1,6-дифосфат + АДФ →
→ фруктозо-6-фосфат + АТФ,
- 4) фруктозо-6-фосфат $\xrightarrow[\text{изомероза}]{\text{глюкозофосфат-}}$
→ глюкозо-6-фосфат.

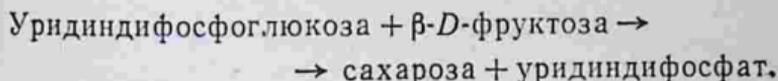
Напишите уравнения реакций в соответствии с приведенной схемой.

Получившийся глюкозо-6-фосфат превращается в фосфорные эфиры других моносахаридов (упр. 301).

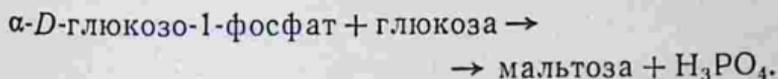
308. Сахароза синтезируется в организме. Напишите уравнение этой реакции в соответствии со схемой:



309. Активным донором глюкозильных остатков при синтезе дисахаров является уридиндифосфоглюкоза. Напишите уравнение реакции в соответствии со схемой:



310. Мальтоза синтезируется в организме бактерий. Напишите уравнение реакции в соответствии со схемой:



311. Полисахариды получают путем наращивания глюкозильных остатков на конец растущей цепи полисахарида подобно синтезу дисахаридов (упр. 308, 309).

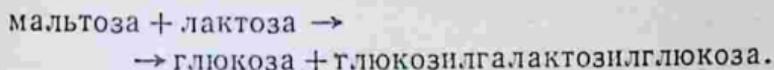
Напишите уравнение реакции синтеза трисахарида из мальтозы и УДФ-глюкозы. (Наращивание происходит на невозстанавливаемом конце полисахарида.)

312. Напишите уравнение реакции синтеза трисахарида из сахарозы и уридиндифосфоглюкозы.

313. Напишите уравнение реакции синтеза трисахарида из лактозы и уридиндифосфоглюкозы.

314. Донором глюкозильных остатков при синтезе полисахаридов могут быть и дисахариды.

Напишите уравнение реакции синтеза трисахарида:



ЛИПИДЫ

315. Напишите формулы следующих триглицеридов: а) тристеарина, б) трипальмитина, в) триолеина.

316. Напишите формулы смешанных триглицеридов: а) диолеопальмитина, б) пальмитолеостеарина, в) дипальмитостеарина.

317. Молекулы нейтральных жиров могут содержать три различные жирные кислоты.

Напишите формулу такого триглицерида.

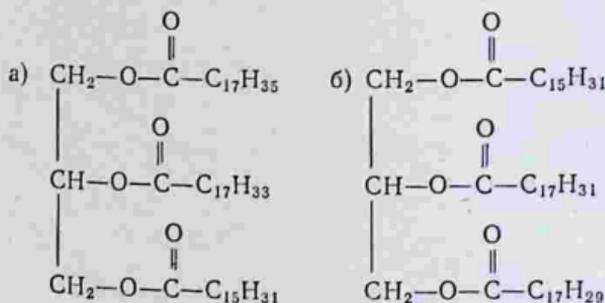
318. Подсчитайте, сколько атомов углерода содержится в каждом из остатков кислот, входящих в состав триглицеридов.

319. Под влиянием катализатора (никеля или омедненного никеля) остатки непредельных кислот, входящих в состав жиров, присоединяют водород. В результате этой гидрогенизации жидкие жиры становятся твердыми.

Напишите уравнения гидрирования следующих триглицеридов: а) олеодистеарина, б) диолеопальмитина, в) олеолиноленостеарина.

320. Что означают следующие данные: иодное число сливочного масла — 30, иодное число человеческого жира — 64, иодное число соевого масла — 130, иодное число конопляного масла — 150?

321. Назовите следующие триглицериды и вычислите их иодные числа:



322. Ненасыщенные жирные кислоты, входящие в состав животных жиров, всегда являются только *цис*-изомерами.

Напишите структурные формулы *цис*-изомеров трех непредельных кислот, входящих в состав жира.

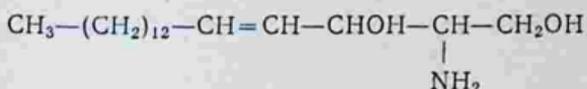
323. Жироподобные вещества — фосфатиды — являются производными фосфатидной кислоты. Сама фосфатидная кислота является производным глицерина, в котором имеются два остатка жирных кислот и один остаток фосфорной кислоты.

Напишите формулу фосфатидной кислоты.

324. Фосфатиды являются производными фосфатидной кислоты, в которых группа —ОН фосфорной кислоты образует эфир с аминспиртами (холином, коламином) или аминокислотой.

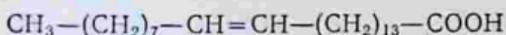
Напишите формулы следующих фосфатидов: а) лецитина (фосфатидилхолин), б) кефалина (фосфатидилколамин) и в) серинфосфатида (фосфатидилсерин).

325. Сфингомиелин является производным аминок спирта — сфингозина:



В сфингомиелине аминогруппа сфингозина связана по типу пептидной связи с пальмитиновой, стеариновой или другой жирной кислотой, а первичная спиртовая группа сфингозина образует связь с фосфорной кислотой и холином так же, как в лецитине. Напишите формулу одного из сфингомиелинов.

326. Цереброзиды по своему химическому составу являются производными сфингозина (упр. 325) и жирных кислот, например нервойной:



Аминогруппа сфингозина связана с кислотой по типу пептидной связи, а первичная спиртовая — с галактозой по типу глюкозидной. Напишите формулу строения одного из цереброзидов.

327. Существуют α -лецитины (остаток фосфорной кислоты связан с крайним атомом углерода глицерина), могут быть получены и β -лецитины (остаток фосфорной кислоты находится у среднего атома углерода).

Напишите формулы α - и β -лецитинов.

328. Природные лецитины обладают оптической активностью независимо от того, имеют ли они остатки кислот одинакового или различного строения. Установите на этом основании, к какой группе (α - или β -лецитинов) относятся природные лецитины.

329. Напишите уравнение реакции гидролиза тристеарина.

330. Гидролиз лецитина идет в три стадии: 1) отщепление жирных кислот, 2) отщепление холина, 3) отщепление фосфорной кислоты. Напишите

уравнения реакций последовательного расщепления лецитина.

331. Под влиянием некоторых ферментов (змеиного яда) от молекулы лецитина отщепляется ненасыщенная кислота и образуется лизолецитин. Он обладает сильным гемолитическим действием, разрушает эритроциты крови.

Напишите уравнение реакции образования лизолецитина.

332. Одним из восков является спермацет (содержится в черепной полости кашалота). Главная составная часть его — эфир цетилового спирта ($C_{16}H_{33}OH$) и пальмитиновой кислоты.

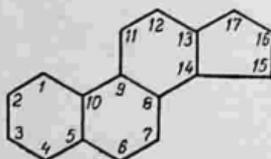
Напишите формулу этого эфира.

333. В пчелином воске содержится эфир пальмитиновой кислоты и мирицилового спирта ($C_{30}H_{61}OH$).

Напишите формулу этого эфира.

334. В нервных окончаниях вырабатывается ацетилхолин (медиатор — передатчик нервного возбуждения). Ацетилхолин является уксуснокислым эфиром холина. Напишите формулу ацетилхолина.

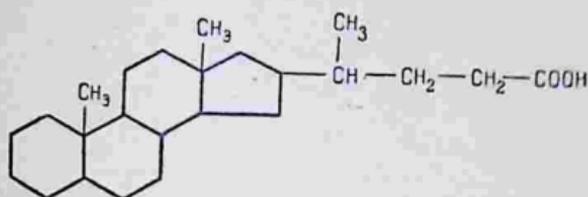
335. Главным звеном в молекуле стероидов, желчных кислот и других веществ является циклопентанпергидрофенантрен



Напишите полную формулу циклопентангидрофенантрена и пронумеруйте атомы углерода в его формуле.

336. Процесс переваривания жиров начинается с эмульгирования их. Создание жировой эмульсии происходит под влиянием парных желчных кислот. Парные кислоты состоят из желчных кислот — холевой и дезоксихолевой, соединенных пептидной связью с гликоколом и таурином (упр. 223).

В основе желчных кислот лежит холановая кислота



Холевая кислота является 3,7,12-триоксихолановой кислотой, а дезоксихолевая — 3,12-диоксихолановой.

Напишите формулы холевой и дезоксихолевой кислот.

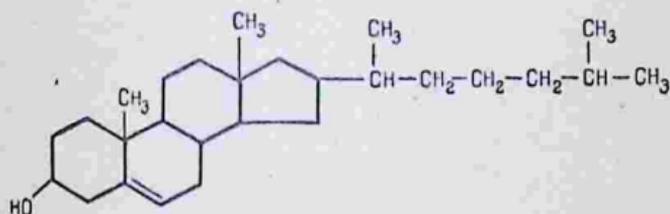
337. Парная кислота гликохолевая является соединением холевой и гликокола. Напишите формулу гликохолевой кислоты.

338. Гликодезоксихолевая кислота, участвующая в эмульгировании жиров¹, является соединением дезоксихолевой кислоты с гликоколом. Напишите формулу гликодезоксихолевой кислоты.

339. Желчные парные кислоты таурохолевая и тауродезоксихолевая являются соединением соответственно холевой и дезоксихолевой кислот с таурином (упр. 223). Напишите их формулы.

340. Стериды — эфиры жирных кислот и циклических спиртов-стеринов, в основе молекулы их находится циклопентанпергидрофенантрен.

Представителем стерина является холестерин, вторичный циклический спирт:



¹ Парные кислоты в желчи содержатся в виде натриевых солей.

Холестериды являются эфирами стеариновой или пальмитиновой кислоты и холестерина.

Напишите формулу одного из холестеридов.

341. Из фитостеринов (растительные стерины) особый интерес представляет эргостерин (содержится в грибах, дрожжах). По своему строению он отличается от холестерина тем, что имеет не одну, а три двойные связи в молекуле (между 5-м и 6-м, 7-м и 8-м, 22-м и 23-м атомами углерода).

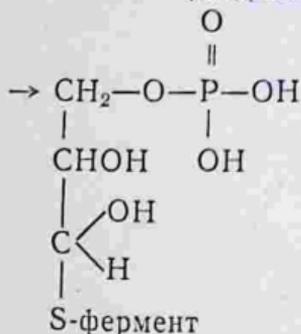
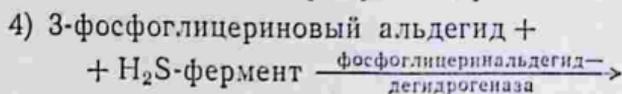
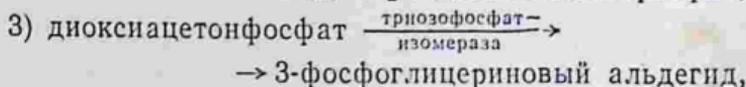
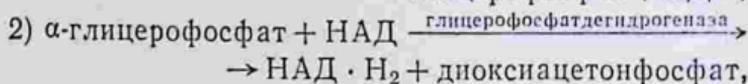
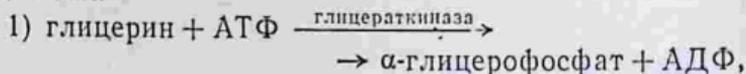
Напишите формулу эргостерина.

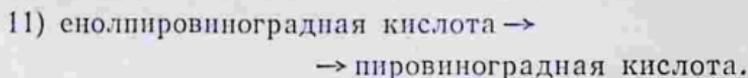
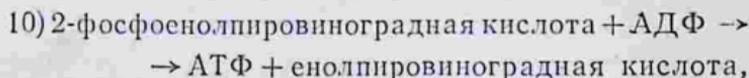
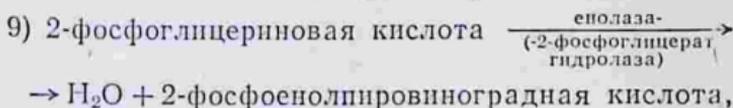
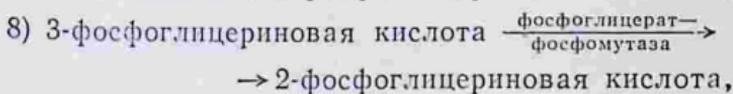
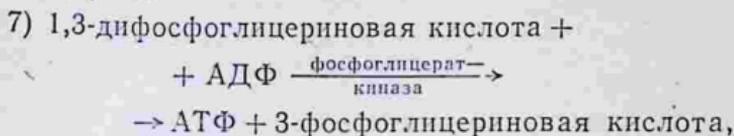
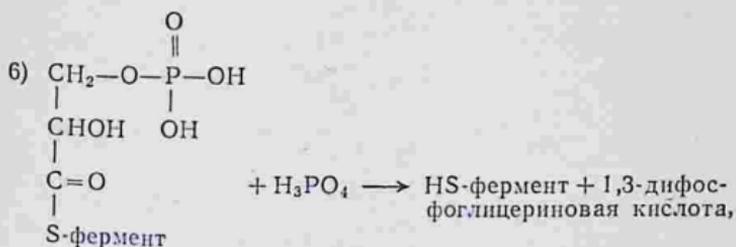
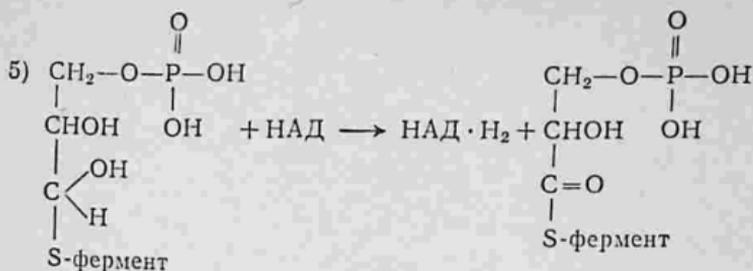
ОБМЕН ЛИПИДОВ

342. Под влиянием щелочи, а в организме при действии фермента липазы происходит ступенчатое расщепление триглицеридов на глицерин и жирные кислоты.

Напишите уравнения реакций расщепления триглицеридов: тристеарина, трипальмитина, диолеостеарина.

343. Превращение глицерина в организме происходит так:

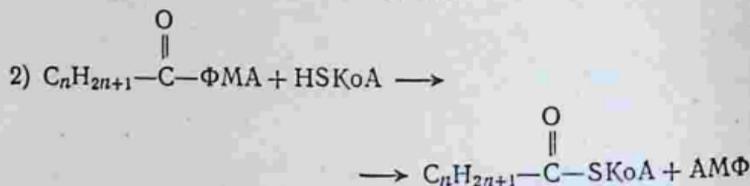
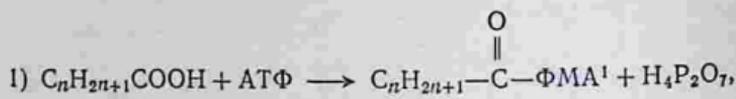




Напишите все эти превращения в виде формул.

В результате этих процессов на каждую молекулу 3-фосфоглицеринового альдегида синтезируются две молекулы АТФ, и при этом запасается энергия, выделяющаяся в процессе окисления фосфоглицеринового альдегида. Отметьте, из каких молекул в данном процессе отнимается фосфорная кислота для образования АТФ.

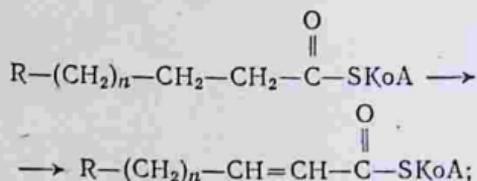
344. Реакция β -окисления жирных кислот происходит после предварительного активирования кислоты. Процесс активирования состоит из двух этапов:



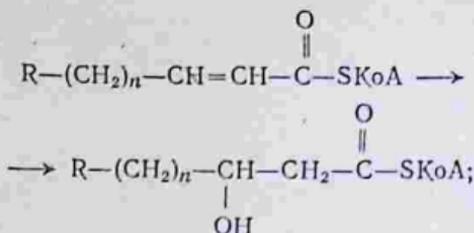
Напишите уравнения реакций активирования стеариновой кислоты.

345. Реакция окисления активированной жирной кислоты идет по следующим этапам:

1) отщепление с помощью дегидрогеназы двух атомов водорода от второго и третьего атомов углерода молекулы кислоты (появляется двойная связь):



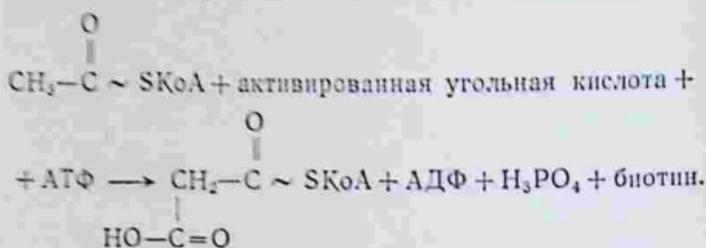
2) присоединение под влиянием гидратазы молекулы воды по месту двойной связи:



3) отнятие двух атомов водорода (от получившейся спиртовой группы с образованием β -кетокислоты);

¹ ФМА — остаток аденозинмонофосфата.

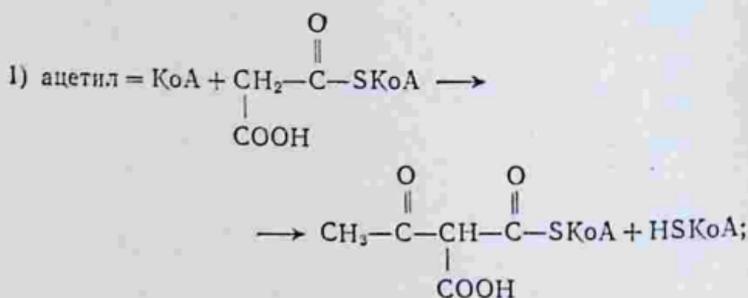
Построение молекулы жирной кислоты происходит при участии активной малоновой кислоты. Она образуется из ацетил-КоА в результате карбоксилирования его с активированной угольной кислотой:



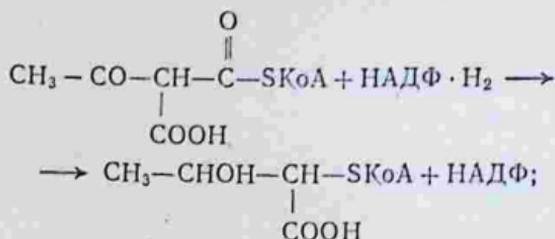
Активированная малоновая кислота

Напишите уравнение реакции синтеза активной малоновой кислоты.

347. При синтезе жирной кислоты включение C_2 -группы¹ идет за счет активированной малоновой кислоты, ацетил-КоА требуется только как начальный член молекулы. Ацетил-КоА конденсируется с активированной малоновой кислотой:

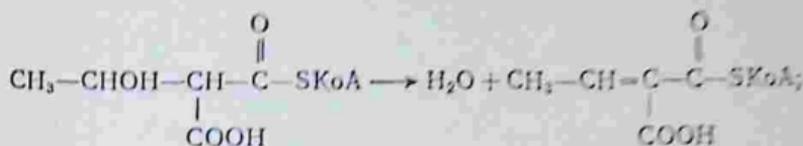


2) получившаяся β -кетокислота восстанавливается с помощью фермента дегидрогеназы-НАДФ \cdot H_2 :

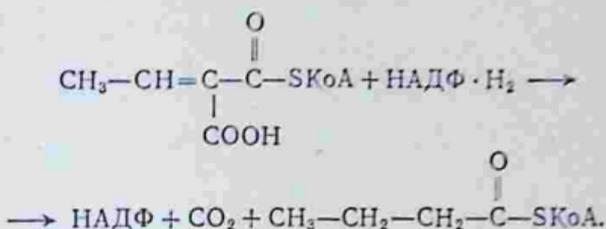


¹ При каждой отдельной реакции в исходную молекулу включается группа из двух атомов углерода C_2 -группа.

3) β -оксикислота дегидратируется:



4) эта непредельная кислота гидрируется:



Суммируйте приведенные здесь равенства, напишите итоговое равенство реакций.

348. При взаимодействии бутирил-КоА (упр. 347) с активированной малоновой кислотой получается (упр. 347) капроновая кислота. Напишите уравнения реакций образования капроновой кислоты.

349. Напишите уравнения реакций синтеза каприловой кислоты, исходя из капроновой (упр. 347).

350. Лецитин синтезируется из холина и диглицерида:

- 1) холин + АТФ $\xrightarrow{\text{киназа}}$ холинфосфат + АДФ;
- 2) холинфосфат + ЦТФ¹ \rightarrow
 \rightarrow цитидиндифосфатхолин + пирофосфат;
- 3) цитидиндифосфатхолин + диглицерид \rightarrow
 \rightarrow ЦМФ² + лецитин.

Напишите уравнения реакций в соответствии с этой схемой. Суммируйте уравнения реакций.

351. Синтез триглицеридов осуществляется по следующим стадиям:

- 1) глицерин + АТФ \rightarrow глицерин-1-фосфат + АДФ;

¹ ЦТФ — цитидинтрифосфат (формула в упр. 71)

² ЦМФ — цитидинмонофосфат.

2) глицерин-1-фосфат + 2 молекулы активированной жирной кислоты \rightarrow фосфатидная кислота + 2HSCoA ;

3) фосфатидная кислота + молекула активированной жирной кислоты \rightarrow
 \rightarrow триглицерид + $\text{HSCoA} + \text{H}_3\text{PO}_4$.

Напишите уравнения реакций синтеза тристеарина в соответствии с приведенной схемой.

352. При неполном окислении жиров в организме больных диабетом в моче появляются ацетоуксусная кислота (β -кетомасляная), β -оксимасляная кислота (продукт восстановления первой) и ацетон. Группу этих веществ в медицине называют кетоновыми телами.

Напишите формулы этих веществ.

353. Фермент липаза вызывает гидролиз преимущественно внешних (α) эфирных связей:

триглицерид + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ диглицерид + жирная кислота.

Напишите уравнение реакции гидролиза триглицерида.

354. Под влиянием фермента фосфолипазы α -лецитин подвергается гидролизу и образует лизолецитин и ненасыщенную жирную кислоту.

Напишите уравнение реакции гидролиза одного из лецитинов.

355. Фосфолипаза гидролизует лизолецитины:

лизолецитин + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$

\rightarrow глицерофосфохолин + жирная кислота.

Напишите уравнение реакции.

356. Фермент ацетилхолинэстераза катализирует реакцию гидролиза ацетилхолина:

ацетилхолин + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ холин + уксусная кислота.

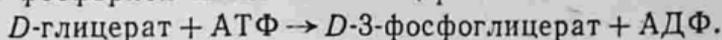
Напишите полное уравнение этой реакции.

357. Фермент холинацетилтрансфераза переносит ацетильную группу на молекулу холина:

ацетил- $\text{CoA} +$ холин \rightarrow $\text{CoA} +$ О-ацетилхолин.

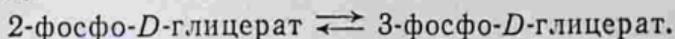
Напишите уравнение этой реакции.

358. Глицераткиназа осуществляет перенос остатка фосфорной кислоты к глицериновой кислоте:



Напишите уравнение реакции образования фосфоглицерата.

359. Фермент фосфоглицератфосфомутаза обуславливает внутримолекулярный перенос фосфорильных групп:

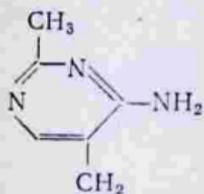


Напишите уравнение этой реакции.

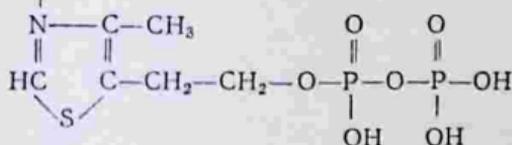
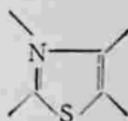
ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦИКЛ ТРИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ (ЦИКЛ КРЕБСА)

360. Пировиноградная кислота, получившаяся в результате анаэробного превращения углеводов, подвергается аэробному декарбоксилированию. В результате этого превращения получается активная уксус-

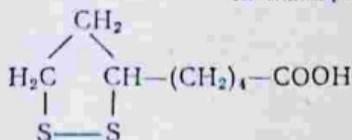
ная кислота, или ацетилкоэнзим А ($\text{CH}_3\text{-C(=O)-SKoA}$). Образование «активной уксусной кислоты» происходит при участии тиаминопирофосфата и липоевой кислоты:



или схематично

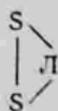


Тиаминопирофосфат



Липоевая кислота

или схематично



рандашом формулу пировиноградной кислоты и всех ее элементов в ходе ее превращений.

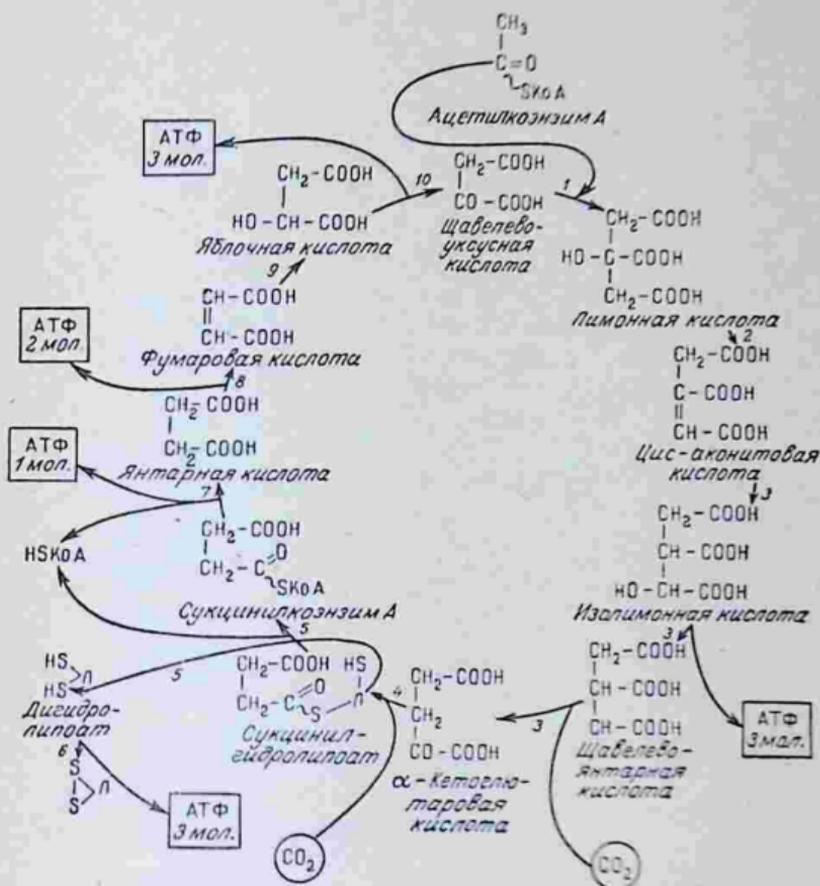


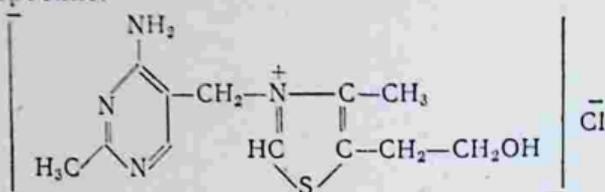
Схема превращений в цикле Кребса

361. Образовавшийся ацетилкоэнзим А включается в окислительный процесс, происходящий в тканях. Этот процесс протекает как циклический при участии дикарбоновых кислот, которые играют роль катализаторов.

Напишите последовательно все уравнения реакций цикла Кребса, включите в уравнения все участвующие в процессе вещества (НАД, НАДФ, кофермент). Суммируйте уравнения реакций.

ВИТАМИНЫ

362. Витамин В₁ (аневрин, или тиамин), предохраняющий от заболевания бери-бери, имеет следующее строение:

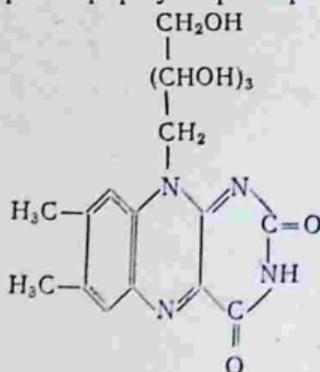


В молекуле тиамина метиленовая группа связывает пиримидиновое и тиазольное кольца. Перепишите эту формулу, отметьте, где здесь пиримидиновое и где тиазольное кольцо.

363. Формула витамина В₁ написана в виде четырехзамещенного аммониевого основания — тиаминхлорида (упр. 362). В такой форме витамин В₁ существует в кислой среде. В нейтральной и щелочной среде его тиазольное кольцо разомкнуто (разрыв по месту связи —СН). В этой форме витамина В₁ углерод, ранее связанный с атомом серы, является альдегидным, а сера представлена в виде сульфгидрильной группы.

Напишите формулу тиамина со свободной сульфгидрильной группой.

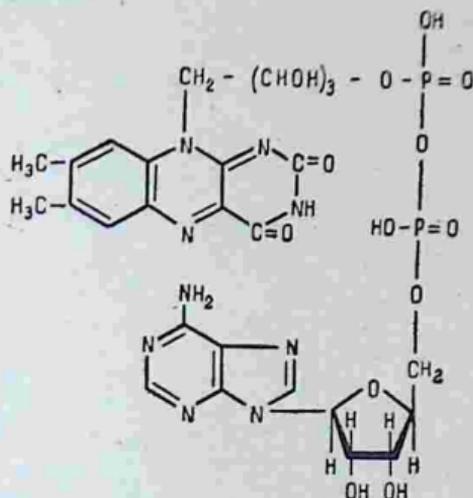
364. Структурная формула рибофлавина



Витамин В₂
(6,7-диметил-9-D-рибителизоаллоксанин)

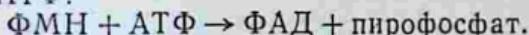
Рибофлавин является протетической группой энзимов флавопротеидов. В флавопротеидах эта про-

стетическая группа может быть или в виде рибофла-
винфосфата, который называется иначе флавимоно-
нуклеотидом (ФМН), или в виде флавинадениндину-
клеотида (ФАД):



Флавинадениндинуклеотид (ФАД) — простетическая группа ряда
флавиновых ферментов

Флавинадениндинуклеотид (ФАД) образуется из
ФМН и АТФ:

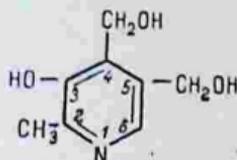


Напишите уравнение реакции образования ФАД.

365. Болезнь пеллагра вызывается у человека от-
сутствием в пище никотиновой кислоты. Антипеллар-
гическим витамином является как никотиновая кис-
лота, так и амид никотиновой кислоты. Он входит в
состав НАД и в другие соединения, участвующие в
окислительно-восстановительных реакциях.

Напишите формулы никотиновой кислоты и ее амида.

366. Некоторые виды анемии излечиваются пири-
доксином, который является витамином В₆:



Производные пиридоксина — пиридоксаль и пири-
доксамин (альдегидная и аминогруппа этих производ-

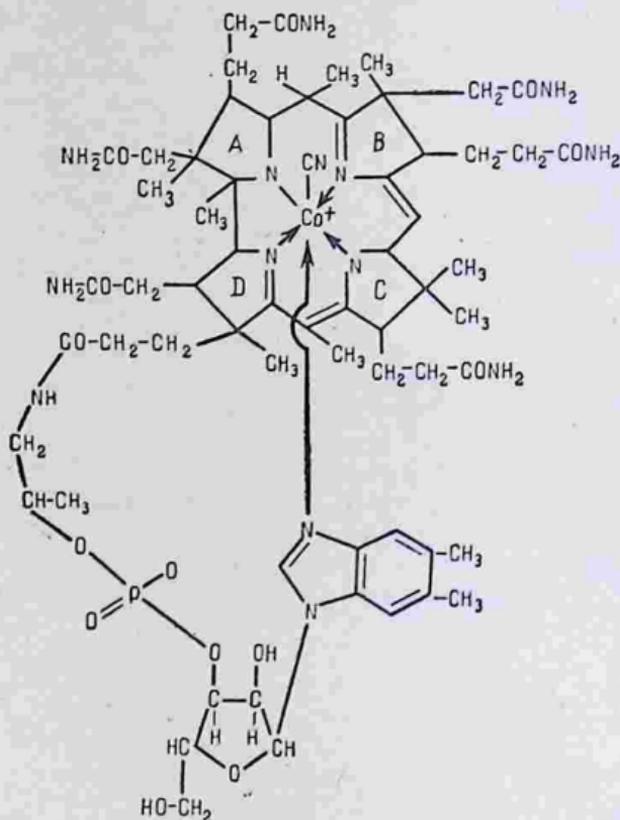
ных находятся в положении 4) равноценны пиридоксину по их действию на организм животных.

Напишите формулы пиридоксала и пиридоксамина.

367. Фосфорилированные производные пиридоксала и пиридоксамина являются простетическими группами ферментов, участвующих в обмене аминокислот.

Напишите формулы пиридоксаль-5-фосфата и пиридоксамин-5-фосфата.

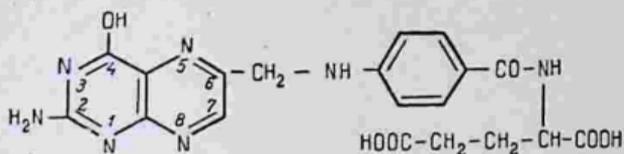
368. Витамин В₁₂ (кобаламин) содержится в печени животных, он регулирует кроветворение. Отсутствие витамина В₁₂ у человека является причиной возникновения злокачественной анемии. Существуют несколько разных производных кобаламина. Самым активным кобаламином является цианкобаламин:



Витамин В₁₂ (цианкобаламин)

Рассмотрите формулу цианкобаламина. Выпишите отдельные компоненты формулы: а) структурную основу молекулы — четыре пиррольных кольца, связанных с атомом кобальта; б) нуклеотидную часть; в) сравните формулу молекулы цианкобаламина с молекулой гема, отметьте черты сходства и отличия этих двух молекул.

369. Фолиевая кислота — витамин, содержащийся в больших количествах в листьях растений (*folium* — лист). Она находится и в печени, отсутствие ее вызывает анемию и лейкопению, т. е. нарушение образования эритроцитов и лейкоцитов:

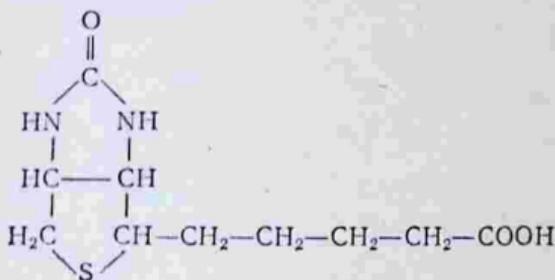


Перепишите формулу фолиевой кислоты. Обратите внимание, что в правой части ее сконденсированы парааминобензойная и глутаминовые кислоты. Отметьте эти части.

Тетрагидрофолиевая кислота (четыре атома водорода в положениях 5, 6, 7, 8) является переносчиком формальдегида в реакциях обмена.

Напишите формулу тетрагидрофолиевой кислоты.

370. Витамин биотин необходим для нормальной жизни организма. У человека он вырабатывается бактериями кишечника в достаточном количестве. Недостаток биотина у животных вызывает, в частности, дерматит. По строению биотин представляет собой тиофен, сконденсированный с мочевиной (с α -углеродным атомом тиофенового кольца связан остаток валериановой кислоты):



БИОТИН

Рассмотрите формулу биотина, запишите ее и подчеркните части его молекулы.

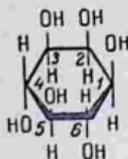
371. В тканях, где происходит интенсивное окисление, встречается витамин пантотеновая кислота. Она является составной частью коэнзима А, который играет исключительную роль в обмене веществ. Богатыми источниками ее являются икра рыб, пчелиный воск и дрожжи. Пантотеновая кислота является дипептидом, образованным из пантоевой (α -диокси- β , β -диметилмасляной) кислоты и β -аланина.

Напишите формулу пантоевой кислоты и уравнение синтеза пантотеновой кислоты из пантоевой и β -аланина.

372. Витамин пара-аминобензойная кислота необходим в организме животных для нормального процесса пигментации волос, шерсти, перьев, для синтеза фолиевой кислоты.

Напишите формулу пара-аминобензойной кислоты.

373. Витамин инозит предотвращает ожирение печени. По химическому строению он является одним из девяти изомерных гекситов (шестиатомных циклических спиртов) и называется мезоинозитом. Его проекционная формула:



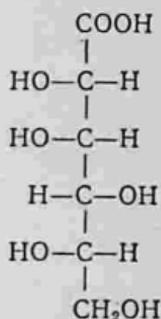
Перепишите формулу мезоинозита, обратите внимание на пространственное расположение гидроксильных групп; гидроксилы в положении 1, 2, 3 и 5 находятся по одну сторону плоскости кольца, гидроксилы в положении 4, 6 — по другую. Только этот инозит (один из девяти возможных изомеров) является витамином.

374. Холин устраняет болезненное ожирение печени, так как жиры в присутствии холина образуют фосфатиды, которые легко транспортируются из печени.

Напишите формулу холина и уравнение реакции образования фосфорилхолина.

375. Цинга (skorbut) является следствием недостатка в пище аскорбиновой кислоты, которая является енольной формой лактона-2-кето-*L*-гулоновой кислоты.

Напишите формулу аскорбиновой кислоты, зная, что *L*-гулоновая кислота имеет формулу

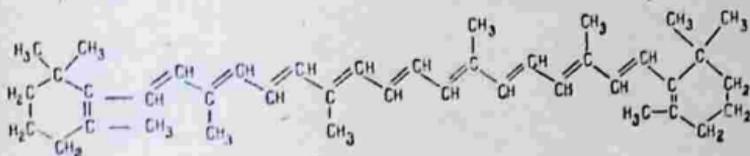


376. Аскорбиновая кислота является сильным восстановителем: енольные группы легко окисляются до кетогрупп, при этом образуется дегидроаскорбиновая кислота.

Напишите формулу дегидроаскорбиновой кислоты.

377. Витамин А-ретинол является витамином роста и предохраняет, в частности, от ксерофтальмии (высыхания роговицы глаза). Помимо поражения роговицы, при недостатке витамина А развивается нарушение восприятия света в условиях слабой освещенности, например в сумерках (так называемая куриная слепота).

Витамин А в животном организме образуется из каротинов, углеводов $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$, содержащихся в моркови (carota — морковь). Животный организм может усваивать не только свободный витамин А, но и витамин А, входящий в состав каротинов. Формула β -каротина:



В этой молекуле β -каротин содержит восемь изопреновых звеньев.

Перепишите эту формулу и подчеркните восемь изопреновых групп.

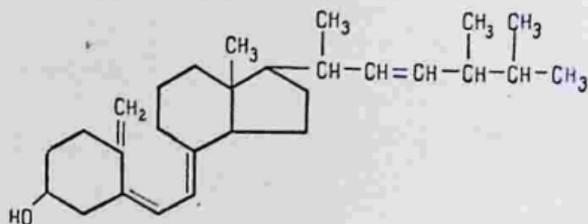
378. Витамин А имеет структуру, идентичную одной половине молекулы β -каротина, но только у крайнего атома углерода (который был средним у каротина) находится первичная спиртовая группа. Напишите формулу витамина А.

379. Витамин А (ретинол) существует в двух формах — A_1 и A_2 . Витамин A_2 отличается от витамина A_1 тем, что в шестичленном цикле имеется вторая двойная связь в сопряженном положении с первой. Напишите формулу витамина A_2 .

380. Витамины А легко окисляются (дегидрируются) как в лабораторных условиях, так и в организме. При окислении витамин А (ретинол) превращается в альдегид ретиналь.

Напишите уравнение реакции дегидрирования с превращением ретинола в ретиналь.

381. При недостатке витамина D у детей развивается рахит. Имеются две модификации витамина: одна из них — витамин D_2 — называется кальциферолом или эргокальциферолом:

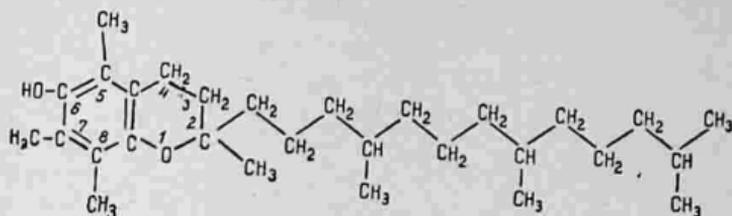


Витамин D_3 называется холекальциферолом. Он отличается от эргокальциферола только боковой цепью — в ней нет двойной связи и недостает одной метильной группы (у атома углерода, третьего от конца цепи).

Напишите формулу холекальциферола.

382. Жирорастворимый витамин Е является витамином размножения. Он назван токоферолом (от греческого «токос» — потомство, «феро» — несущий). Из масла пшеничных зародышей и из хлопкового масла были выделены три витамина токоферола — α -, β и γ .

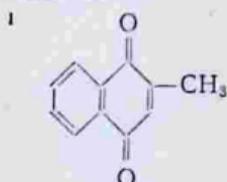
Строение α -токоферола



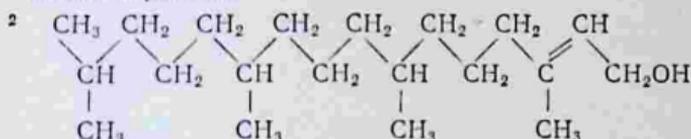
β -Токоферол отличается тем, что не имеет метильной группы в положении 7, а γ -токоферол — в положении 5. Напишите формулы β - и γ -токоферолов.

383. Витамин К влияет на свертываемость крови. В его отсутствие наблюдается снижение скорости свертывания крови вследствие нарушения синтеза протромбина — белка, являющегося одним из необходимых компонентов системы свертывания крови.

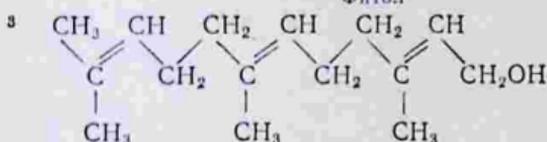
Существуют два витамина К — K_1 и K_2 . Оба они являются производными 2-метилнафтохинона¹. В молекуле витамина K_1 2-метилнафтохинон сконденсирован с фитолом² и представляет собой 2-метил-3-фитил-1,4-нафтохинон. Витамин K_2 отличается от витамина K_1 тем, что к остатку 2-метилнафтохинона в положении 3 присоединен радикал дифарнезил (последний составлен из двух остатков спирта фарнезола)³



2-Метилнафтохинон



Фитол



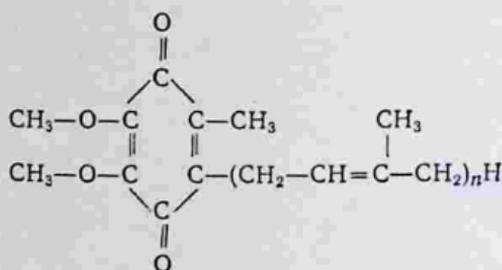
Фарнезол

Напишите формулы витаминов K_1 и K_2 .

384. Ненасыщенные жирные кислоты (линолевая, линоленовая и арахидоновая) некоторые ученые считают витаминами, поскольку они являются жизненно необходимыми для человека и животных. У крыс, пища которых не содержит этих кислот, наблюдается дерматит, бесплодие и патологические изменения в почках.

Напишите формулы этих кислот.

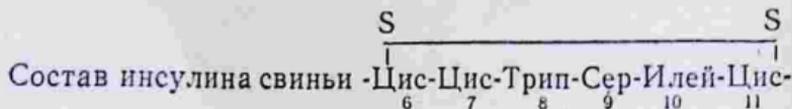
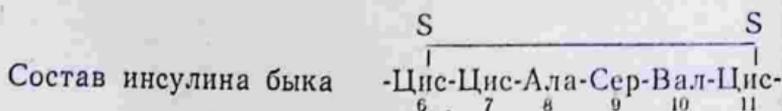
385. Витамин Q — убихинон принимает участие в окислительно-восстановительных процессах, он переносит водород к кислороду. Убихинон — производное бензохинона



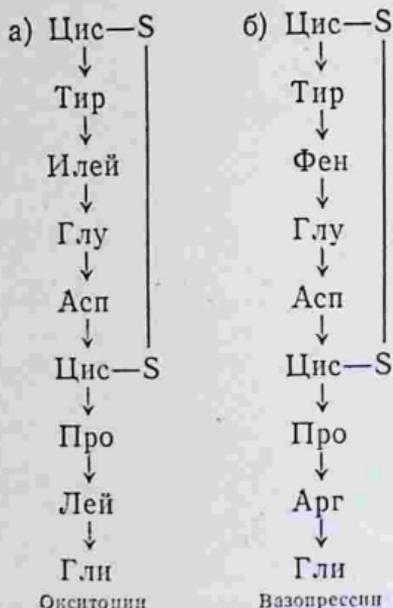
Напишите уравнение реакции присоединения водорода к убихинону.

ГОРМОНЫ

386. Гормон инсулин является полипептидом, составленным из пятидесяти одного остатка протенногенных аминокислот. Инсулин разных животных мало отличается по своему составу. Различия обнаружены только между двумя цистеиновыми остатками в интервале от восьмого до десятого звена молекулы.

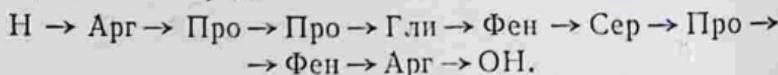


схемами:



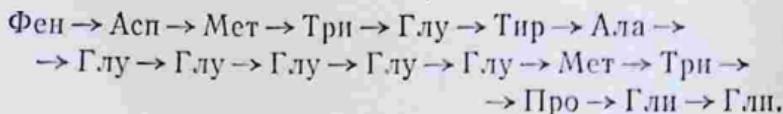
Напишите их полные формулы.

389. Белковоподобный гормон брадикинина является весьма активным сосудорасширяющим веществом, он вызывает также сокращение гладкой мускулатуры. Брадикинин представляет собой полипептид:



Напишите полную формулу этого гормона.

390. Гормон гастрин, вырабатываемый слизистой оболочкой входной части желудка, стимулирует секрецию желудочного сока, усиливает выработку пепсина, повышает панкреатическую секрецию, усиливает тонус и подвижность мышцы желудка и тонкого кишечника. Гастрин имеет белковую природу, он является гептадекапептидом, последовательность входящих в его состав кислот следующая:



Напишите его полную формулу.

391. Имеются две разновидности гастринина: а) гастрин-1 и б) гастрин-2. У гастринина-1 тирозин эстерифицирован сульфатным остатком, у гастринина-2 сульфата нет. Укажите в формуле гастринина-1 (упр. 390) место, где находится сульфатный остаток.

392. Адренкортикотропный гормон (кортикотропин), сокращенно АКТГ, влияет на функцию надпочечников. Он представляет собой белок. При действии на него соляной кислоты и пепсина он расщепляется на полипептиды. Выделен один из этих полипептидов (кортикотропин В). Он построен из тридцати девяти остатков белковых кислот. Состав и строение кортикотропина В:

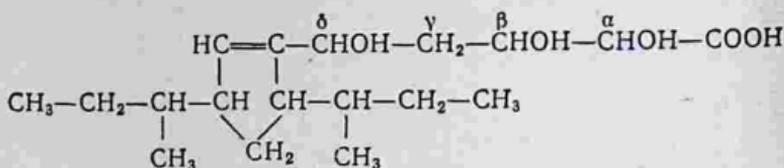
Сер → Тир → Сер → Мет → Глу → Гис → Фен → Арг →
→ Три → Гли → Лиз → Про → Вал → Гли → Лиз →
→ Лиз → Арг → Арг → Про → Вал → Лиз → Вал →
→ Тир → Про → Асп → Гли → Ала → Глу → Асп →
→ Глу → Лей → Ала → Глу → Ала → Фен → Про →
→ Лей → Глу → Фен.

При действии пепсина на кортикотропин В от С-концевой аминокислоты постепенно отщепляется пятнадцать аминокислот. Оставшийся полипептид, построенный из двадцати четырех аминокислотных остатков, сохраняет активность АКТГ.

Напишите в сокращенном виде формулу полипептида, состоящего из двадцати четырех аминокислот (N-концевую аминокислоту и С-концевую напишите при этом полной формулой). Припишите к сокращенным обозначениям остатков моноаминодикарбоновых кислот их карбоксильные, а к остаткам диаминомонокрбоновых их первичные аминогруппы, не участвующие в образовании полипептидной цепи.

393. Фитогормоны (гормоны растений) стимулируют рост частей растений (корня, стебля, листьев). Их называют ауксинами.

Фитогормон ауксин «а» имеет формулу

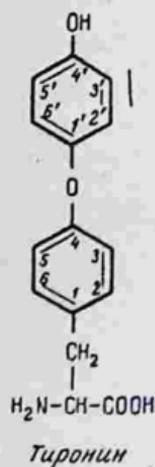


Ауксин «б» отличается только тем, что в α -положении гидроксильная группа отсутствует, а в β -положении она окислена до кетонной. Напишите формулу ауксина «б».

394. Гормоном роста является индолил-3-уксусная кислота.

Напишите формулу этого фитогормона.

395. При щелочном гидролизе ткани щитовидной железы выделено вещество тироксин, обладающее гормональным действием. В основе молекулы тироксина лежит аминокислота тиронин:



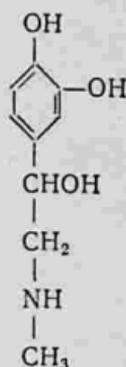
Тироксин является 3, 5, 3, 5-тетраиодтиронином.

Напишите формулу строения тироксина.

396. В щитовидной железе, кроме тироксина, имеется 3, 5, 3-трииодтиронин, который также проявляет гормональное действие.

Напишите формулу 3, 5, 3-трииодтиронина.

397. Из мозгового вещества надпочечников выделен гормон адреналин. Его рациональное название — метиламиноэтанолпирокатехин:



Этот гормон повышает кровяное давление.

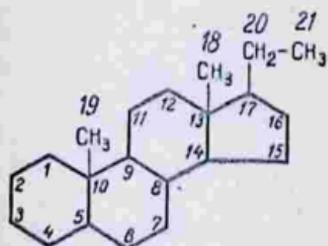
В надпочечниках находится, кроме адреналина, норадреналин. Он отличается тем, что у него отсутствует метильная группа.

Напишите формулу норадреналина.

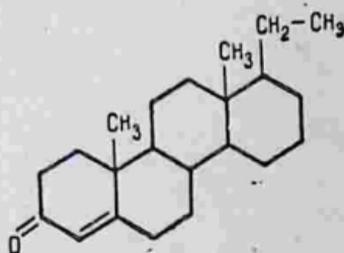
398. Адреналин и норадреналин являются оптически деятельными веществами, причем *L*-изомер адреналина в 15 раз активнее *D*-изомера.

Напишите проекционные формулы *D*- и *L*-адреналина.

399. Гормоны коры надпочечников кортизон, кортикостерон, альдостерол имеют в основе молекулы циклопентанпергидрофенантрен (упр. 335). Они относятся к группе прегнана и прегнена:



Прегнан



Прегнен

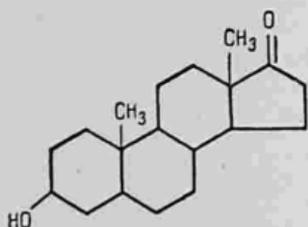
Кортикостерон является 3, 20-диоксо-11, 21-диокси-прегненом.

Напишите формулу кортикостерона.

400. Гормон кортизон является 11-дегидро-17-оксикортикостероном.

Напишите формулу кортизона.

401. Половые гормоны являются производными холестерина. Мужские половые гормоны — андростерон и тестостерон. В результате их биологического действия развиваются вторичные мужские половые признаки:

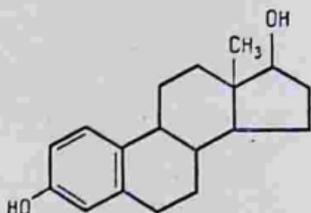


Андростерон

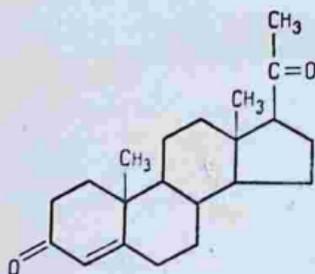


Тестостерон

Женские половые гормоны — эстрадиол и прогестерон — обеспечивают нормальное функционирование яичников и развитие вторичных женских половых признаков:



Эстрадиол



Прогестерон

Пронумеруйте атомы углерода (упр. 399) в кольцах этих веществ, отметьте, в чем состоит отличие мужских половых гормонов от женских.

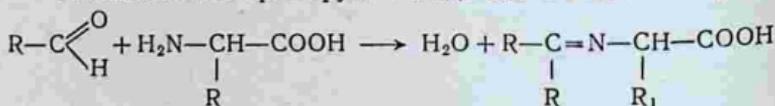
Следует обратить внимание на ароматичность кольца А у женских половых гормонов и как следствие ароматичности этого кольца отсутствие метильной группы у десятого атома углерода эстрадиола. Двойная связь у прогестерона находится в сопряженном положении с одной из кетогрупп.

Существенным является пространственное положение группы $-\text{OH}$ у семнадцатого атома углерода. Если обе группы $-\text{OH}$ (третьего и семнадцатого атомов углерода) расположены в β -положении (перед плоскостью кольцевой системы), то эстрадиол весьма активен, если же группа $-\text{OH}$ у семнадцатого атома углерода расположена в α -положении (за плоскостью кольца), а группа $-\text{OH}$ третьего атома углерода в β -положении, то такой изомер эстрадиола в сто раз менее активен первого.

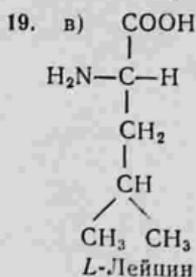
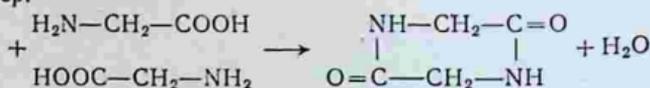
На этом примере, как и на многих других, видно, какое большое значение имеет строение молекулы вещества. От химического строения вещества зависят не только химические свойства, но и их физиологическая активность.

ОТВЕТЫ К УПРАЖНЕНИЯМ

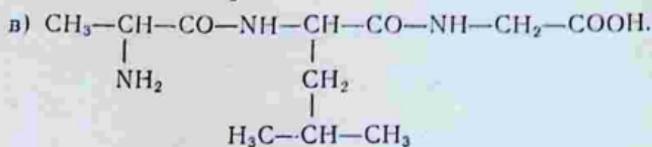
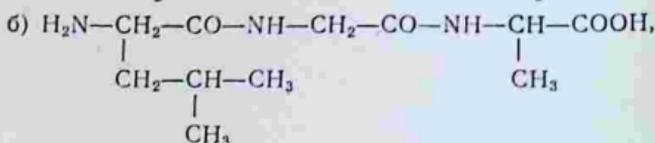
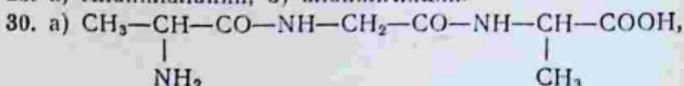
14. Аминокислоты реагируют с альдегидами в щелочной среде:



17. α -Аминокислоты при нагревании образуют соответствующие им дикетопиперазины (циклические ангидриды) и воду, на пример:

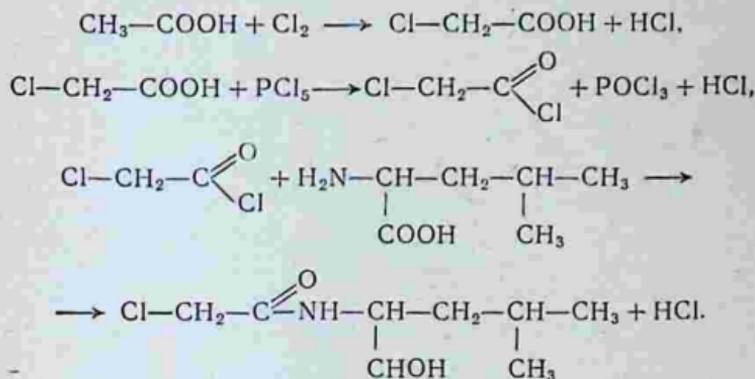


23. а) Аланилаланин, б) аланилглицин.

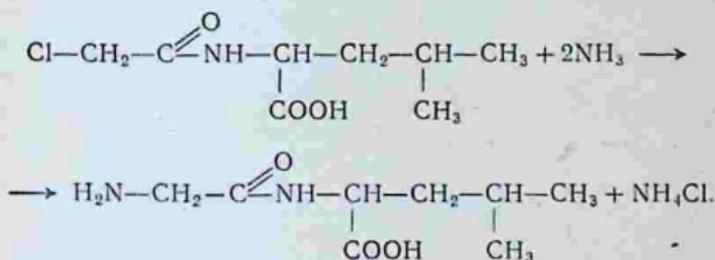


35. а) Один трипептид; б) три изомерных трипептида; в) шесть изомерных трипептидов.

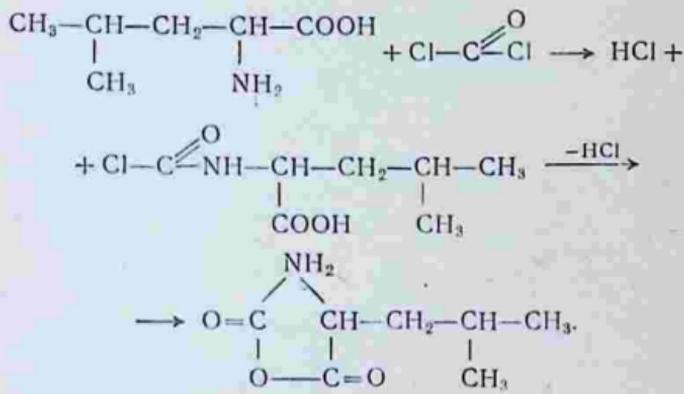
48. в) Глициллейцин может быть синтезирован так:



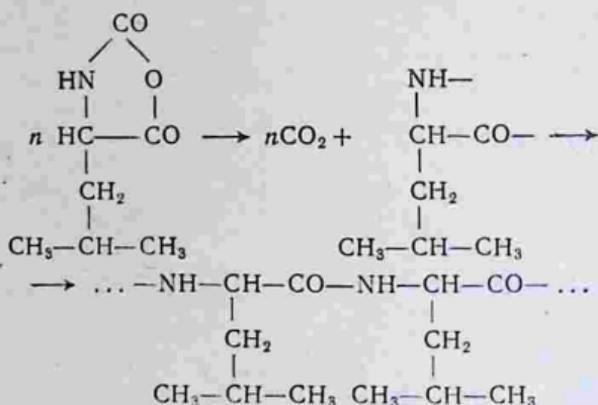
Для замещения хлора действуют далее аммиаком:



53. в) Из лейцина с помощью карбоксангидридов можно синтезировать полипептид:

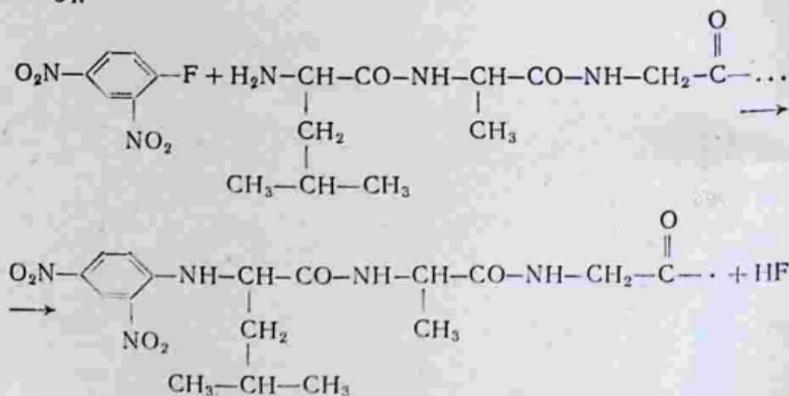


Получив карбоксангидрид, производят полимеризацию действием воды, водной щелочи или аминов:

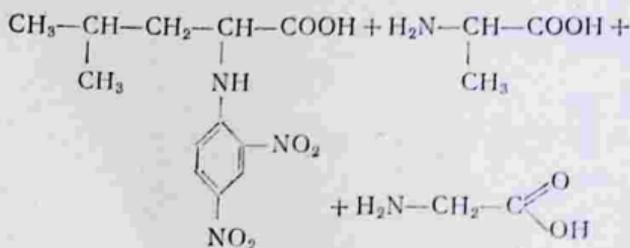


Здесь только два звена полипептида. По месту группы HN— и группы CO— присоединяются активные остатки аминокислоты (в данном случае лейцина), образуя полипептид.

54.



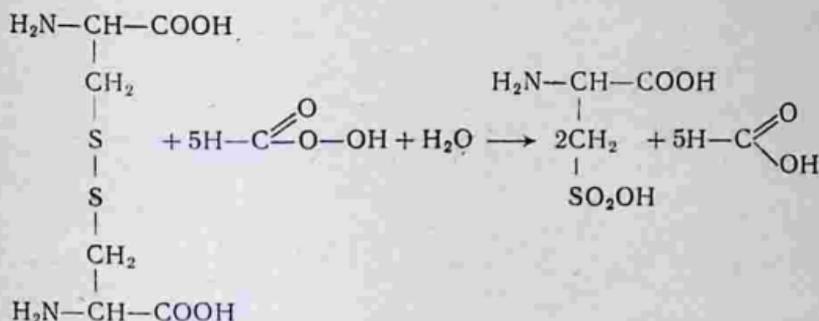
Здесь динитрофторбензол вступил во взаимодействие с концевой аминогруппой молекулы полипептида, т. е. с остатком лейцина. Полученное вещество после гидролиза образует



и другие аминокислоты, остатки которых были в цепи полипептида. Таким образом, только одна кислота, которая была на конце полипептида, в данном случае лейцин, будет связана с метадитробензолом.

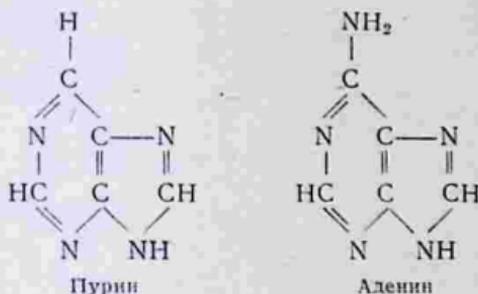
Выделив это вещество из смеси аминокислот, можно узнать, какая аминокислота находилась в полипептиде на конце цепи.

57.

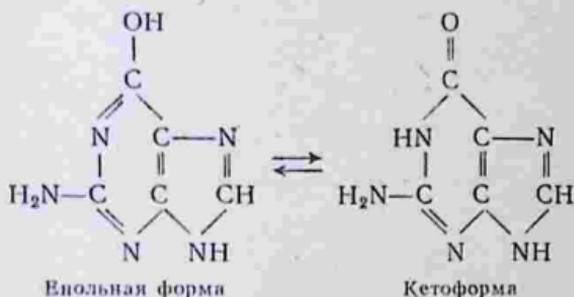


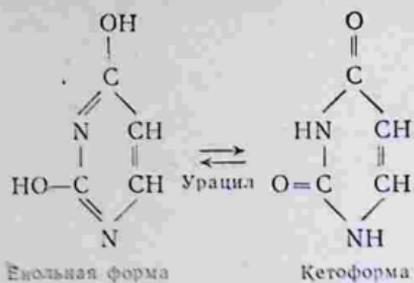
При действии надмуравьиной кислоты полипептид распадается на составляющие его пептидные цепи в связи с распадом соединяющих их S-S мостиков.

65.

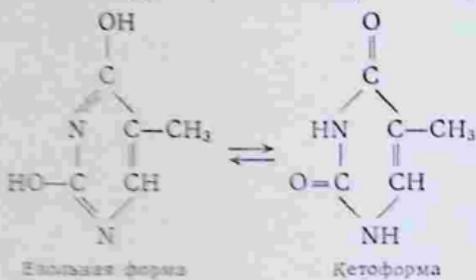


66. Гуанин представляет собой 2-амино-6-оксипурин. Это соединение может существовать в енольной форме и кетоформе:

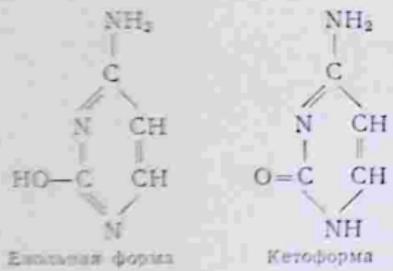




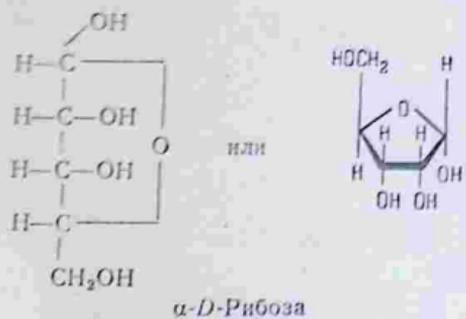
Тимин, или 5-метилурацил, имеет следующее строение:

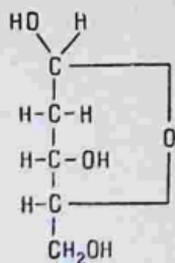


Цитозин представляет собой 2-оксо-6-аминопиримидин:

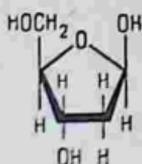


67.



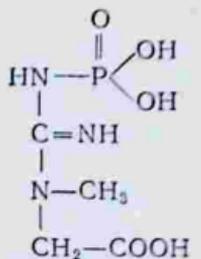


или

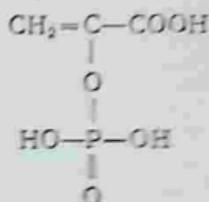


β-D-Дезоксирибоза

70.

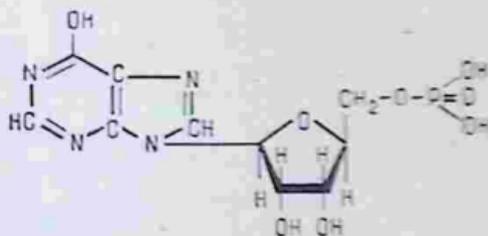


Креатинфосфат



Фосфоэволюционированная кислота

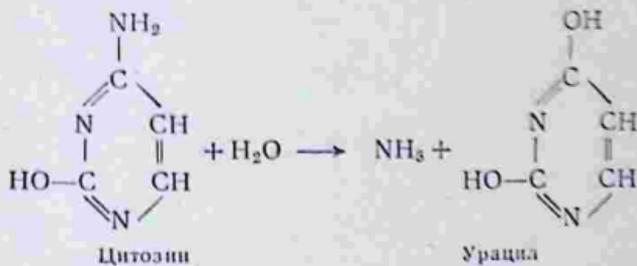
74.



*Гуаниловая кислота
(гуанозин-5-монофосфорная кислота)*

80.

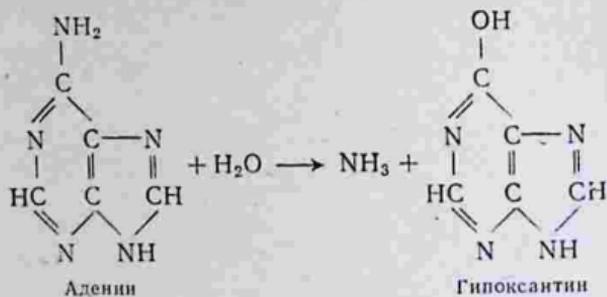
а)



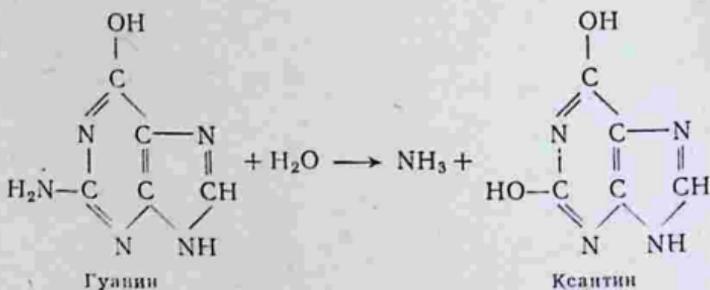
Цитозин

Урацил

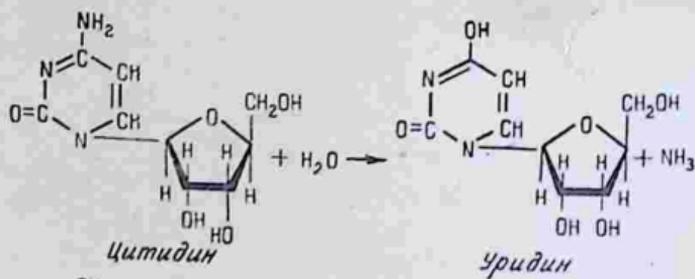
б)



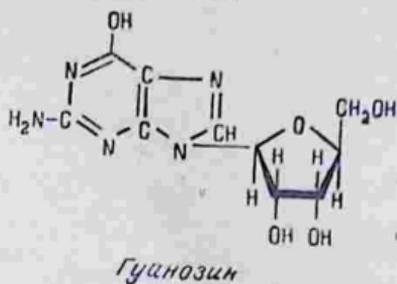
в)



82.

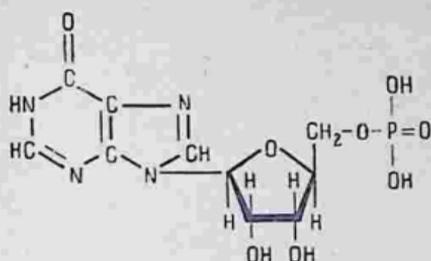


88.



84.

а)

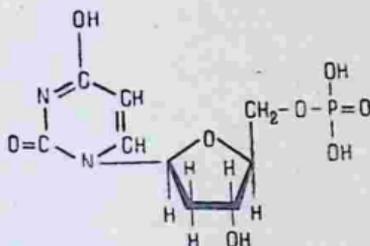


Инозин-5-фосфат

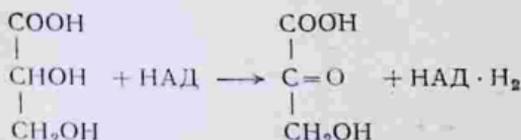
б) В молекуле ксантозин-3-фосфата основанием является ксантин (упр. 80, в), в молекуле тимидина — тимин.

в) В молекуле дезоксиаденозина основанием служит аденин, а углеводом — дезоксирибоза.

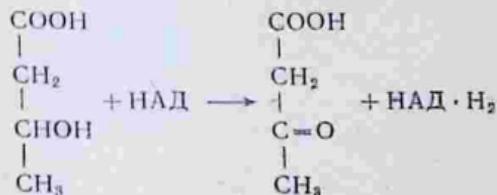
88.



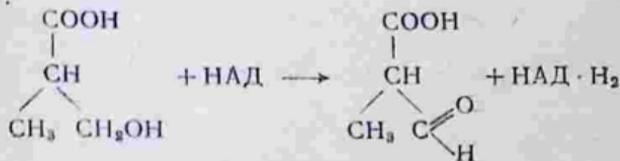
105.



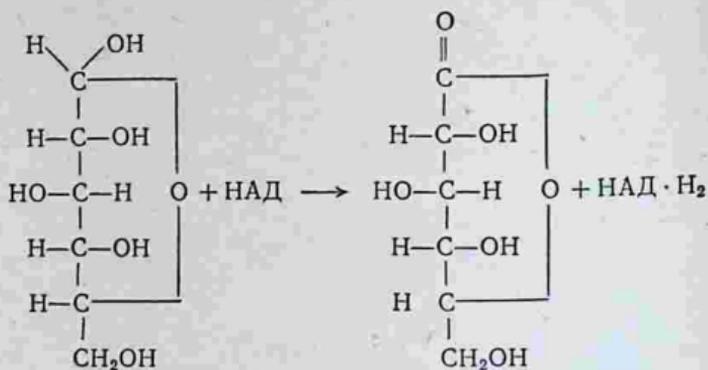
106.



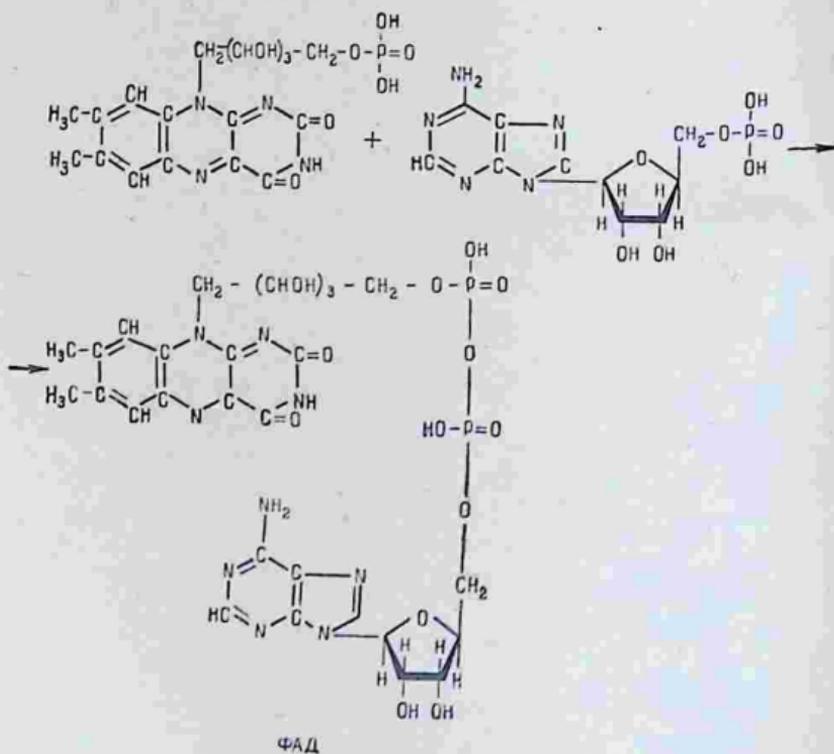
107.



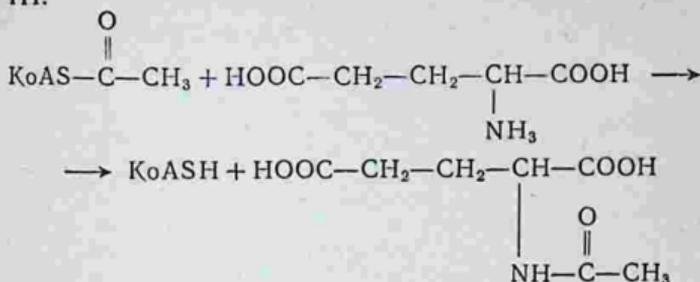
108.



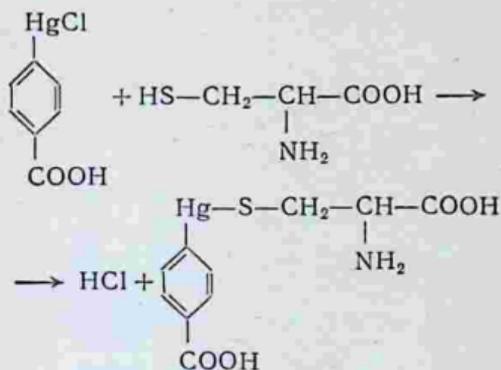
109.



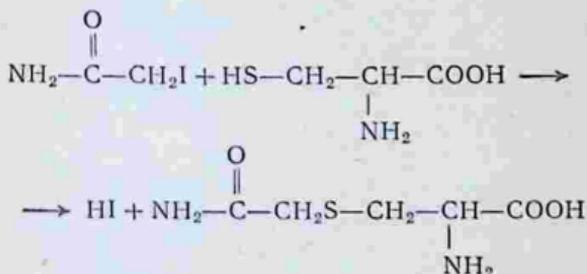
111.



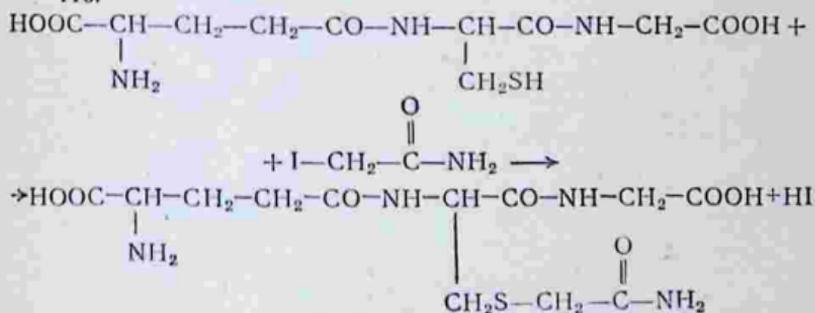
113.



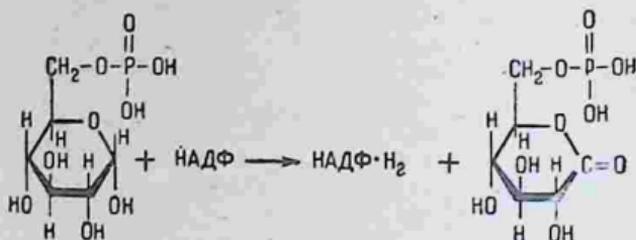
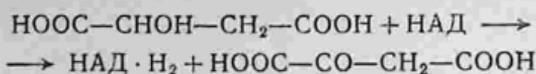
115.



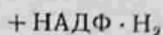
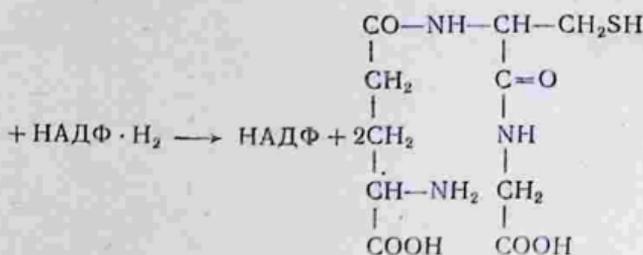
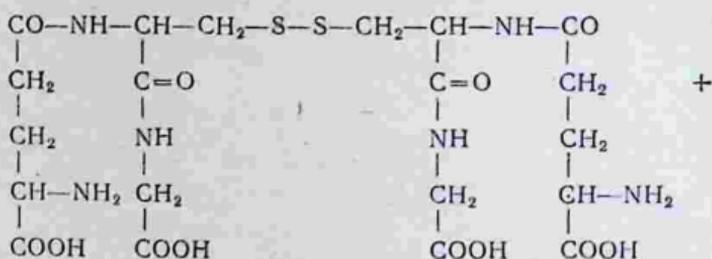
116.



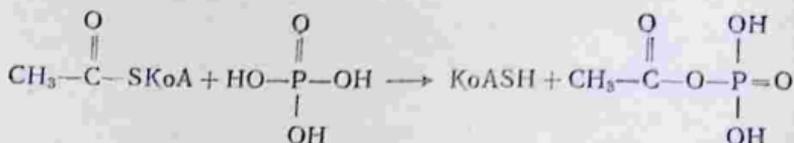
118.



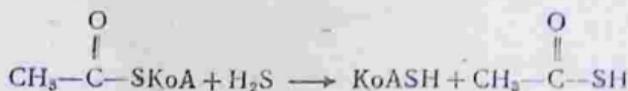
123.



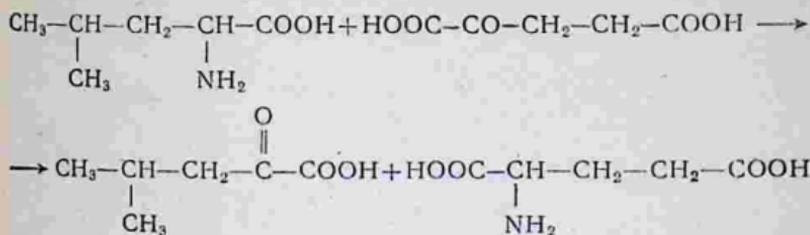
124.



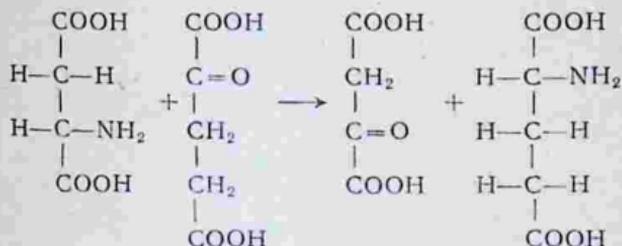
125.



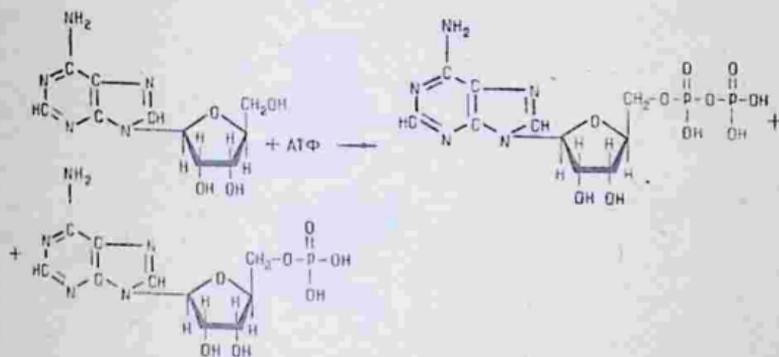
127.



128.



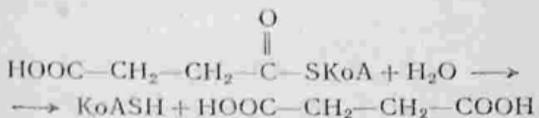
129.



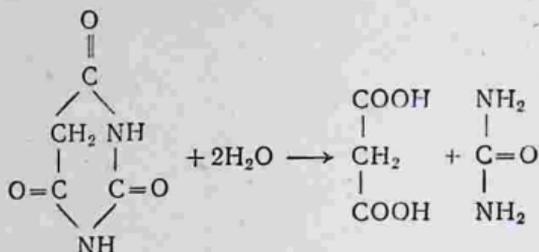
132.



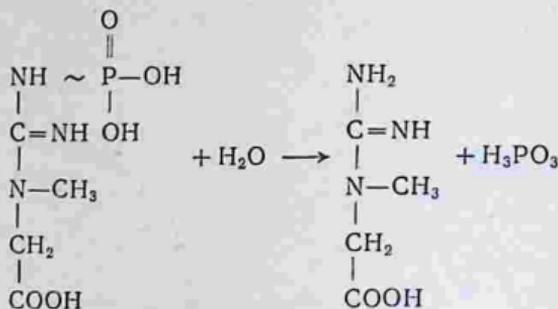
135.



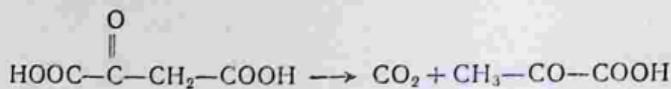
137.



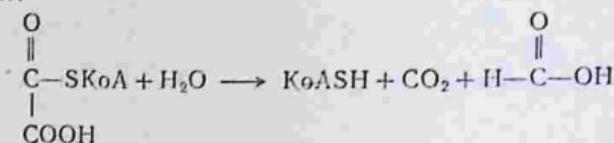
138.



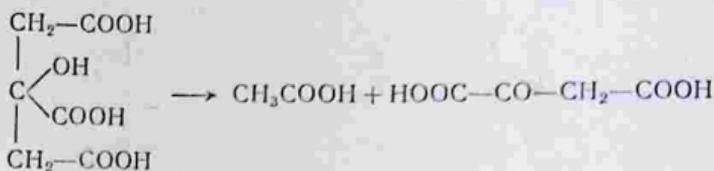
147.



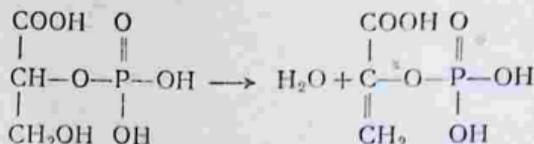
149.



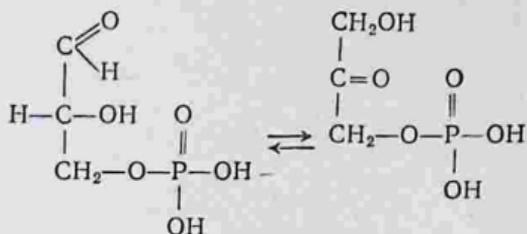
150.



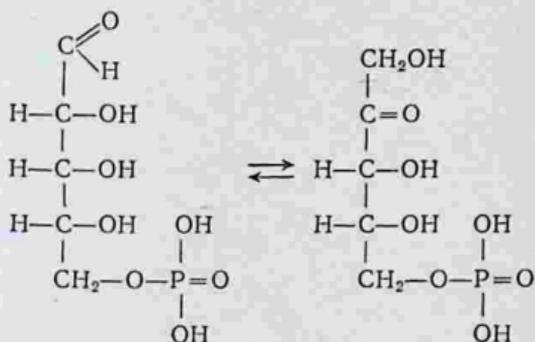
153.



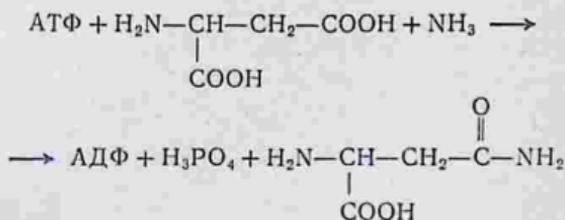
161.



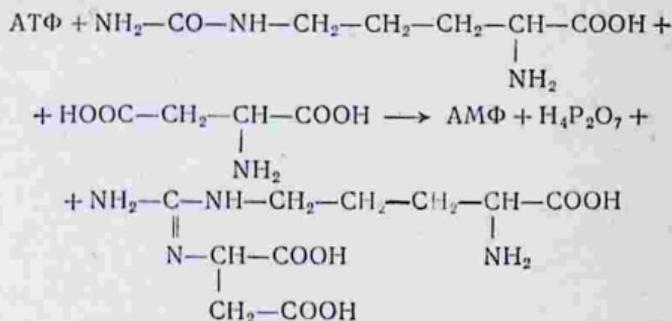
162.



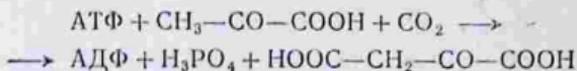
165.



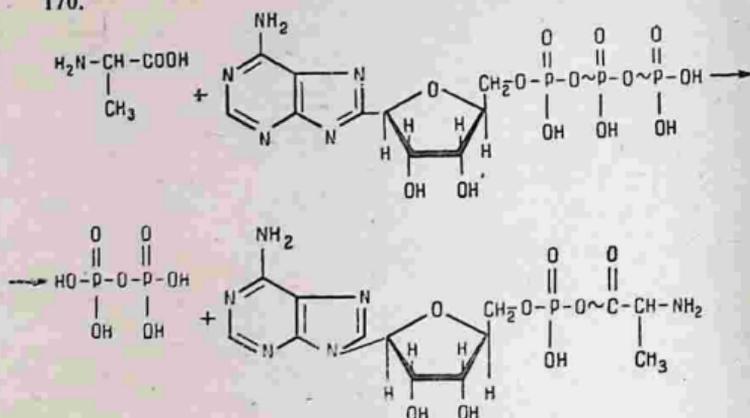
166.



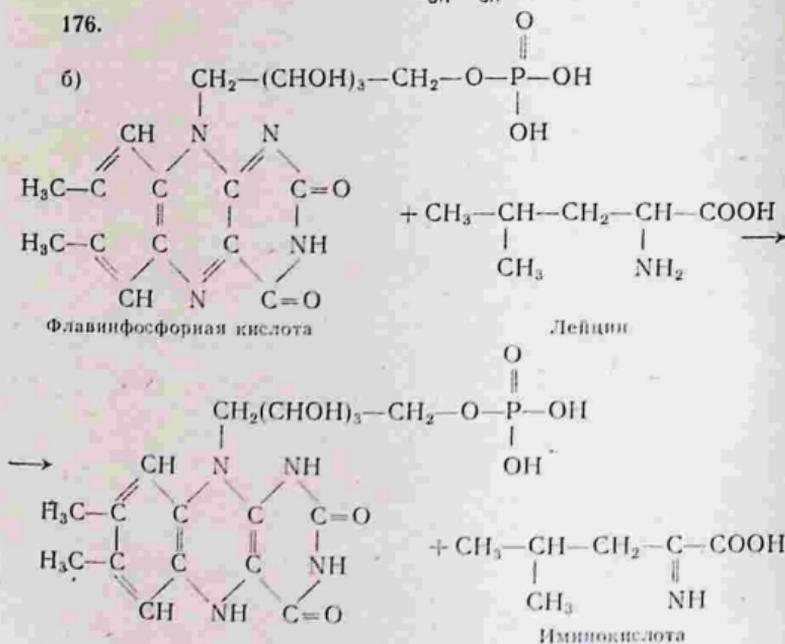
167.



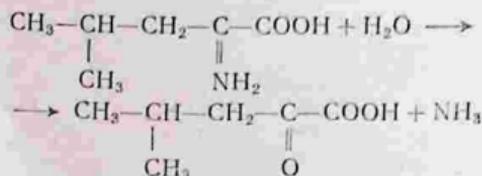
170.

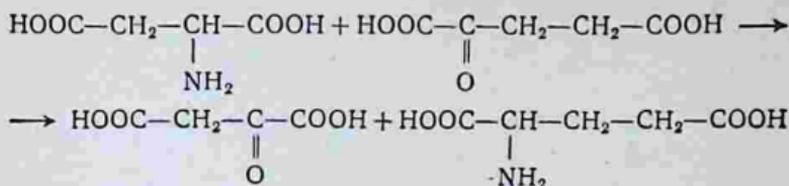


176.

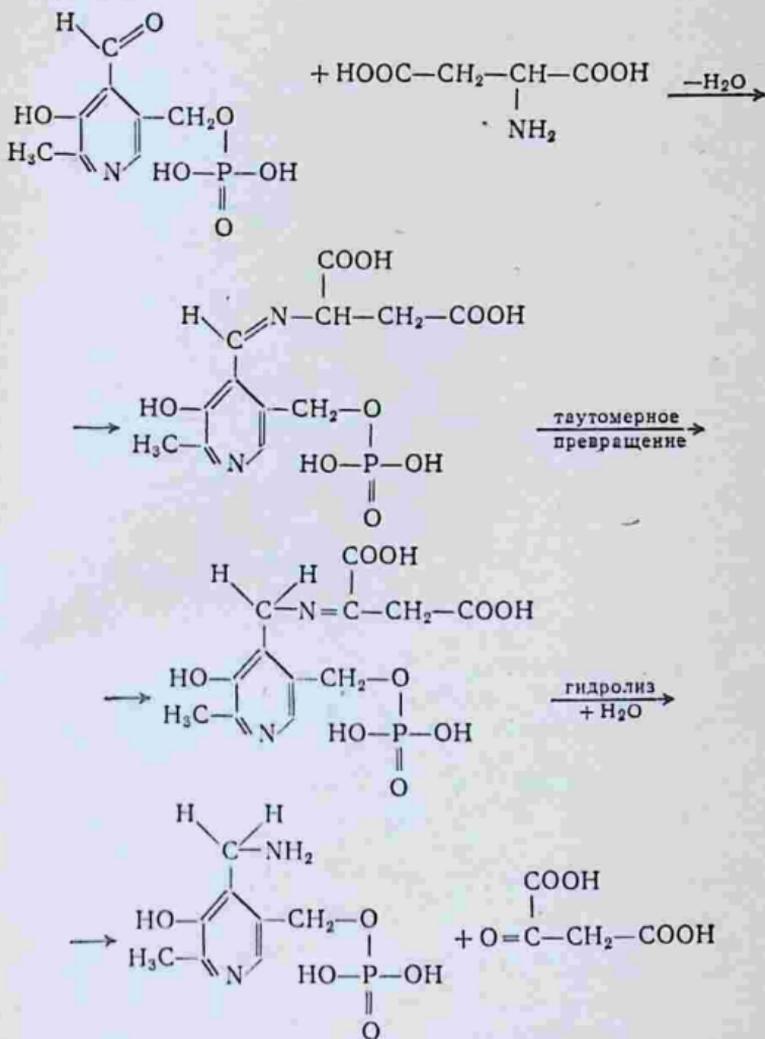


Получившаяся иминокислота гидролизуется с образованием кетокислоты и аммиака:

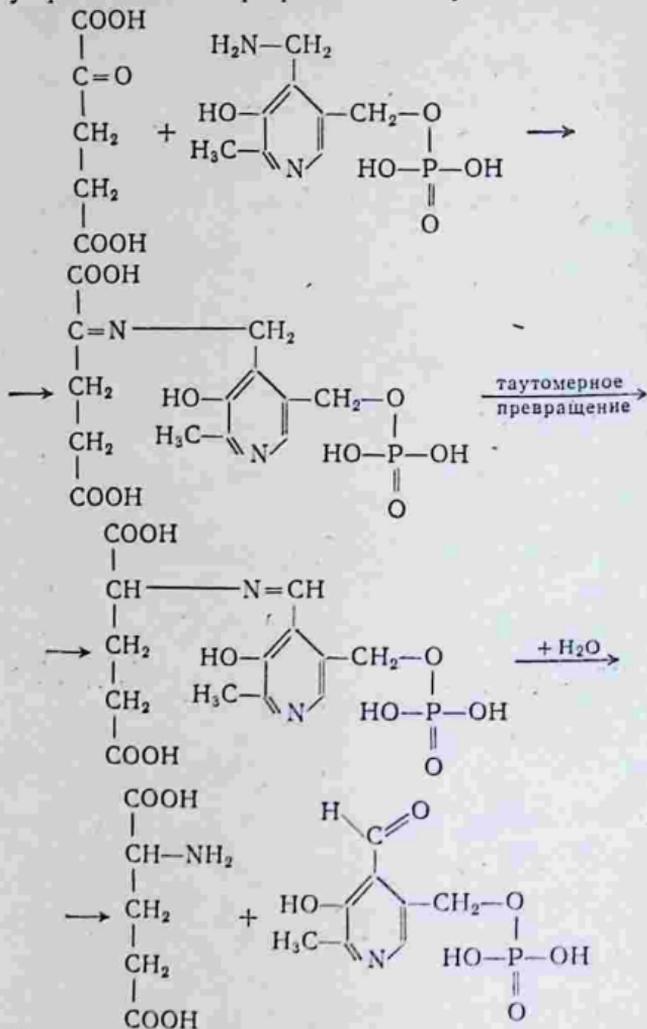




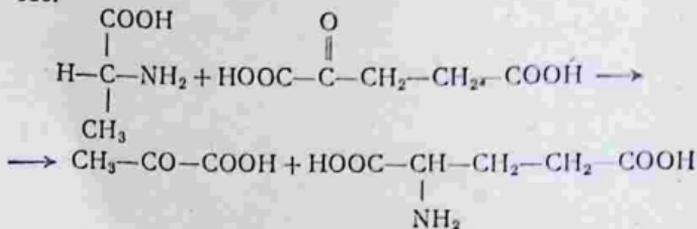
Механизм переаминирования с участием пиридоксальфосфата следующий:

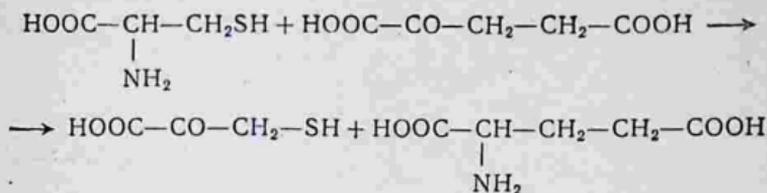


Далее за счет образовавшегося фосфопиридоксальмина кетоглутаровая кислота превращается в глутаминовую:

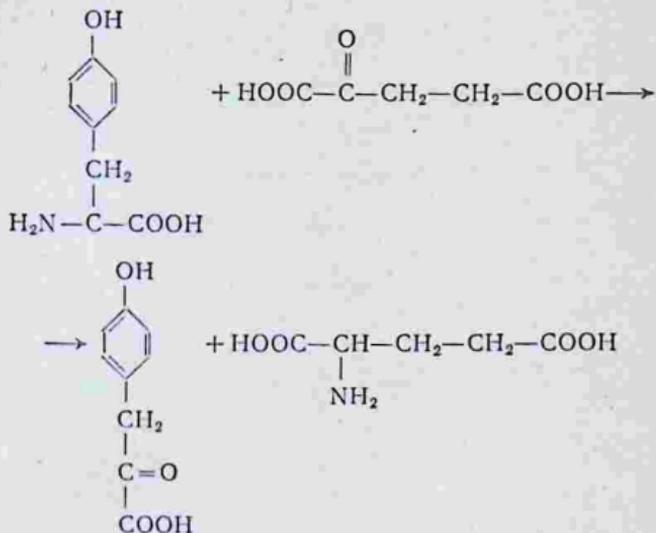


186.

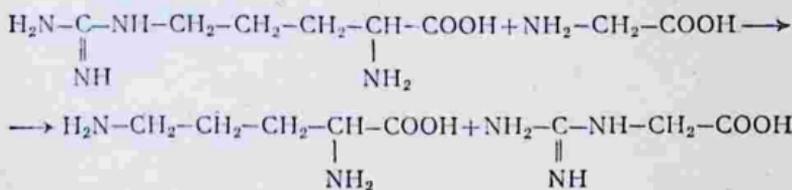




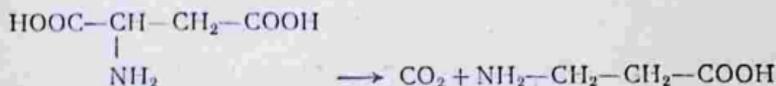
188.



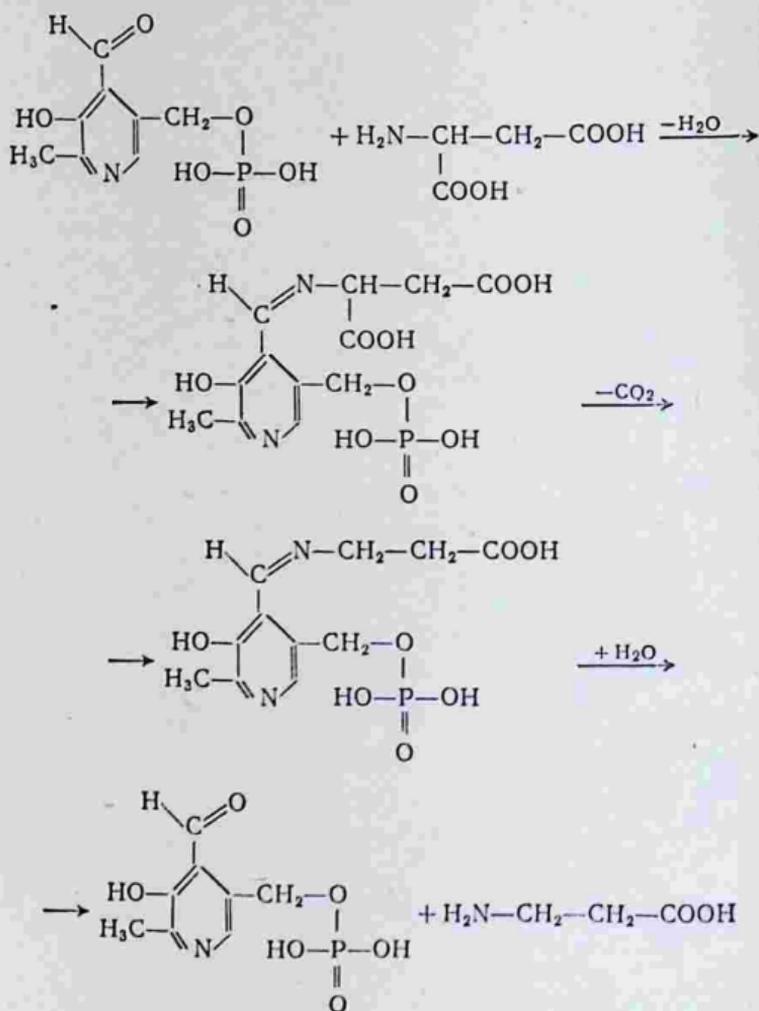
189.



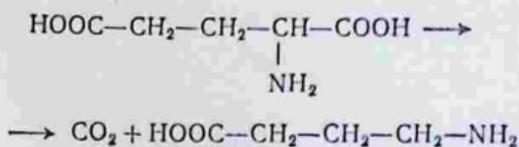
190.



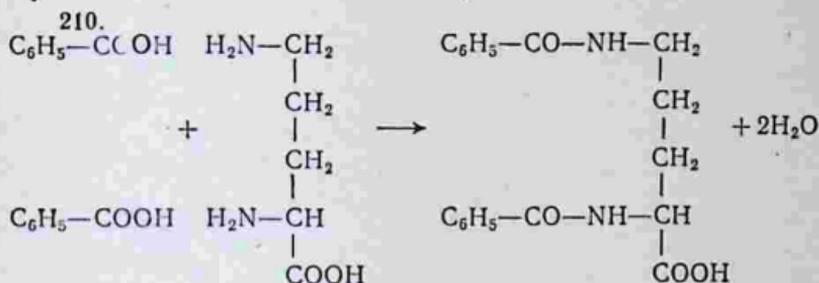
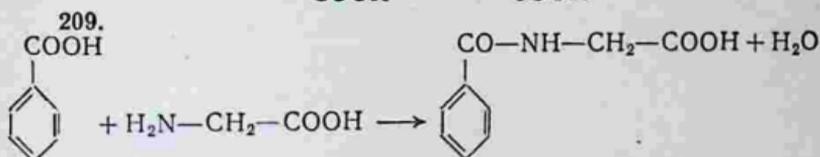
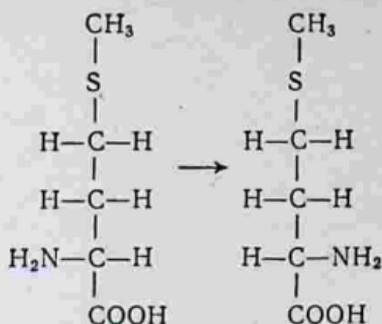
Механизм реакции декарбосилирования при участии фосфо-
пиридоксаля:



193.

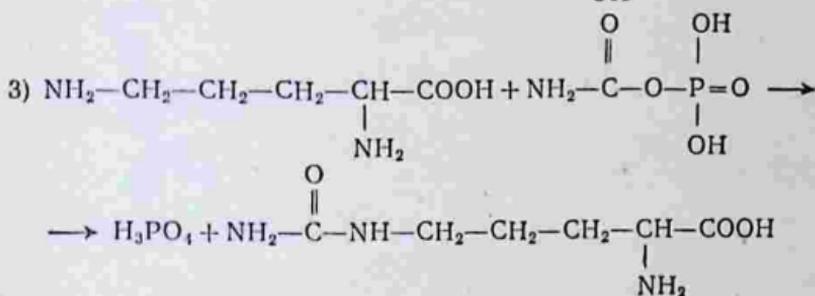
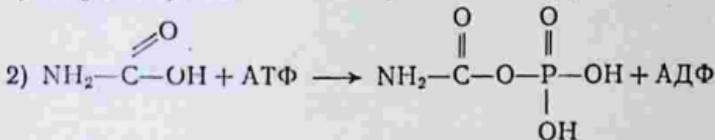
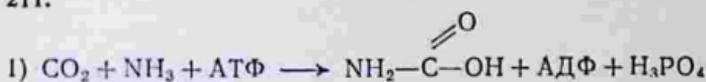


202.



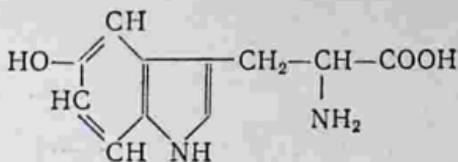
Орнитуровая кислота

211.



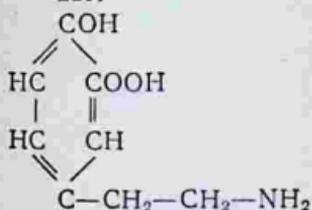
и далее, как указано в условии.

226.

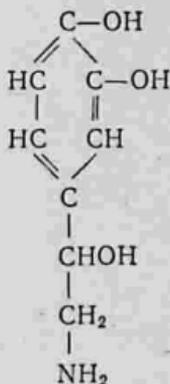


5-Окситриптофан

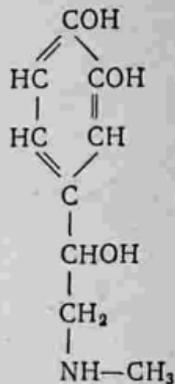
229.



3,4-Диоксифенилэтиламин

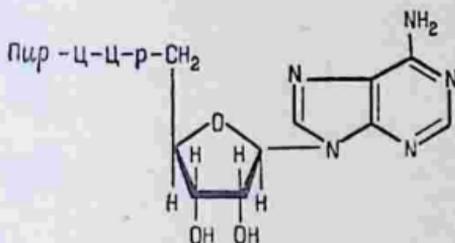


Норадреналин

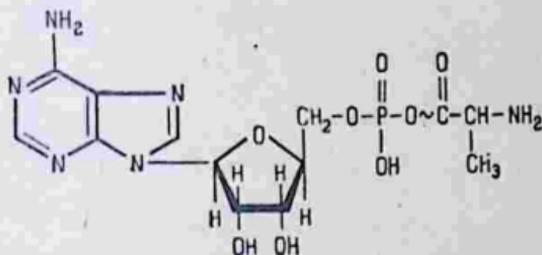


Адреналин

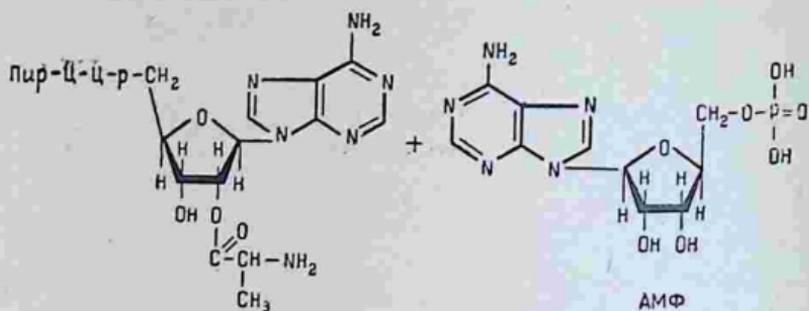
232. а) Концевой фрагмент молекулы s-РНК (Пир-Ц-Ц-А) (упр. 92) запишем, обозначив последнее звено этого фрагмента полной формулой:



Эта s-РНК, вступая во взаимодействие, например, с аланинаде-
нилатом

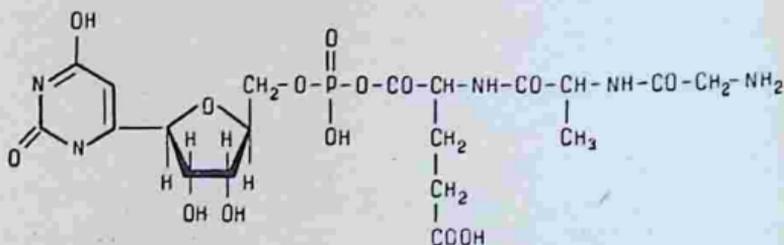


заимствует у него остаток аланина, в результате этого образуется сложноеэфирная группа за счет второго гидроксила s-РНК:

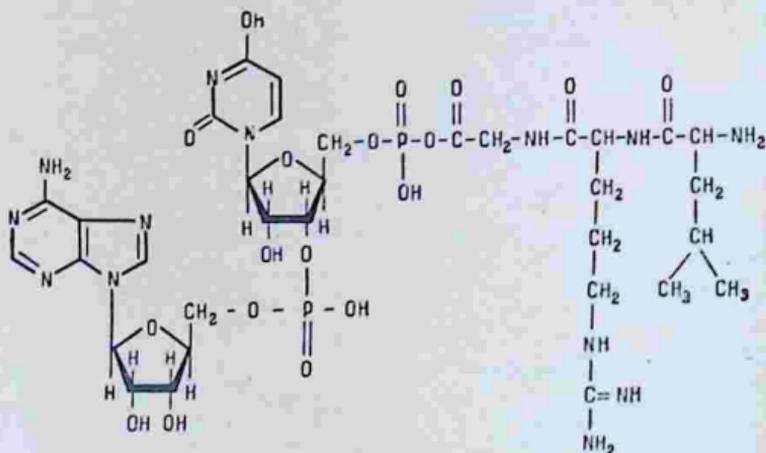


Из аниладенилата образуется при этом АМФ.

233.

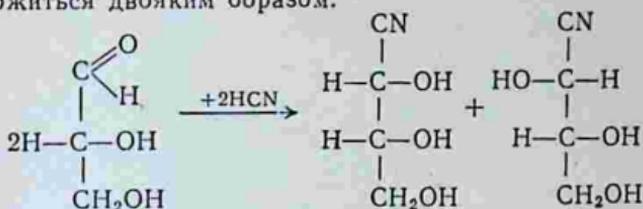


235.

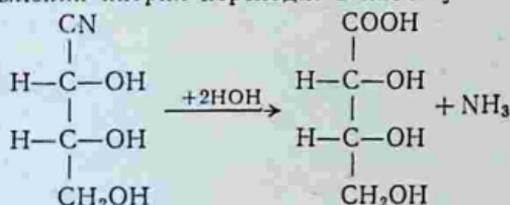


239. На D-глицериновый альдегид действуют синильной кислотой, при этом получается два оксинитрила, так как группы Н

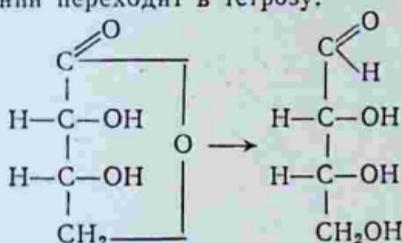
и OH, образовавшиеся у бывшего карбонильного углерода, могут расположиться двояким образом:



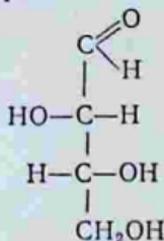
При омылении нитрил переходит в кислоту:



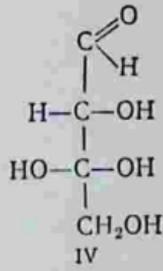
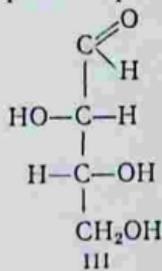
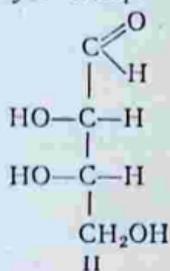
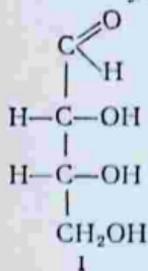
Из этой кислоты при нагревании образуется лактон, который при восстановлении переходит в тетрозу:



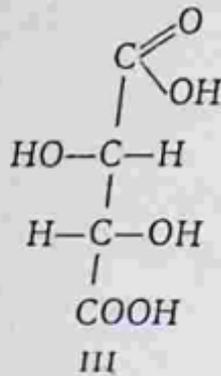
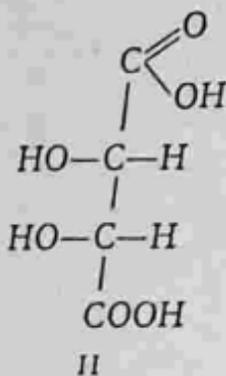
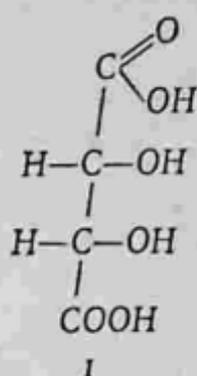
Второй оксинитрил при аналогично проведенных реакциях образует тетрозу:



240. Существует четыре изомерных тетрозы:

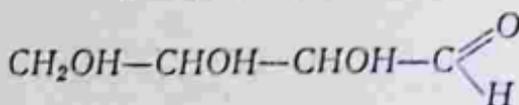


При окислении тетроз получаются соответств



Но первые две (I и II) совершенно одинаковые, они отличаются при повороте одной из них в плоскости чертежа. Из I и II тетразы, таким образом, получалась при окислении одна и та же мезовинная кислота, недеятельная вследствие внутренней компенсации. Образование одной и той же мезовинной кислоты при окислении разных тетроз объясняется тем, что в результате окисления оба асимметрических атома углерода оказались одинаковыми группами (и один и другой имеют группы H и COOH , $\text{CHOH}-\text{COOH}$), следовательно, каждая половина молекулы обладает равной величиной вращения плоскости поляризации. Но эти половины молекулы являются антиподами, и поэтому их вращение взаимно компенсируется. Таким образом, из четырех тетроз при окислении можно получить три винные кислоты: две действительные — правовращающая и левовращающая — и мезовинную — недеятельную вследствие внутренней компенсации.

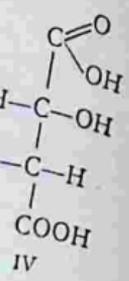
241. У всех моносахаридов, и у тетроз в частности, не могут быть попарно одинаковых асимметрических атомов углерода, так как по концам молекулы моносахарида всегда имеются различные группы. Например, у тетроз



с одного конца стоит группа CH_2OH , а с другого — $\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{H} \end{array}$, поэтому и оба асимметрических атома углерода имеют неодинаковые группы. У 2-го атома углерода имеются группы: H , OH , $\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$, у 3-го атома углерода — группы: H , OH , $\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$, $\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{H} \end{array}$.

Симметрические атомы углерода с неодинаковыми группами могут обладать равной величиной угла вращения, и поэтому при разных знаках вращения два асимметрических атома молекулы не дадут полной компенсации (как в математике из двух противоположных слагаемых, имеющих даже разные знаки, нельзя получить сумму, равную нулю).

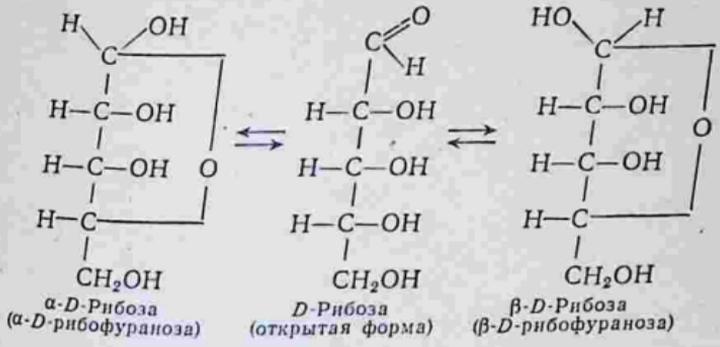
НО КИСЛОТЫ:



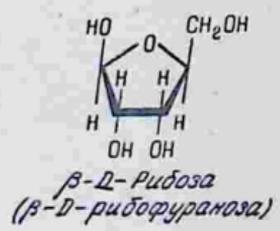
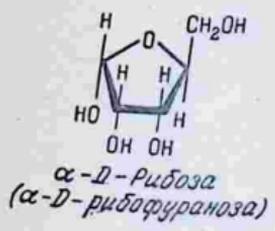
и совме-
на 180°.
ислении
едствие
ислоты
льтате
с оди-
, OH,
моле-
риза-
тому
ырех
две
ини-

кет
да,
ся

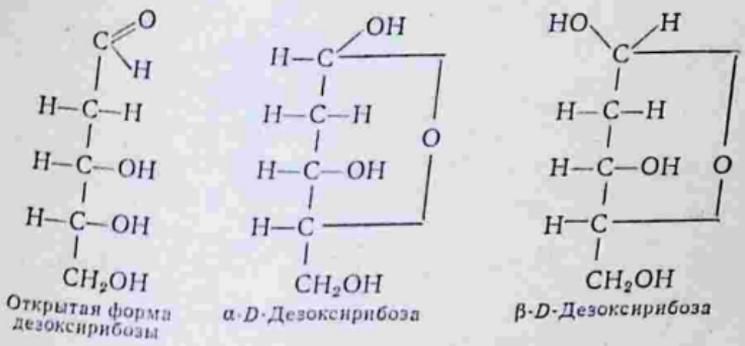
242.



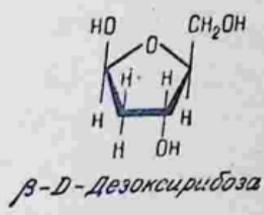
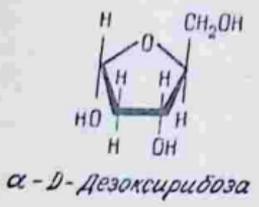
Эти же циклические формы в виде формул Хеурорса:

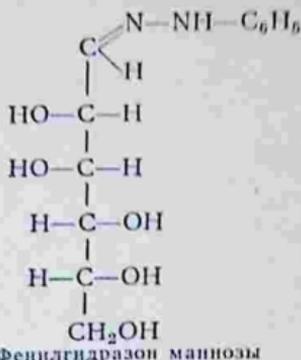
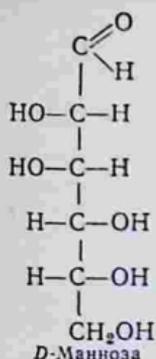


243.



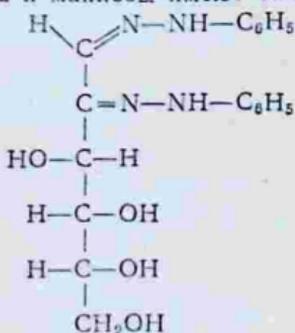
или





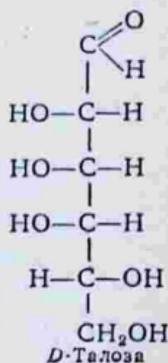
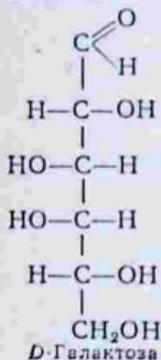
Фенилгидразон глюкозы отличается от фенилгидразона маннозы расположением групп (H и OH) у второго атома углерода. Все группы у остальных атомов углерода расположены у них одинаково.

Озазоны глюкозы и маннозы имеют такое строение:

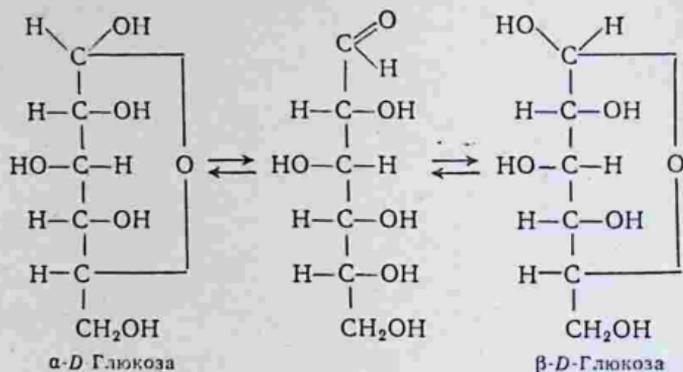


Они одинаковы, так как прореагировала вторая молекула фенилгидразина, и теперь ее остаток связан со вторым атомом углерода, т. е. как раз с тем атомом, при котором группы (H и OH) стояли у глюкозы и у маннозы в разном положении, этим только они и отличались одна от другой.

248.



250.



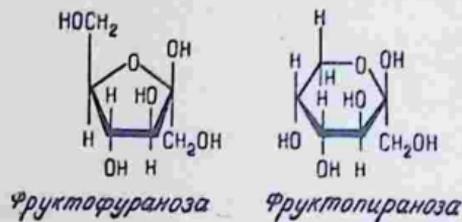
Глюкоза в кристаллическом виде представляет собой смесь α - и β -форм. При растворении глюкозы эти формы превращаются одна в другую до состояния определенного равновесия между ними.

Превращение происходит через промежуточное образование оксоформы (формы со свободной альдегидной или кетонной группой).

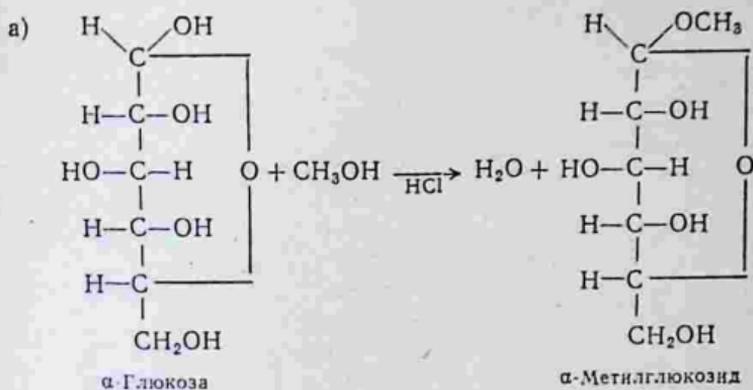
251.



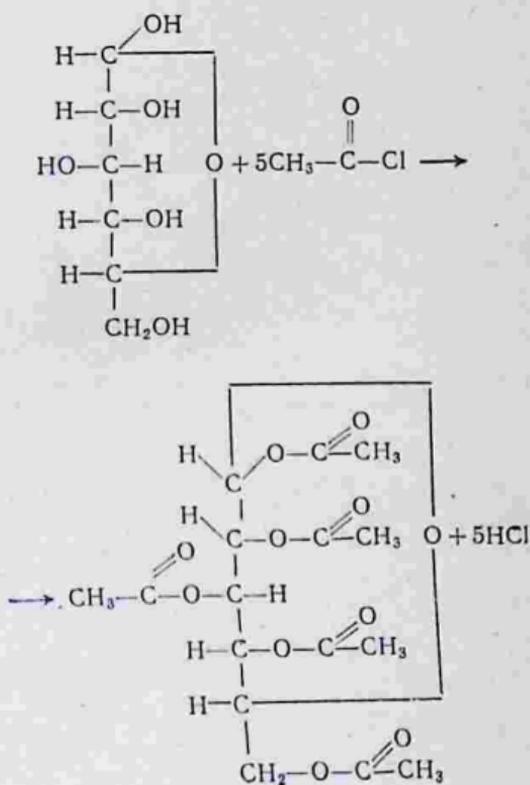
252.



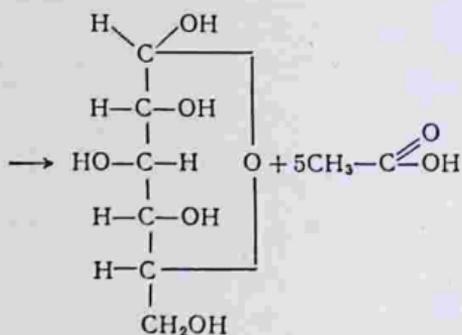
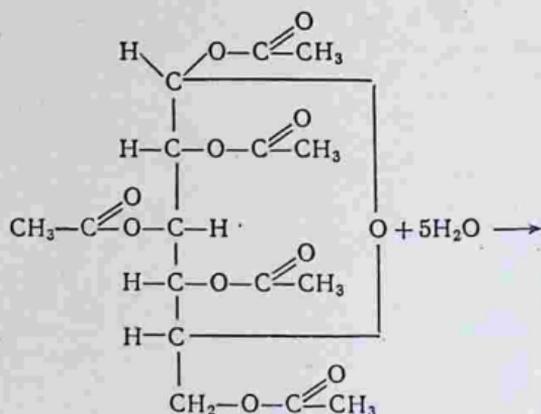
253.



256.

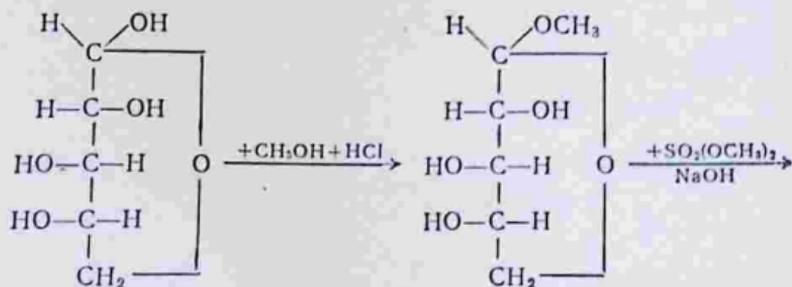


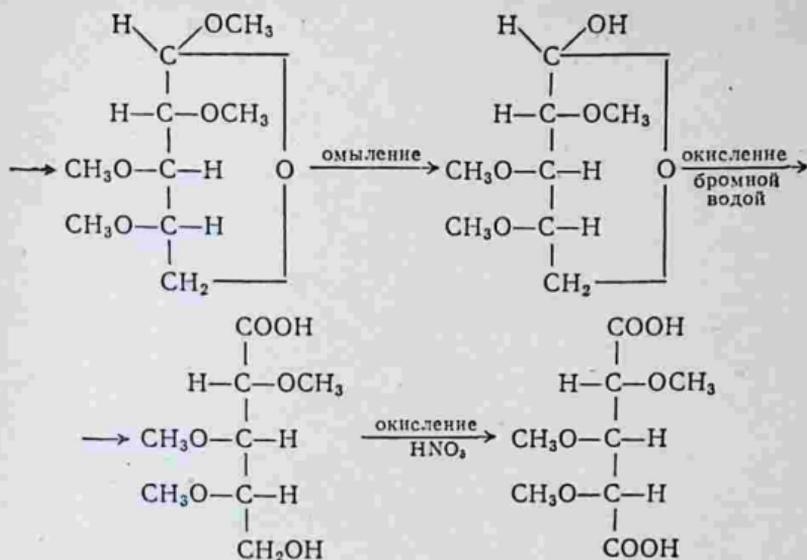
Пентаацетилглюкоза отделяется от реакционной смеси и гидролизуется:



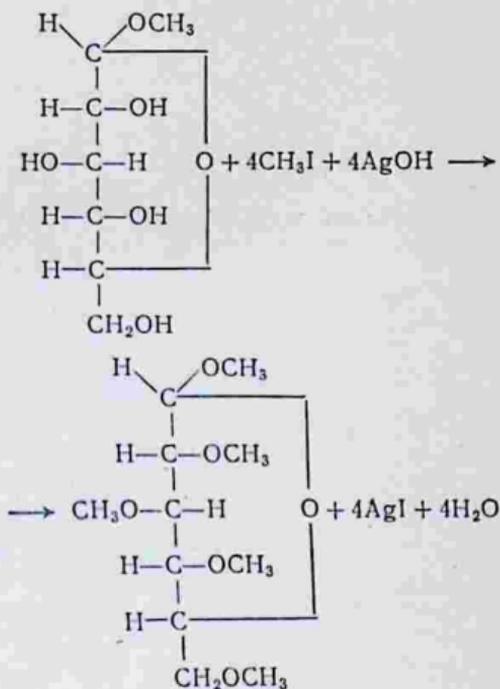
При гидролизе полученного эфира образуется уксусная кислота (5 молей на 1 моль глюкозы), которую можно оттитровать.

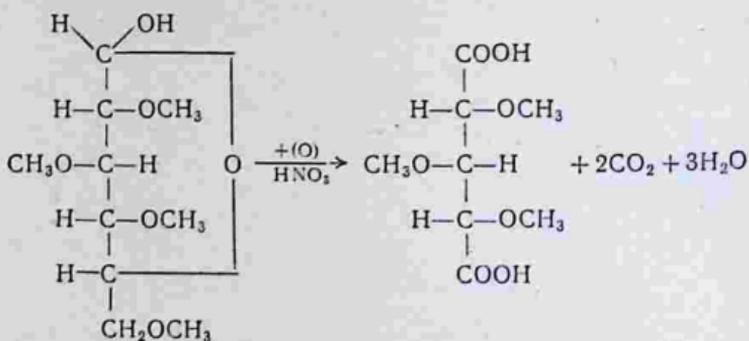
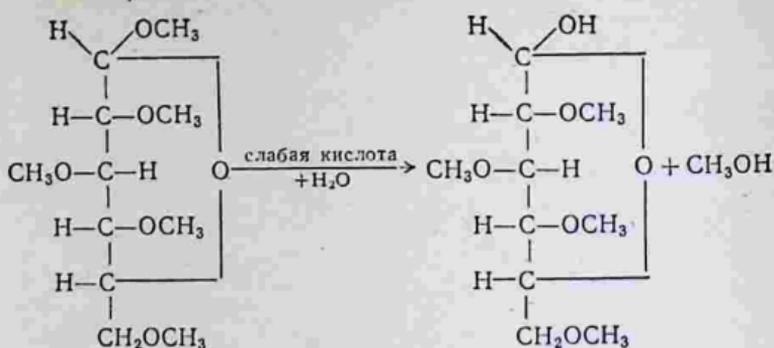
257.





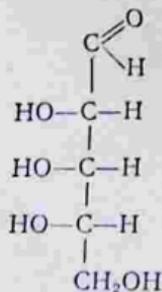
258.



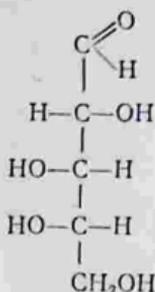


259. Для решения задачи необходимо рассмотреть строение всех *L*-пентоз. Их четыре (остальные четыре являются *D*-пентозами):

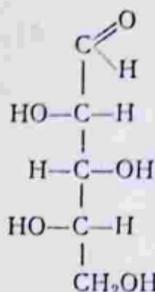
Формулы *L*-пентоз:



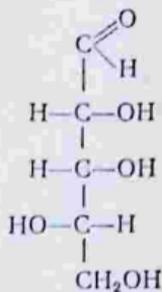
I



II

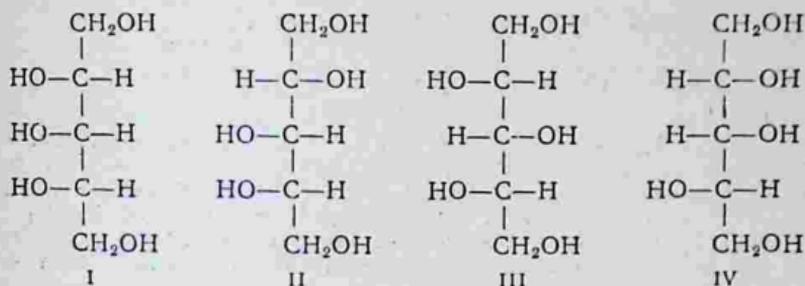


III



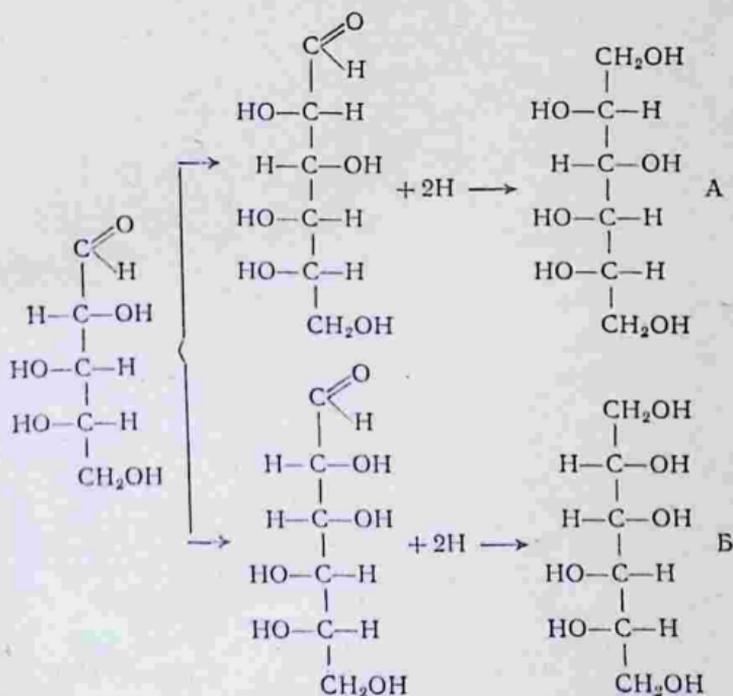
IV

При восстановлении их получают соответствующие им спирты:



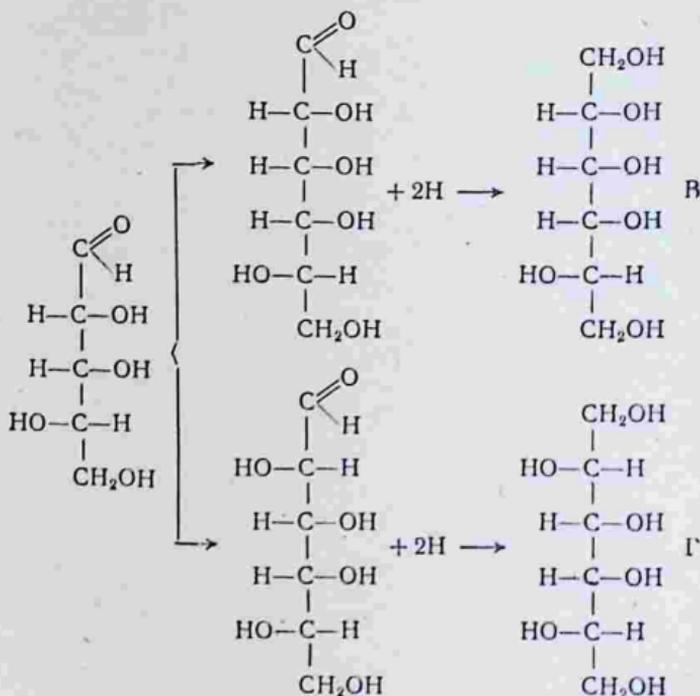
Каждый спирт имеет только по два асимметрических атома углерода, так как средний перестал быть асимметрическим из-за наличия одинаковых групп CH_2OH по концам молекулы. Пентиты I и III недействительны вследствие внутренней компенсации, они не удовлетворяют условию и, следовательно, отпадают.

Каждая из оставшихся пентоз при переводе их в гексозы дает по две гексозы. Так, пентоза II даст такие две гексозы (упр. 239):



Эти гексозы при восстановлении дают гекситы (соответственно А и Б). Оба гексита деятельны. Так, гексит А имеет 4 асимметрических атома углерода, из них 2-й и 5-й, 3-й и 4-й попарно равноценны, 2-й и 5-й компенсируют вращение друг друга, 3-й и 4-й вращают плоскость поляризации в одну сторону, что, следовательно, и обуславливает вращение плоскости поляризации данной молекулой. В гексите В обе пары асимметрических атомов углерода — 2-й и 5-й, 3-й и 4-й — обуславливают оптическую деятельность, молекула в целом будет деятельна. Из этих рассуждений видно, что пентоза II дает такие две гексозы, каждая из которых при восстановлении дает деятельный гексит, т. е. эта пентоза удовлетворяет всем условиям задачи.

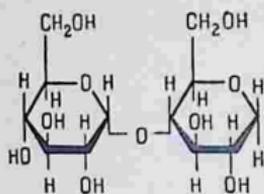
Остается проверить, не удовлетворяет ли второму условию и IV пентоза:



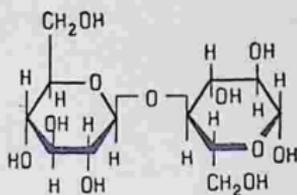
На основании подобных рассмотрений формул полученных гекситов видим, что гексит В является деятельным, гексит Г недейтелен, по условию же задачи обе гексозы дают деятельные спирты. Таким образом, пентоза IV не удовлетворяет условию задачи.

Все это позволяет заключить, что из гуммиарабика была выделена L-пентоза, имеющая формулу II. Эту пентозу и называют арабинозой.

270.

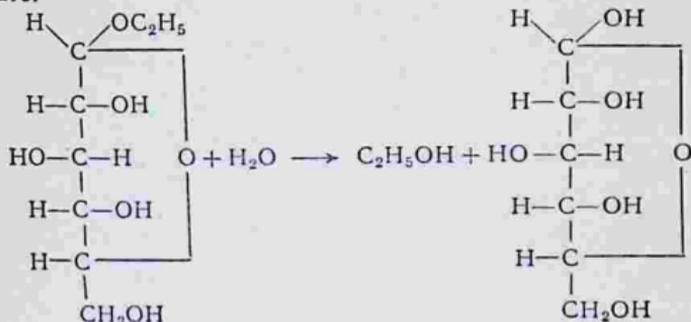


Мальтоза

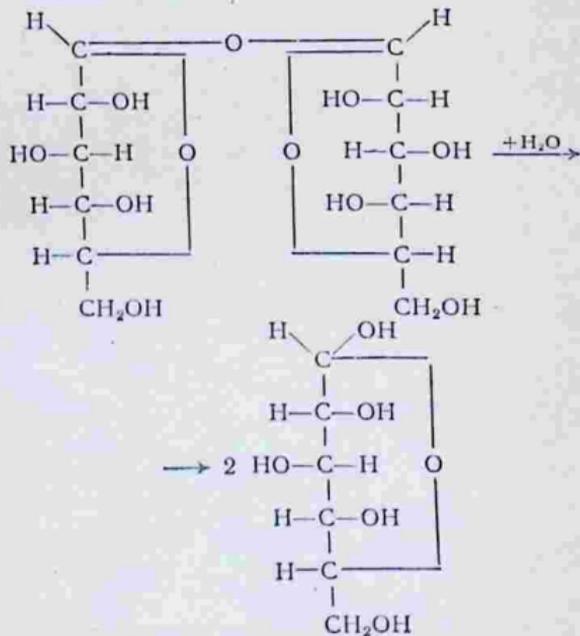


Целлобиоза

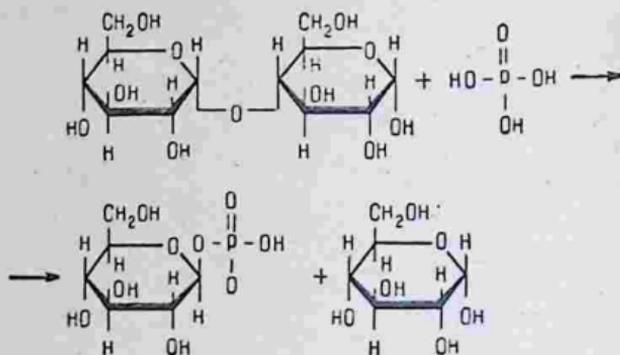
275.



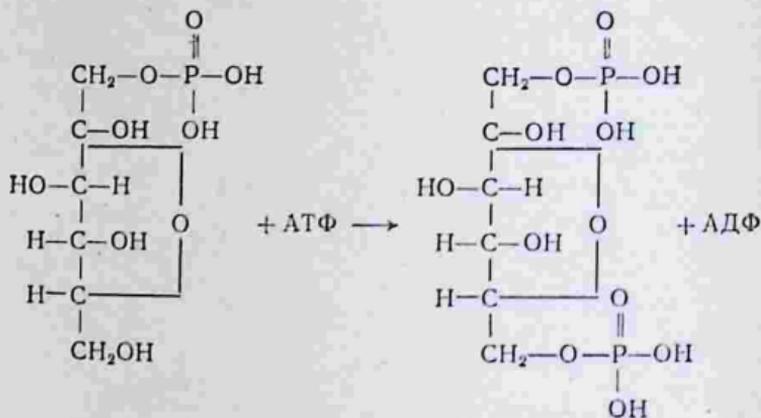
276.



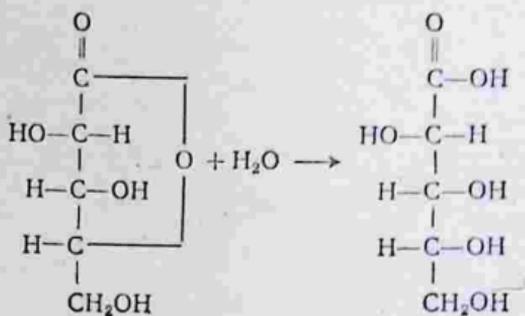
288.



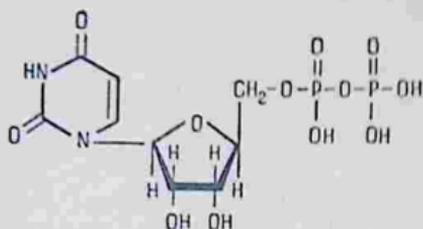
291.



293.

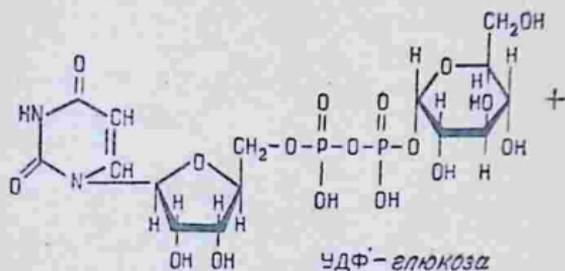


299.

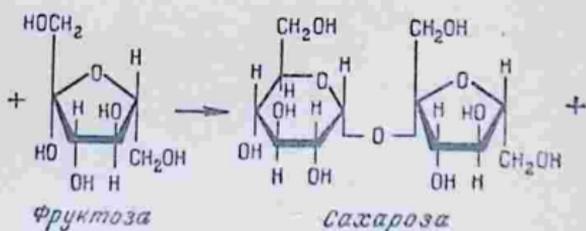


Уридиндифосфат (УДФ)

300.

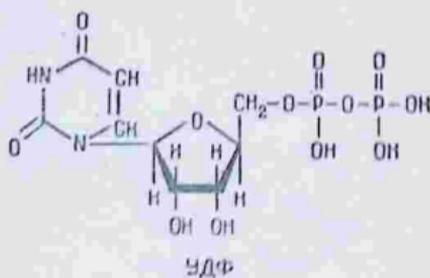


УДФ-глюкоза



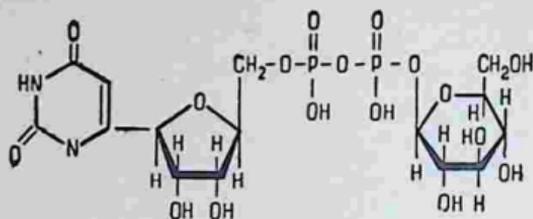
Фруктоза

Сахароза



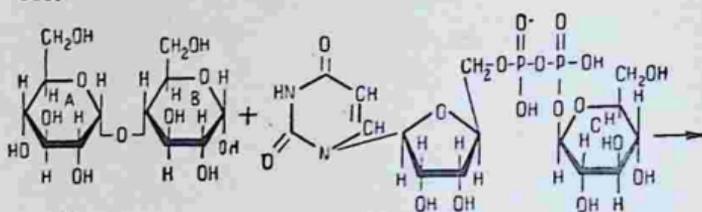
УДФ

309.



УДФ-глюкоза

311.



Мальтоза

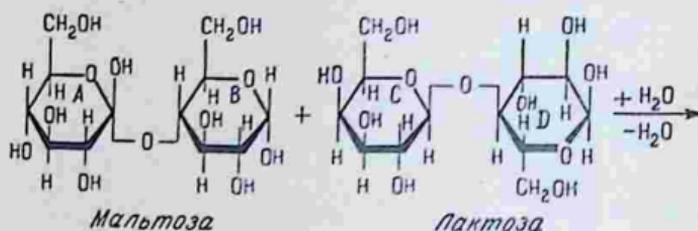
УДФ-глюкоза



УДФ

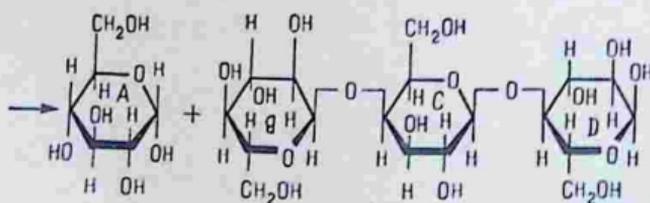
312 и 313. Сравните с ответом упражнения 311.

314.



Мальтоза

Лактоза



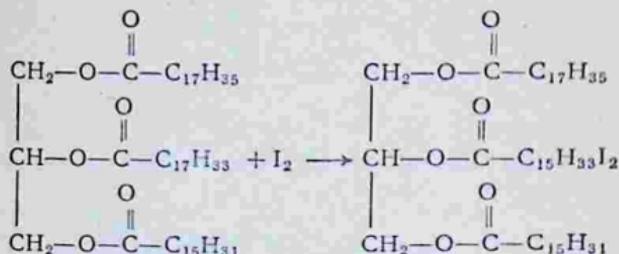
Глюкоза

Глюкозилгалактозилглюкоза

В формуле глюкозилгалактозилглюкозы звено В повернуто, чтобы гидроксил этого звена (глюкозы) был рядом с гидроксильном галактозида (звено С).

321. а) Стеароолеопальмитин.

Чтобы вычислить иодное число для триглицерида данной формулы, надо вначале узнать, сколько иода присоединится к грамм-молекуле этого жира:



В молекуле этого триглицерида имеется только одна двойная связь, и поэтому присоединяется только 2 атома иода. Общая формула этого триглицерида $-\text{C}_{55}\text{H}_{104}\text{O}_6$, его молекулярный вес — 860.

Иодное число — количество граммов иода, присоединяющееся к 100 г данного триглицерида. Зная, сколько граммов иода присоединяется к молю триглицерида, можно вычислить количество иода, присоединяющегося к 100 г этого триглицерида

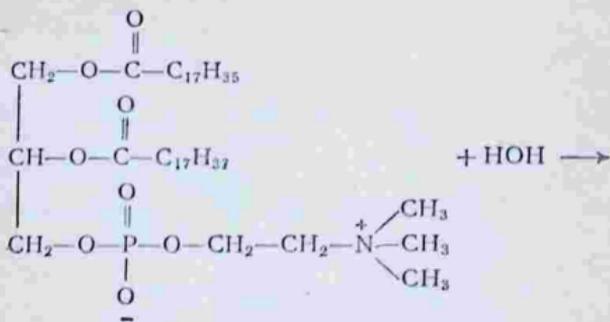
860 г триглицерида присоединяют 254 г

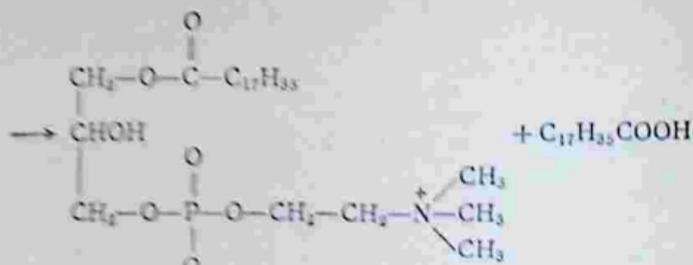
100 г " " " " x г

$$\text{откуда } x = \frac{254 \cdot 100}{860} = 29,5.$$

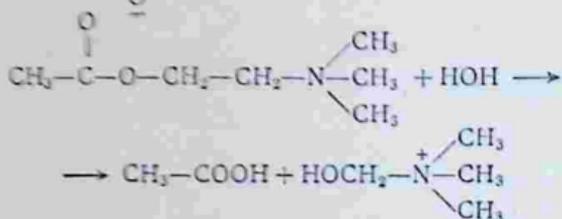
328. Природные лецитины относятся к α -лецитинам, так как они имеют асимметрический атом углерода. В β -лецитинах такого атома углерода нет.

331.

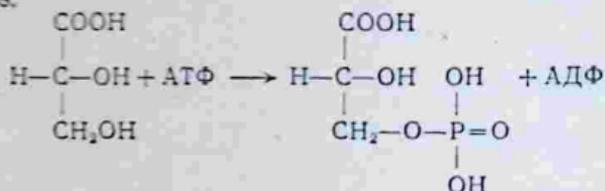




356.



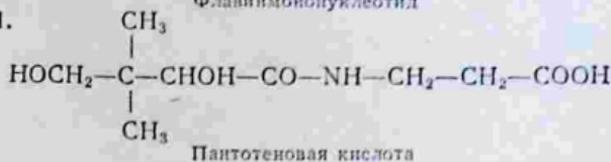
355.



364.



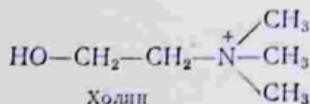
371.



Пантотеновая кислота

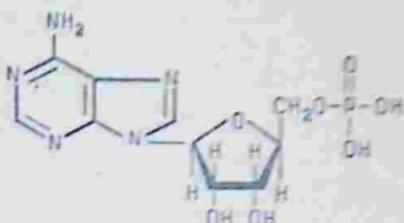
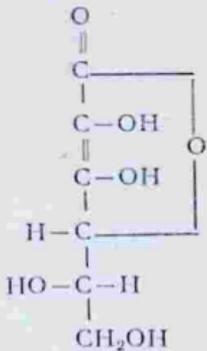
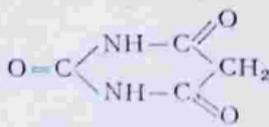
(α, γ-диокси-β, β-диметилбутирилаланин)

374.



Холин

Название кислот, употребляемых в биохимии¹

Название кислот	Обычные названия	Формула
Аденилат	Адениловая	
Ацетат	Уксусная	CH_3COOH
Аспарат	Аспарагиновая	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
Аконитат	Аконитовая	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{COOH} \end{array}$
Аскорбат	Аскорбиновая	
Бензоат	Бензойная	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}$
Барбитурат	Барбитуровая	

¹ В биохимии кислоты часто называют термином их солей.

Название кислот	Обычные названия	Формула
Бутират	Масляная	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Глюкоксалат	Глюкоксиловая	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} - \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{HO} \quad \quad \text{H} \end{array}$
Гликолат	Гликокол (аминоуксусная)	$\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Глутарат	Глутаровая	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Глицерат	Глицериновая	$\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$
Глюкуро-нат	Глюкуроновая	$\begin{array}{cccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{OH} & \text{H} & & & \\ & & & & & & & \\ \text{HOOC} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & & \\ & & & & & \diagdown & \diagup & \\ & \text{OH} & \text{OH} & \text{H} & \text{OH} & \text{O} & & \\ & & & & & & & \text{H} \end{array}$
Глутамат	Глутаминовая	$\text{HOOC}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Изоцитрат	Изолимонная	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CHOH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2=\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$
Итаконат	Итаконовая	$\text{HOOC}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Кетоглутарат	Кетоглутаровая	$\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{COOH}$
Лактат	Молочная	$\begin{array}{cccccccc} \text{H}_2\text{C} & \text{CH}_2 & \text{CH} & \text{CH}_2 & \text{CH}_2 & \text{CH}_2 & \text{CH}_2 & \text{COOH} \\ & / \quad \backslash & \\ & \text{S} \quad \text{S} & & & & & & \end{array}$
Липоат	Липоевая	$\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Малат	Яблочная	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Малонат	Малоновая	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Ортофосфат	Ортофосфорная	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{P}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$

Название кислот	Обычные названия	Формула
Оксалат	Щавелевая	$\text{HOOC}-\text{COOH}$
Оксаль-ацетат	Щавелево-уксусная	$\text{HOOC}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Пропионат	Пропионовая	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Пальминат	Пальмитиновая	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}-\text{COOH}$
Пируват	Пировиноградная	$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{COOH}$
Пирофосфат	Пирофосфорная	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{HO}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{OH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$
Стеарт	Стеариновая	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}-\text{COOH}$
Сукцинат	Янтарная	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Тартрат	Винная	$\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$
Урат	Мочевая	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{N} \quad \text{C} \quad \text{N} \\ \quad \parallel \quad \\ \text{HO}-\text{C} \quad \text{C} \quad \text{C}-\text{OH} \\ \backslash \quad / \quad \backslash \\ \text{N} \quad \text{NH} \end{array}$
Формиат	Муравьиная	$\text{H}-\text{COOH}$
Фумарат	Фумаровая	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\ \parallel \\ \text{HOOC}-\text{C}-\text{H} \end{array}$
Фосфат	Метафосфорная	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO}-\text{P}=\text{O} \end{array}$
Фенилпируват	Фенилпировиноградная	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{COOH}$
Цитрат	Лимонная	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \quad \backslash \\ \text{C} \quad \text{OH} \\ \quad / \quad \backslash \\ \text{COOH} \quad \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	3
Белки	5
Нуклеиновые кислоты	20
Ферменты	28
Ингибиторы ферментов	31
Ферменты оксидоредуктазы	33
Ферменты трансферазы	34
Ферменты гидролазы	35
Ферменты лиазы	37
Ферменты изомеразы	38
Ферменты лигазы (синтетазы)	39
Обмен белков и аминокислот	41
Углеводы	54
Обмен углеводов	59
Липиды	67
Обмен липидов	72
Окислительный цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса)	79
Схема превращения пировиноградной кислоты в «актив-	
ную уксусную»	80
Витамины	82
Биотин	86
Гормоны	90
Ответы к упражнениям	98

Семен Васильевич Буховец

УПРАЖНЕНИЯ
ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ
ХИМИИ

Редактор О. П. Федорович

Художник В. И. Рывчин

Художественный редактор Н. А. Володина

Технический редактор Л. Я. Медведев

Корректор А. П. Родионова

Сдано в набор 26/IX 1968 г. Подписано к печати 13/X 1969 г. 84×108¹/₃₂. Печ. л. 7,56(4,5). Уч.-изд. л. 7,25.
Тираж 48 тыс. экз. (Тем. пл. 1969 г. № 18). А-04270.

Издательство «Просвещение» Комитета по печати при Совете Министров РСФСР. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Ленинградская типография № 2 имени Евгении Соколовой Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР. Измайловский проспект, 29. Заказ № 89.
Цена 20 к.
