

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра химии

О. В. Поддубная, И. В. Ковалёва, Е. В. Мохова

ХИМИЯ

ОРГАНИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

*Методические указания
по выполнению модульно-рейтинговых заданий
для студентов, обучающихся по специальностям
1-74 03 01 Зоотехния, 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство*

Горки
БГСХА
2019

УДК 547(072)

ББК 24.2я73

П44

*Рекомендовано методической комиссией
факультета биотехнологии и аквакультуры.
Протокол № 7 от 27 марта 2019 г.*

Авторы:

кандидаты сельскохозяйственных наук, доценты
О. В. Поддубная, И. В. Ковалёва, Е. В. Мохова

Рецензент:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Н. А. Садовов*

Поддубная О. В.

П44

Химия. Органическая и биологическая химия : методические указания по выполнению модульно-рейтинговых заданий / О. В. Поддубная, И. В. Ковалёва, Е. В. Мохова. – Горки : БГСХА, 2019. – 66 с.

Представлен материал, предназначенный для самостоятельной подготовки студентов к модульно-рейтинговому контролю. Приведены указания по изучению дисциплины «Химия» (раздел «Органическая и биологическая химия») с учетом модульно-рейтинговой технологии обучения. Предложены типовые задания по изучаемым темам и методика их выполнения.

Для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 03 01 Зоотехния, 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство.

УДК 547(072)

ББК 24.2я73

ВВЕДЕНИЕ

Изучение химического состава органических веществ и живых организмов, а также закономерностей химических реакций, лежащих в основе биохимических превращений, дает возможность управлять процессами жизнедеятельности с целью повышения продуктивности животноводства, птицеводства и рыбоводства.

В данных методических указаниях, составленных в соответствии с учебной программой, студентам предлагается методика выполнения контрольных заданий по основным разделам модуля «Органическая и биологическая химия» дисциплины «Химия». Ответы на теоретические вопросы основываются на учебных пособиях и учебниках, приведенных в списке литературы, а также при необходимости на поиске дополнительной информации, использовании приемов творческого мышления. Построение контрольных заданий рассчитано на постепенное усвоение студентами всех тем курса данного модуля. В результате изучения дисциплины студент должен понять химическую природу органических соединений и их биологическую роль, биологически активных веществ и их применение в зоотехнической практике, основные закономерности метаболических процессов, лежащих в основе физиологических явлений; изучить вопросы функциональной биохимии, в частности, биохимии крови, мышц, нервной и соединительной ткани, печени, а также иметь представление о биоэнергетике живого организма.

Согласно программе курса изучаемые темы имеют профессиональную направленность, что помогает сформировать у студентов биологическое мышление и позволяет получить базовые знания для освоения дисциплин профессионального цикла, прежде всего кормления, разведения сельскохозяйственных животных, птиц и рыб, ветеринарии, зоогигиены.

Цель данной разработки – сформировать у студентов целостное восприятие химии, показать ее тесную связь с жизнедеятельностью биологических систем, сделать изучение химии как можно более эффективным и увлекательным. Полученные знания также необходимы для успешного последующего изучения специальных дисциплин.

Методические указания предназначены для студентов специальностей 1-74 03 01 Зоотехния, 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство,

изучающих данные разделы химии. Авторы стремились подобрать задачи, охватывающие все теоретические вопросы курса в соответствии с программой, поэтому методические указания могут быть использованы для организации самостоятельной работы студентов во внеаудиторное время. Для того чтобы ориентироваться на полный объем контроля знаний, в методических указаниях предлагаются теоретические вопросы и примерные варианты модульных заданий.

Авторы данной методической разработки надеются на то, что такой подход к процессу обучения позволит студентам лучше понять и качественно усвоить материал раздела «Органическая и биологическая химия» учебной дисциплины «Химия».

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ И ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

Модуль 1. Теоретические основы органической химии

Теоретические вопросы

1. Основы современной теории строения органических соединений.
2. Основные классы органических соединений.
3. Структурные формулы, изомерия органических соединений, классификация.
4. Взаимное влияние атомов. Электронные эффекты. Понятие реакционного центра. Классификация органических реакций.
5. Классификация, номенклатура спиртов, фенолов, оксосоединений и карбоновых кислот. Основные физико-химические свойства. Важнейшие представители, распространение в природе, биологическая роль и применение в зоотехнической практике.
6. Карбоновые кислоты со смешенными функциями. Гидроксикислоты, фенолоксикислоты, оксокислоты. Особенности химических свойств, биологическая роль.
7. Общая характеристика липидов, классификация, биологическая роль.
8. Простые липиды. Нейтральные жиры (триацилглицерины). Строение жиров.
9. Понятие о восках. Спермацет, ланолин, пчелиный воск. Их роль.
10. Стероиды. Строение, биологическая роль. Холестерин.
11. Сложные липиды. Строение, биологическая роль. Важнейшие представители фосфолипидов, гликолипидов.
12. Понятие, распространение в природе, биологическая роль. Классификация. Номенклатура.
13. Моносахариды. Стериоизомерия, *L*- и *D*-ряды, оптические антитиподы.
14. Химические свойства моносахаридов: окисление, восстановление, эпимеризация, образование простых и сложных эфиров (ацетаты, фосфаты), образование гликозидов, конденсация.
15. Качественные реакции на моносахариды.
16. Дисахариды. Мальтоза, лактоза, целлобиоза, сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Строение, свойства, распространение в природе.

17. Полисахариды. Химическое строение, свойства, распространение в природе, биологическая роль. Гомополисахариды. Крахмал, гликоген, целлюлоза, декстраны.

18. Гетерополисахариды. Гиалуроновая кислота, хондроитинсульфат, гепарин.

19. Аминокислоты. Классификация, изомерия, номенклатура. Протеиногенные аминокислоты. Физические свойства. Поведение аминокислот в растворе, изоэлектрическая точка.

20. Химические свойства аминокислот: образование пептидов, хелатов; окисление, декарбоксилирование, дезаминирование. Взаимодействие с азотистой кислотой, формальдегидом, нингидрином и применение этих реакций для количественного определения аминокислот.

21. Качественные реакции аминокислот.

22. Пептиды. Белки. Строение, классификация, номенклатура. Распространение в природе, биологическая роль. Строение и уровни структурной организации белков. Типы связей и их роль в молекулах белков: пептидная, водородная, дисульфидная, ионная, сложноэфирная, гидрофобное взаимодействие. Мономерные и олигомерные белки.

23. Физико-химические свойства белков. Амфотерность, буферные свойства. Гидролиз белка.

24. Коллоидное состояние белков, изоэлектрическая точка, коагуляция и денатурация.

25. Определение аминокислотного состава белка. Методы выделения и очистки белков (высаливание, осаждение органическими растворителями, диализ, хроматография, электрофорез).

Типовые варианты

1. Напишите структурные формулы изомерных альдегидов кетон, отвечающих молекулярной формуле C_4H_8O , назовите их.

2. Приведите примеры реакций с участием бензольного ядра фенола.

3. Напишите уравнение реакций окисления уксусного альдегида с помощью $Cu(OH)_2$ и ацетона раствором $K_2Cr_2O_7$ в концентрированной H_2SO_4 .

4. Химические свойства карбоновых кислот на примере акриловой кислоты.

5. Напишите уравнение реакции пировиноградной кислоты с NH_2-NH_2 и PCl_5 .

6. Напишите уравнение реакций синтеза фосфотидилсерина.

7. Осуществите превращение по схеме: этан → иодэтан → этанол → этаналь → этановая кислота → этаноат натрия.

Модуль 2. Витамины. Ферменты. Гормоны. Биологическое окисление

Теоретические вопросы

1. Предмет биохимии. Витамины как биологически активные вещества. Авитаминозы, гипо- и гипervитаминозы. Антивитамины.

2. Витамины. Общая характеристика, биологическое назначение. Номенклатура и классификация.

3. Общая характеристика водорастворимых витаминов.

4. Общая характеристика жирорастворимых витаминов.

5. Витамин А (ретинол). Физико-химическая характеристика. Биологическая роль. Патологии, возникающие при недостатке или отсутствии в рационе. Источники витамина А. Характеристика каротиноидов.

6. Витамины группы D (кальциферолы). Строение и биологическая роль. Провитамины. Рахит и остеомаляция.

7. Витамины группы К (филлохиноны). Участие витамина К в обмене веществ. Патологии, возникающие при недостатке или отсутствии в рационе. Источники. Викасол.

8. Витамины группы Е (токоферолы). Природные источники. Значение для обмена веществ. Патологии, возникающие при недостатке или отсутствии витамина Е в рационе. Антиоксидантная активность.

9. Витамины F и Q (убихинон). Их значение для обмена веществ. Источники.

10. Витамин В₁ (тиамин). Источники. Биологическое назначение (кофермент ТПФ). Патологии, возникающие при недостатке или отсутствии в рационе.

11. Витамин В₂ (рибофлавин). Биологическая роль. Участие в синтезе флавиновых ферментов. Источники и патологии, возникающие при недостатке или отсутствии в рационе.

12. Витамин В₃ (пантотеновая кислота). Природные источники. Биологическая роль.

13. Кознзим-А (Ко-А). Нарушения обмена веществ, вызванные недостатком витамина В₃.

14. Витамин В₅ (никотиновая кислота). Структура и свойства. Природные источники. Биологическая роль. Кофермент НАД. Патологии,

возникающие при недостатке или отсутствии в рационе.

15. Витамин В₆ (пиридоксин). Структура и свойства (пиридоксол, пиридоксаль, пиридоксамин). Биологическая роль, кофермент пиридоксальфосфат. Источники. Патологии, возникающие при недостатке или отсутствии в рационе.

16. Витамин В₁₂ (цианокобаламин). Витамин В_с (фолиевая кислота). Природные источники. Биологическая роль и взаимосвязь этих витаминов. Нарушения обмена веществ при недостатке витаминов В₁₂ и В_с.

17. Витамин С (аскорбиновая кислота). Источники. Биологическая роль. Нарушение обмена веществ при недостатке витамина С.

18. Витамины Н (биотин) и Р (рутин). Природные источники. Биологическая роль. Патологии, возникающие при недостатке или отсутствии в рационе.

19. Витаминоподобные вещества (парааминобензойная кислота, инозит, холин, линолевая кислота). Витамин U (S-метилметионин). Природные источники. Участие в обмене веществ.

20. Ферменты. Химическая природа. Одно- и двухкомпонентные ферменты. Понятие о зимогенах (проферментах) и изоферментах.

21. Кинетика и механизм действия ферментативных реакций. Активные центры ферментов.

22. Методы выделения и очистки ферментов. Определение активности ферментов. Единицы активности. Удельная активность.

23. Современная номенклатура и классификация ферментов. Характеристика классов ферментов, примеры.

24. Влияние температур на каталитическую активность ферментов.

25. Понятие изоферментов, мультиферментных систем.

26. Назначение ферментов дыхательной цепи ферментов.

27. Специфичность действия ферментов. Виды специфичности.

28. Свободное окисление и окисление, сопряженное с фосфорилированием. Их связь и значение для организма.

29. Дыхательная цепь ферментов. Точки образования АТФ.

30. Понятие обмена веществ, анаболизма, катаболизма, основного обмена, продуктивного обмена.

31. Гормоны. Классификация по химической природе (три группы), механизму и характеру действия. Метод биосинтеза. Понятие гипо- и гиперфункций эндокринных желез.

32. Классификация гормонов по месту синтеза. Инсулин и его участие в регуляции обмена углеводов.

33. Гормоны гипоталамуса, гипофиза. Структура, свойства, регули-

рующее действие на функции эндокринных желез.

34. Механизм действия гормонов полипептидной и стероидной природы. Гормоны щитовидной железы. Структура, свойства, стимулирующее действие на обмен веществ. Патология щитовидной железы.

35. Гормоны паращитовидных желез. Структура, свойства, биологическая роль паратгормона и кальцитонина.

36. Гормоны мозгового слоя надпочечников. Структура, свойства, возбуждающее действие адреналина и норадреналина. Гипо- и гиперфункция надпочечников.

37. Гормоны поджелудочной железы. Структура, свойства. Влияние инсулина и глюкагона на углеводный и другие обмены веществ.

38. Гормоны коркового слоя надпочечников. Химическая природа глюкокортикоидов. Их влияние на обмен белков, жиров и углеводов.

39. Гормоны половых желез. Место биосинтеза, химическая природа. Биологическая роль гормонов воспроизводства.

40. Использование гормонов в животноводстве и ветеринарии.

Типовые варианты

1. Дайте общую характеристику водорастворимым витаминам.
2. Охарактеризуйте витамин А.
3. Назовите методы выделения и очистки ферментов. Определение ферментативной активности.
4. Укажите, какие соединения называют макроэргическими и какова их роль в энергетическом обмене клетки. Приведите примеры этих соединений.
5. Укажите, какие кортикостероиды вырабатываются в организме и каково их влияние на обмен веществ.

Модуль 3. Обмен углеводов. Обмен белков. Обмен жиров

Теоретические вопросы

1. Переваривание углеводов в желудочно-кишечном тракте и их всасывание.
2. Особенности превращения углеводов корма у разных видов животных при участии микрофлоры желудочно-кишечного тракта. Содержание глюкозы в крови сельскохозяйственных животных, птиц, рыб.

3. Основные метаболические пути промежуточного обмена углеводов. Анаэробный распад углеводов. Гликолиз. Гликогенолиз.

4. Субстратное фосфорилирование и энергетический баланс гликолиза и гликогенолиза.

5. Аэробное окисление углеводов. Окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты, превращение ацетил-КоА в цикле трикарбоновых кислот.

6. Энергетический баланс окисления глюкозы в аэробных условиях. Представление о пентозофосфатном пути окисления и его роль.

7. Глюконеогенез. Представление о метилмалонатном пути и его роли для жвачных животных. Биосинтез гликогена (гликогенез). Роль печени в обмене углеводов. Гликогенная функция печени.

8. Взаимосвязь обмена углеводов с другими обменами. Регуляция обмена углеводов. Нарушения углеводного обмена. Гипо- и гипергликемия.

9. Переваривание и всасывание липидов. Значение желчных кислот в процессах переваривания липидов и всасывания жирных кислот.

10. Особенности обмена липидов у жвачных животных.

11. Промежуточный обмен липидов. Внутриклеточный липолиз. Окисление глицерина.

12. Активирование и транспорт жирных кислот в митохондрии. Окисление насыщенных кислот с четным числом углеродных атомов.

13. Особенности окисления жирных кислот с нечетным числом углеродных атомов, ненасыщенных жирных кислот. Энергетический баланс окисления жирных кислот.

14. Биосинтез липидов. Биосинтез жирных кислот, триацилглицеринов и фосфолипидов.

15. Обмен холестерина. Кетоновые тела. Образование, биологическое значение и особенности метаболизма кетоновых тел у жвачных животных.

16. Биохимические механизмы возникновения кетоза. Кетонемия, кетонурия. Роль печени в липидном обмене.

17. Взаимосвязь обмена липидов с обменом углеводов и белков. Регуляция и нарушения липидного обмена.

18. Общая характеристика обмена белков как центрального обмена в метаболизме клетки.

19. Пути формирования и использования фонда аминокислот в организме. Баланс азота и его разновидности, белковый минимум.

20. Переваривание и всасывание белков. Протеолитические ферменты. Особенности переваривания белков у новорожденных особей.
21. Особенности превращения белков и азотсодержащих соединений у жвачных животных.
22. Процесс гниения белков в толстом отделе кишечника и механизмы его обезвреживания.
23. Биосинтез белка. Общие принципы матричного биосинтеза. Основные этапы синтеза белка.
24. Посттрансляционная модификация белков. Регуляция биосинтеза белка.
25. Особенности обмена хромопротеинов. Гемоглобин.
26. Метаболизм аминокислот. Биосинтез заменимых аминокислот. Катаболизм аминокислот.
27. Дезаминирование аминокислот (восстановительное, гидролитическое, внутримолекулярное, окислительное). Трансаминирование и его биологическая роль.
28. Декарбоксилирование аминокислот и роль биогенных аминов в организме животных.
29. Токсичность аммиака и пути его нейтрализации. Биосинтез мочевины как основной путь нейтрализации аммиака. Роль печени в обмене белков.
30. Пути превращения безазотистых углеродных остатков аминокислот. Понятие о гликогенных и кетогенных аминокислотах.
31. Взаимосвязь обмена аминокислот и белков с другими обменами.
32. Ферментативный гидролиз нуклеопротеидов. Всасывание и использование организмом продуктов гидролиза.
33. Биосинтез пуриновых и пиримидиновых оснований. Соединения, выступающие донорами атомов углерода и азота при биосинтезе азотистых оснований.
34. Продукты окисления азотистых оснований в организме различных видов животных и рыб. Нарушения обмена азотистых оснований и их проявления.
35. Содержание, распределение, состояние воды в организме и ее роль в обмене веществ. Электролитный состав жидкостей организма.
36. Кислотно-основное равновесие и механизмы его регуляции. Нарушения кислотно-основного равновесия. Регуляция водно-солевого обмена.

37. Макроэлементы (калий, натрий, кальций, магний, фосфор, сера) и микроэлементы (железо, кобальт, иод, селен, марганец, цинк), их биологическая роль, участие в обмене веществ.

38. Применение макро- и микроэлементов в животноводстве и промышленном рыбоводстве.

39. Кровь. Общая характеристика. Химический состав. Особенности метаболизма в форменных элементах. Возрастные и видовые особенности химического состава крови в норме и при патологии.

40. Мышечная ткань. Общая характеристика. Органические вещества мышц: белки, углеводы, липиды, небелковые азотсодержащие и безазотистые вещества.

41. Особенности обмена белков, углеводов, липидов в мышечной ткани. Биохимические основы механизма сокращения мышц.

42. Макроэргические соединения, обеспечивающие сократительную функцию мышц и механизмы их восстановления. Атрофия, дистрофия.

43. Нервная ткань. Химический состав. Особенности обмена веществ в нервной ткани. Функциональная связь между состоянием нервной ткани и ее метаболизмом. Химизм передачи нервного импульса. Медиаторы.

44. Почечная ткань. Особенности обмена веществ в почечной ткани.

45. Моча, общая характеристика, физические свойства. Химический состав мочи. Органические и неорганические вещества мочи в норме и при патологии.

46. Состав и пищевая ценность мяса различных видов животных. Особенности обмена веществ в мышце. Биохимические изменения в мышце после убоя. Окоченение. Биохимические основы процесса созревания мяса.

47. Особенности обмена веществ в молочной железе. Состав и физико-химические свойства молока и молозива у разных видов животных. Биохимические основы биосинтеза белков, липидов, углеводов молока.

48. Особенности обмена веществ у птиц. Биохимия яйца и яичной продуктивности. Особенности биосинтеза основных компонентов яйца.

49. Химический состав волосяного покрова. Белки шерсти. Кератин. Изменения химического состава волоса при нарушении метаболизма и при хранении.

50. Особенности обмена веществ у рыб. Химический состав рыб. Особенности биосинтеза основных компонентов.

Типовые варианты

1. Переваривание углеводов в ЖКТ. Особенности данного процесса у жвачных животных. Гидролиз мальтозы.
2. Реакция образования ЩУК и ее значение для живой клетки.
3. Уравнение реакции расщепления дипептедазой аланилцистеина.
4. Биосинтез аминокислот в организме животных. Уравнение переаминирования между аспарагиновой и пировиноградной кислотами.
5. Биологическая роль нуклеиновых кислот (НК). Расщепление и всасывание НК в ЖКТ.
6. Роль соляной кислоты в переваривании пищевых веществ.
7. Формулы ключевых метаболитов, обеспечивающих взаимосвязь углеводного и жирового обменов.

Тема 1. Теоретические основы органической химии

Органическая химия имеет исключительно важное научное и практическое значение. Объектом ее исследований в настоящее время являются более 20 млн. соединений синтетического и природного происхождения. Поэтому органическая химия стала крупнейшим и наиболее важным разделом современной химии.

Органическая химия, являясь одним из разделов химии, занимается изучением строения, свойств, способов получения и практического использования соединений углерода. Знание основ органической химии, дающей научное обоснование строения и функционирования живых организмов, производства и грамотного применения различных материалов и изделий, является важным элементом в подготовке человека к жизни в современном обществе.

Природные органические вещества и их превращения лежат в основе явлений жизни. Поэтому органическая химия является химическим фундаментом биологической химии и молекулярной биологии – наук, изучающих процессы, происходящие в клетках организмов на молекулярном уровне. Исследования в этой области позволяют глубже понять суть явлений живой природы.

Множество синтетических органических соединений производится промышленностью для использования в самых разных отраслях чело-

веческой деятельности. Это нефтепродукты, горючее для различных двигателей, полимерные материалы (каучуки, пластмассы, волокна, пленки, лаки, клеи и т. д.), поверхностно-активные вещества, красители, удобрения и средства защиты растений, лекарственные препараты, вкусовые и парфюмерные вещества и т. п. Без знания основ органической химии современный человек не способен экологически грамотно использовать все эти продукты цивилизации. Стремительное развитие методов синтеза и исследований органических соединений открывает широкие возможности для получения веществ и материалов с заданными свойствами.

При изучении курса органической химии у студента складывается представление о химическом, электронном и пространственном строении органических молекул и его влиянии на свойства вещества.

Знакомство с общетеоретическими положениями и основными методами органической химии позволяет осмысливать весь огромный фактический материал этой науки. Основное внимание на занятиях уделяется вопросам теоретического характера, задающим уровень и направленность изучения всего теоретического материала, вопросам по выявлению закономерностей в изменении свойств и поведения рядов сходных веществ и обоснованию выявленных закономерностей с привлечением представлений структурной химии.

Классификацию органических реакций проводят на основе общих для всех реакций признаков: строение и состав исходных и конечных продуктов; изменение степеней окисления реагирующих частиц; тепловой эффект реакции; ее обратимость и т. п. Наиболее часто органические реакции классифицируют по следующим признакам:

конечному результату реакции (на основе сопоставления строения исходных и конечных продуктов);

минимальному числу частиц, участвующих в элементарной реакции;

механизму разрыва ковалентных связей в реагирующих молекулах.

Тип многостадийных реакций определяют по самой медленной (лимитирующей) стадии. Различные способы классификации часто сочетаются друг с другом.

В основе данной классификации лежит сопоставление числа, состава и строения исходных и конечных продуктов по уравнению реакции. В соответствии с конечным результатом различают следующие типы органических реакций:

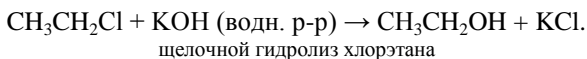
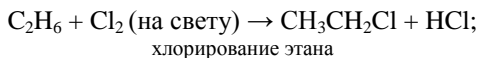
- замещение;

- присоединение;
- отщепление (элиминирование);
- изомеризация (перегруппировка);
- разложение.

Если процесс сопровождается изменением степени окисления атома углерода в органическом соединении, то выделяют также реакции окисления и восстановления. Окисление и восстановление органических веществ может проходить по какому-либо из названных выше типов реакций.

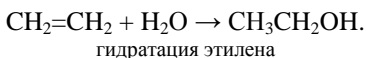
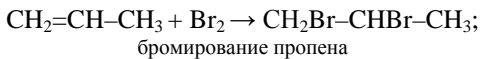
Реакции замещения

Атом (или атомная группировка) в молекуле органического соединения замещается на другой атом (или атомную группировку): $AB + C \rightarrow AC + B$. Реакции этого типа можно рассматривать как реакции обмена, но в органической химии предпочтительней термин «замещение», поскольку в обмене участвует (замещается) лишь меньшая часть органической молекулы. Примеры:



Реакции присоединения

В реакциях присоединения молекула органического соединения и молекула простого или сложного вещества соединяются в новую молекулу, при этом другие продукты реакции не образуются: $A + B \rightarrow C$. Примеры:



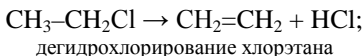
К реакциям присоединения относятся также реакции полимеризации: $nA \rightarrow A_n$.

Например, образование полиэтилена: $nCH_2 = CH_2 \rightarrow (-CH_2-CH_2-)_n$.

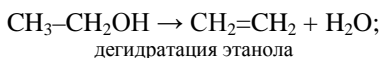
Реакции отщепления

В реакции отщепления (элиминирования) происходит отрыв атомов или атомных групп от молекулы исходного вещества при сохранении ее углеродного скелета. $A \rightarrow B + C$. Например:

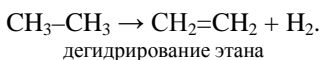
- отщепление хлороводорода (при действии на хлоралкан спиртовым раствором щелочи):



- отщепление воды (при нагревании спирта с серной кислотой):

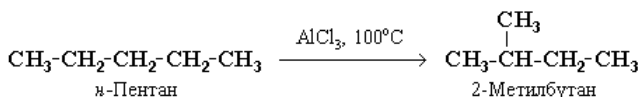


- отщепление водорода от алкана (в присутствии катализатора):



Реакции изомеризации, или перегруппировки

В органическом соединении происходит переход (миграция) отдельных атомов или групп атомов от одного участка молекулы к другому без изменения ее качественного и количественного состава: $A \rightarrow B$. В этом случае исходное вещество и продукт реакции являются изомерами (структурными или пространственными). Например, в результате перегруппировки может изменяться углеродный скелет молекулы:



Реакции разложения

В результате реакции разложения из молекулы сложного органического вещества образуется несколько менее сложных или простых веществ: $A \rightarrow B + C + \dots$. К этому типу реакций относится процесс крекинга – расщепление углеродного скелета крупных молекул при нагревании и в присутствии катализаторов:

$C_nH_{2n+2} \rightarrow C_mH_{2m+2} + C_pH_{2p} (n = m + p);$
 например, $C_{10}H_{22} \rightarrow C_5H_{12} + C_5H_{10}.$

Реакции разложения при высокой температуре называют пиролизом, например: $CH_4 \rightarrow C + 2H_2$, пиролиз метана (1000 °С).

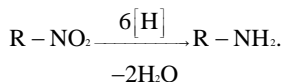
Реакции окисления и восстановления

Окислительно-восстановительные реакции – реакции, в ходе которых меняется степень окисления атомов, входящих в молекулу. Для органических реакций этого типа применимы те же законы, что и для неорганических. Отличием является то, что в органической химии окислительно-восстановительные процессы рассматриваются прежде всего по отношению к органическому веществу и связываются с изменением степени окисления углерода, являющегося реакционным центром молекулы. Эти реакции могут проходить по типу реакций присоединения, отщепления, замещения и т. п. Если атом углерода в органической молекуле окисляется (отдает электроны более электроотрицательному атому), то этот процесс относят к реакциям окисления, так как продукт восстановления окислителя (обычно неорганическое вещество) не является конечной целью данной реакции. И наоборот, реакцией восстановления считают процесс восстановления атома углерода в органическом веществе.

Часто в органической химии ограничиваются рассмотрением реакций окисления и восстановления как реакций, связанных с потерей и приобретением атомов водорода и кислорода. Вещество окисляется, если оно теряет атомы Н и (или) приобретает атомы О. Кислородсодержащий окислитель обозначают символом [O]:



Вещество восстанавливается, если оно приобретает атомы Н и (или) теряет атомы О. Восстановитель обозначают символом [H]:



Степень окисления углерода в его соединениях изменяется в диапазоне от -4 (например, в метане CH_4) до +4 (в CO_2). В органических соединениях атомы углерода в одной и той же молекуле могут иметь разные степени окисления: $^{-3}CH_3$ – $^{-1}CH_2$ –ОН.

Классификация реакций по механизму разрыва связей

В зависимости от способа разрыва ковалентной связи в реагирующей молекуле органические реакции подразделяются на *радикальные* и *ионные*. Ионные реакции, в свою очередь, делятся по характеру реагента, действующего на молекулу, на электрофильные и нуклеофильные. Разрыв ковалентной связи может происходить двумя способами, обратными механизмам ее образования.

Разрыв связи, при котором каждый атом получает по одному электрону из общей пары, называется *гомолитическим*. В результате гомолитического разрыва образуются сходные по электронному строению частицы, каждая из которых имеет неспаренный электрон. Такие частицы называются свободными радикалами.

Если при разрыве связи общая электронная пара остается у одного атома, то такой разрыв называется *гетеролитическим*. В результате образуются разноименно заряженные ионы – катион и анион. Если заряд иона сосредоточен на атоме углерода, то катион называют *карбокатионом*, а анион – *карбанионом*.

Представленные ниже задачи и упражнения сгруппированы по темам – основным классам органических соединений, однако для их решения необходимо знание свойств не только того класса соединений, которому посвящен раздел, но и всех предыдущих разделов курса. Для решения задач с цепочками превращений и способа синтеза того или иного органического соединения рекомендуется использовать знания, полученные при изучении не только того раздела, в котором они приведены, но и предыдущих разделов, поскольку привлечение знаний из последующих разделов курса может значительно упростить решение.

Определение химической формулы вещества по продуктам его сгорания – это традиционный тип задач по органической химии, родившийся еще в прошлом веке из повседневной экспериментальной практики химика-аналитика.

Пример 1. При сжигании органического вещества массой 7,2 г, плотность паров которого по водороду равна 36, образовались оксид углерода(IV) и вода массами 22 г и 10,8 г соответственно. Определить формулу исходного вещества.

Решение. Уравнение сгорания органического вещества неизвестного состава имеет вид: $C_xH_yA_z + O_2 = x CO_2 + y / 2 H_2O + zA$.

$$M(CO_2) = 44 \text{ г/моль}; \quad M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}.$$

Найдем массы водорода и углерода в веществе:

$$m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = m(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2) / M(\text{H}_2\text{O}) = 10,8 \cdot 2 / 18 = 1,2 \text{ г};$$

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot A(\text{C}) = m(\text{CO}_2) \cdot A(\text{C}) / M(\text{CO}_2) = 22 \cdot 12 / 44 = 6,0 \text{ г}.$$

Поскольку суммарная масса углерода и водорода равна массе сожженного вещества, то был сожжен углеводород состава C_xH_y . Истинную молекулярную массу углеводорода найдем исходя из его плотности по водороду: $M = 2 \cdot 36 = 72$ г/моль.

Для установления формулы углеводорода составим пропорцию:

$$\begin{array}{l} 7,2 \text{ г } \text{C}_x\text{H}_y - 22 \text{ г } \text{CO}_2 \\ 72 \text{ г } \text{C}_x\text{H}_y - 44 \cdot x \text{ г } \text{CO}_2 . \end{array}$$

Отсюда $x = 5$, т. е. в молекуле C_xH_y содержится 5 атомов углерода. Число атомов водорода равно $(72 - 12 \cdot 5) / 1 = 12$.

Следовательно, формула органического вещества C_5H_{12} .

Пример 2. При сгорании органического вещества массой 4,8 г образовалось 3,36 дм³ CO_2 (н. у.) и 5,4 г воды. Плотность паров органического вещества по водороду равна 16. Определить молекулярную формулу исследуемого вещества.

Решение. Продукты сгорания вещества состоят из трех элементов: углерода, водорода, кислорода. При этом очевидно, что в состав этого соединения входил весь углерод, содержащийся в CO_2 , и весь водород, перешедший в воду. А вот кислород мог присоединиться во время горения из воздуха, а мог и частично содержаться в самом веществе. Для определения простейшей формулы соединения нам необходимо знать его элементный состав. Найдите количество продуктов реакции (в моль):

$$n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2) / VM = 3,36 \text{ дм}^3 / 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 0,15 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 5,4 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 0,3 \text{ моль}.$$

Следовательно, в состав исходного соединения входило 0,15 моль атомов углерода и 0,6 моль атомов водорода: $n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O})$, так как в одной молекуле воды содержится два атома водорода. Вычислим их массы по формуле $m = n \cdot M$.

$$m(\text{H}) = 0,6 \cdot 1 = 0,6 \text{ г}; m(\text{C}) = 0,15 \cdot 12 = 1,8 \text{ г}.$$

Найдем массу кислорода в составе исходного вещества:

$$m(\text{O}) = 4,8 - (0,6 + 1,8) = 2,4 \text{ г}.$$

Найдем число моль атомов кислорода:

$$n(\text{O}) = m(\text{O}) / M(\text{O}) = 2,4 \text{ г} : 16 \text{ г/моль} = 0,15 \text{ моль}.$$

Соотношение числа атомов в молекуле исходного органического соединения пропорционально их мольным долям:

$$n(\text{CO}_2) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0,15 : 0,6 : 0,15 = 1 : 4 : 1.$$

Самую маленькую из этих величин (0,15) принимаем за 1, а остальные делим на нее. Итак, простейшая формула исходного вещества CH_4O . Однако по условию задачи требуется определить молекулярную формулу, которая в общем виде такова: $(\text{CH}_4\text{O})_x$. Найдем значение x . Для этого сравним молярные массы исходного вещества и его простейшей формулы: $x = M(\text{CH}_4\text{O})_x / M(\text{CH}_4\text{O})$.

Зная относительную плотность исходного вещества по водороду, найдем молярную массу вещества:

$$\begin{aligned} M(\text{CH}_4\text{O})_x &= M(\text{H}_2) \cdot D(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль} \cdot 16 = 32 \text{ г/моль} \\ x &= 32 \text{ г/моль} / 32 \text{ г/моль} = 1. \end{aligned}$$

Формула исходного органического вещества CH_4O .

Пример 3. В лабораторной установке из 120 дм^3 ацетилена (н. у.) получили 60 г бензола. Вычислить практический выход бензола.

Решение.

$$\begin{aligned} 3\text{C}_2\text{H}_2 \text{ (650 }^\circ\text{C, активированный уголь)} &= \text{C}_6\text{H}_6; \\ n(\text{C}_2\text{H}_2) &= V(\text{C}_2\text{H}_2) / V_M = 120 \text{ дм}^3 / 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 5,35 \text{ моль}; \\ n(\text{C}_6\text{H}_6)_{\text{теор}} &= 1/3 \cdot n(\text{C}_2\text{H}_2) = 1/3 \cdot 5,35 \text{ моль} = 1,785 \text{ моль}; \\ n(\text{C}_6\text{H}_6)_{\text{практ}} &= m(\text{C}_6\text{H}_6) / M(\text{C}_6\text{H}_6) = 60 \text{ г} / 78 \text{ г/моль} = 0,77 \text{ моль}; \\ h &= (n_{\text{практ}} \cdot 100 \%) / n_{\text{теор}} = (0,77 \cdot 100 \% / 1,785) = 43 \%. \end{aligned}$$

Пример 4. Какой объем водорода (н. у.) получится при взаимодействии 2 моль металлического натрия с 96%-ным (по массе) раствором этанола в воде ($V = 100 \text{ см}^3$, плотность $\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$).

Решение. В условии задачи даны количества обоих реагентов – это верный признак того, что какой-нибудь из них находится в избытке. Найдем массу этанола, введенного в реакцию:

$$\begin{aligned} m_{\text{(раствора)}} &= V \cdot \rho = 100 \text{ см}^3 \cdot 0,8 \text{ г/см}^3 = 80 \text{ г}; \\ m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) &= m_{\text{(раствора)}} \cdot \omega \% / 100 \% = 80 \text{ г} \cdot 0,96 = 76,8 \text{ г}; \\ 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{Na} &= 2\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa} + \text{H}_2. \end{aligned}$$

На 2 моль этанола \rightarrow 2 моль натрия \rightarrow 1 моль водорода.

Найдем заданное количество этанола в моль:

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) / M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 76,84 \text{ г} / 46 \text{ г/моль} = 1,67 \text{ моль}.$$

Поскольку заданное количество натрия составляло 2 моль, натрия в нашей задаче присутствует в избытке. Поэтому объем выделенного водорода будет определяться количеством этанола:

$$n_1(\text{H}_2) = 1/2 n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1/2 \cdot 1,67 \text{ моль} = 0,835 \text{ моль};$$
$$V_1(\text{H}_2) = n_1(\text{H}_2) \cdot V_M = 0,835 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 18,7 \text{ дм}^3.$$

Вода, содержащаяся в растворе спирта, тоже реагирует с натрием с выделением водорода. Найдем массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{(\text{р-ра})} \cdot \omega \% 100 \% = 80 \text{ г} \cdot 0,04 = 3,2 \text{ г};$$
$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 3,2 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 0,178 \text{ моль};$$
$$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2.$$

Из уравнения следует, что на 2 моль воды \rightarrow 2 моль натрия \rightarrow моль водорода.

Количество натрия, оставшееся неизрасходованным после реакции с этанолом, составит: $n_{\text{Na, остаток}} = 2 \text{ моль} - 1,67 \text{ моль} = 0,33 \text{ моль}$.

Таким образом, по сравнению с заданным количеством воды (0,178 моль), натрия все равно оказывается в избытке.

Найдем количество и объем водорода, выделившегося по реакции с водой:

$$n_2(\text{H}_2) = 1/2 n(\text{H}_2\text{O}) = 1/2 \cdot 0,178 \text{ моль} = 0,089 \text{ моль};$$
$$V_2(\text{H}_2) = n_2(\text{H}_2) \cdot V_M = 0,089 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 1,99 \text{ дм}^3.$$

Общий объем водорода

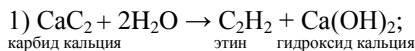
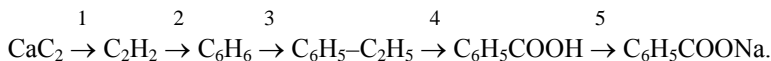
$$V(\text{H}_2) = V_1(\text{H}_2) + V_2(\text{H}_2) = 18,7 \text{ дм}^3 + 1,99 \text{ дм}^3 = 20,69 \text{ дм}^3.$$

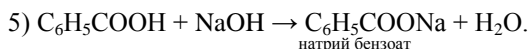
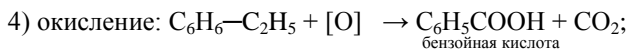
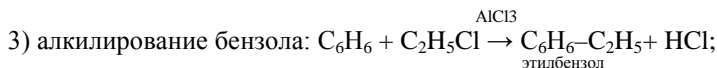
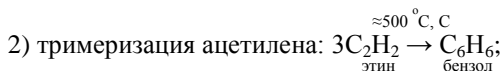
Пример 5. Осуществить следующую цепочку превращений:



Написать уравнения соответствующих реакций, дать названия всем соединениям, участвующим в них.

Решение.





Тема 2. Витамины

Витамины – это биологически активные вещества различной химической природы, необходимые организму в небольших количествах и выполняющие самостоятельно или в составе ферментов каталитическую функцию.

Витамины отличаются от других органических пищевых веществ двумя характерными признаками:

- а) они не включаются в структуру тканей;
- б) не используются организмом как энергетический материал.

В настоящий момент используют три вида номенклатуры.

Первая (с приставкой *анти-*) исторически сложилась по названию заболевания, развивающегося при недостатке или отсутствии витамина в пище. Например, антиксерофтальмический, антирахитический, антигеморрагический. Эта же номенклатура включает в себя и физиологические названия, такие, как витамин роста, витамин размножения (плодовитости) и т. д. Кроме того, используют обозначения витаминов латинскими буквами: А, D, Е, К Сходные по химическому строению вещества, обладающие характерным физиологическим действием конкретного витамина, принято называть витаминерами и обозначать индексом. Так, витамин А имеет три витаминера (А₁, А₂, А₃), витамин D – пять, Е представлен большой группой витаминеров, из которых наиболее распространены α-, β-, γ-токоферолы. Согласно третьей номенклатуре, витамину присваивают химическое название. Чтобы ориентироваться в названиях витаминов, необходимо составить таблицу следующего образца:

Номенклатура витаминов

№ п. п.	Буквенное обозначение	Химическое название	Физиологическое название
1	А	Ретинол	Антиксерофтальмический
2	Д	Кальциферолы	Антирахитический
3	Е	Токоферолы	Антистерильный
4	К	Филохиноны	Антигеморрагический
5	В ₁	Тиамин	Антиневритический
6	В ₂	Цианкобаламин	Антианемический
И т. д.

По физико-химическим свойствам классифицировать витамины затруднительно, в частности, по растворимости выделяют две большие группы витаминов: жирорастворимые и водорастворимые. Отдельно выделяют условную группу витаминоподобных веществ, которые отличаются от витаминов тем, что потребность организма в них выше. Например, суточная потребность взрослого человека в витамине В₅ составляет 15–25 мг, в витамине F (условно витаминоподобного вещества) – 5–10 г.

Согласно программе курса, из группы жирорастворимых витаминов необходимо изучить витамины А, D, Е, К, F, убихинон; из группы водорастворимых – В₁, В₃, В₅, В₆, В₁₂, В_С, Н, Р, С и витаминоподобные вещества: парааминобензойную кислоту, липолевую кислоту, холин, инозит.

Организм животных и человека практически не синтезирует витамины или синтезирует в недостаточном количестве. Растения и микроорганизмы способны к первичному синтезу витаминов, поэтому основным источником витаминов для животных и человека служат растительная пища, продукты жизнедеятельности микрофлоры, в частности, микрофлоры ЖКТ и, в меньшей степени, пища животного происхождения.

С пищей витамины могут поступать как самостоятельные вещества, так и в форме провитаминов, которые в тканях организма превращаются в активные формы витаминов. В свою очередь, провитамины могут быть представлены биохимическим комплексом витамина с другими соединениями, например белками и липидами, или в виде самостоятельных веществ. Например, каротины являются провитаминами витамина А. Поступая в организм, они превращаются в витамин А путем окисления или расщепления. В первом случае из одной молекулы β-каротина образуется одна молекула витамина А, во втором –

две молекулы. Нарушение баланса витаминов в организме проявляется в форме недостатка витамина. Это состояние названо гиповитаминозом. Крайне выраженный дефицит называют авитаминозом, избыток витамина – гипervитаминозом. Как правило, наиболее распространен гиповитаминоз сразу нескольких витаминов – полигиповитаминоз. Гипervитаминоз встречается редко, в основном при передозировке вводимого витамина, и характерен для жирорастворимых витаминов. Недостаток или избыток витамина одинаково отрицательно отражается на метаболизме и определяется по специфичным признакам для конкретного витамина.

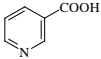
Основные причины заболеваний, связанных с витаминами, следующие:

- 1) недостаточное или полное отсутствие витамина в пище;
- 2) неспособность выделить витамин из пищи и усвоить его. Здесь может быть ряд своих причин:
 - заболевание ЖКТ и нарушение всасывания;
 - прочный биохимический комплекс, который можно разрушить дополнительной обработкой пищи для животных (термическая обработка кормов);
 - несбалансированный рацион: жирорастворимые витамины требуют присутствия жиров, водорастворимых белков-переносчиков;
 - введение медпрепаратов, подавляющих микрофлору ЖКТ и, в частности, преджелудков у жвачных;
- 3) физиологически повышенная потребность организма в витаминах во время роста, беременности, болезни;
- 4) присутствие в кормах антивитаминов. Это вещества, сходные с витаминами по химическому строению, но не обладающие их свойствами, т. е. они включаются в обмен веществ вместо витаминов и нарушают его. Например, вместо парааминбензойной кислоты у микроорганизмов в метаболизм включаются сульфаниламиды и задерживают рост микроба.

Помимо структурных аналогов, выделяют и различают антивитамины биологического происхождения: ферменты и белки, расщепляющие или связывающие молекулы витаминов. Например, тиаминаза расщепляет витамин В₁. Ее много в стенке кишечника сырой рыбы, поэтому нежелательно использовать фарш из сырой рыбы в звероводстве, белок сырого яйца – авидин – связывает биотин и переводит его в неактивную форму.

Изучая характерные особенности витаминов одной группы, следует обратить внимание на номенклатуру витаминов и заболевания, связанные с отсутствием, недостатком или избытком витаминов в организме, Разобраться в причинах, вызывающих эти заболевания.

Изучая отдельные витамины, необходимо обратить внимание на наличие витаминеров, провитаминов, антивитаминов данного витамина, химическое строение и участие в биологических процессах, а также специфические признаки заболеваний, связанных с витаминами, и источники витамина для животных. Обобщая изученный материал по теме «Витамины», рекомендуем составить краткий конспект для каждого витамина по следующей форме:

Все возможные названия витамина	Химические формы		Участие в обмене веществ	Специфические признаки недостаточности витамина в организме	Источники
В ₃ (РР), ниацин, антипеллагрический витамин, никотиновая кислота, никотинамид	Неактивная: поступает с кормом:  никотиновая кислота	Активная: кофермент над ⁺ (никотинадениндинуклеотид), кофермент дегидрогеназ	Переносит водород в биологических ОВР Участвует в матричном синтезе нуклеиновых кислот Влияет на процесс деления клеток Является аллостерическим регулятором ряда ферментов энергетического обмена	Симметричные дерматиты на открытых участках кожи (пеллагра) Диарея, невриты Атрофия и болезненность языка	Отходы мукомольной промышленности: дербь, отруби, дрожжи, шроты

Провитамины (др.-греч. про- – перед, раньше) – биохимические предшественники витаминов. Основные провитамины: каротин – желто-оранжевый пигмент, непредельный углеводород из группы каротиноидов, провитамин витамина А; триптофан – незаменимая аминокислота в организме человека, является своего рода провитамином, так как бактериальная флора кишечника человека может синтезировать из нее витамин В₃; эргостерин – провитамин витамина D₂, полициклический спирт (стероид), содержащийся в дрожжах, грибах, некоторых водорослях; 7-дегидрохолестерин – провитамин витамина D₃, содержится в коже человека.

Витаминоподобные вещества – соединения, активность которых проявляется в малых дозах, сравнимых с дозами витаминов, но все-таки значительно превышающих дозы последних. Все они обладают небольшим анаболическим действием. Дефицит этих веществ (в отличие от витаминов) не приводит к явно выраженным нарушениям в организме. Они обладают относительной безвредностью и низкой токсичностью. Поскольку для большинства витаминоподобных веществ характерна очень сложная структура, они могут использоваться исключительно в природной форме, т. е. в виде растительных экстрактов. Это сдерживает их широкое применение в составе обычных витаминно-минеральных препаратов. А между тем витаминоподобные вещества значительно усиливают профилактическую активность витаминов и микроэлементов. В настоящее время к витаминоподобным веществам относят (по разным источникам): пангамовую кислоту (витамин В₁₅), парааминобензойную кислоту (витамин В₁₀), холин (витамин В₄), инозитол (витамин В₈), метилметионинсульфония хлорид (витамин U), оротовую кислоту (витамин В₁₃).

Антивитамины – группа органических соединений, подавляющих биологическую активность витаминов. Это соединения, близкие к витаминам по химическому строению, но обладающие противоположным биологическим действием. При попадании в организм антивитамины включаются вместо витаминов в реакции обмена веществ и тормозят или нарушают их нормальное течение. Это ведет к витаминной недостаточности даже в тех случаях, когда соответствующий витамин поступает с пищей в достаточном количестве или образуется в самом организме. Антивитамины известны почти для всех витаминов. Например, антивитамином витамина В₁ (тиамина) является пиритиамин, вызывающий явления полиневрита.

При изучении биологической роли витаминов и витаминоподобных веществ необходимо видеть взаимосвязь витаминов и ферментов как активной части последних.

Тема 3. Ферменты

Ферменты, энзимы – специфические белки всех живых клеток, играющие роль биологических катализаторов. С их помощью осуществляется обмен веществ и энергии в организмах. Открытие ферментов было связано с процессами, идущими с выделением газов (приготовление теста, вина и т. д.). Таким образом, данное явление человек

наблюдал и использовал тысячелетиями. Известно более 2000 ферментов.

Отличие ферментативного катализа от неорганического заключается в следующем:

- 1) ферменты действуют в мягких условиях организма (р, t°, рН);
- 2) белки-ферменты чувствительны к денатурирующим агентам;
- 3) для действия ферментов характерна высокая эффективность;
- 4) активность ферментов контролируется (генетически на уровне строения и различными биорегуляторами);

5) в организме, как правило, действуют полиферментные (т. е. поликаталитические) системы, в результате чего достигается многоэтапное направленное превращение вещества с доступными для организма уровнями передачи энергии. Например, в пробирке происходит следующая реакция: $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{взрыв (гремучий газ)}$; в организме та же реакция, но за счет разбиения ее на фазы протекает без взрыва, а с запасанием энергии в виде аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ).

6) для действия ферментов характерна специфичность: а) *абсолютная* – фермент катализирует превращение строго определенного вещества (уреаза расщепляет только мочевины на CO_2 и NH_3); б) *относительная* – фермент катализирует превращения одного типа связей в ряду близких по химическому строению веществ (например, липаза катализирует разрыв сложноэфирных связей независимо от типа радикала).

По строению ферменты-белки бывают простыми (целиком состоят из активного центра (АК) и сложными (содержат также небелковую группу). Для сложных белков-ферментов используют следующие обозначения: *апофермент* – полипептидная часть молекулы фермента; *кофактор* – небелковая часть сложного белка-фермента; *холофермент* – прочный природный комплекс апофермента и небелковой части; *простетическая группа* – прочно связанный с апоферментом кофактор (металлы и др.); *кофермент* – легко определяемый от апофермента, например диализом, кофактор. Апофермент всегда синтезируется в организме, кофакторы должны поступать с пищей.

Ферментативный катализ идет на поверхности фермента. Превращаемые вещества называются *субстратами*. Превращение субстрата происходит в области активного центра, который сформирован в третичной структуре большинства ферментов. У простых белков-ферментов активный центр образован сближенными в пространстве радикалами аминокислот первичной структуры. У сложных белков-

ферментов здесь находятся кофакторы. В активном центре выделяют две части: якорная (радикалы аминокислот обеспечивают фиксацию субстрата) и каталитическая (радикалы аминокислот и кофакторы обеспечивают катализ). Помимо активного центра в молекуле фермента присутствует еще и аллостерический центр. Он представляет собой участок молекулы фермента, с которым связываются определенные, как правило низкомолекулярные, вещества (модификаторы), молекулы которых не сходны по строению с субстратом.

Механизмы действия ферментов

Ферментативная реакция протекает в три стадии: 1) образуется фермент-субстратный комплекс: $E + S \leftrightarrow ES$ – быстрая стадия, соответствующая фиксации субстрата на якорном участке активного центра. Ускорение реакции достигается за счет сближения и правильной ориентации субстратов относительно друг друга и увеличения их эффективной концентрации; 2) происходит химическая реакция через переходное состояние с образованием продукта реакции на поверхности фермента: $ES \rightarrow EZ \rightarrow EP$ (где ES – комплекс фермента с субстратом, EZ – комплекс истинного переходного состояния, EP – комплекс между ферментом и продуктом реакции). Как правило, субстрат вступает во временные промежуточные реакции (взаимодействия) с определенными группами активного центра, в результате чего реакция требует более низкой энергии активации; 3) продукт отделяется, а фермент в неизменном виде может вновь вступать в катализ: $EP \rightarrow E + P$.

Факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций.

1. *Концентрация субстрата.* При увеличении концентрации субстрата и постоянной концентрации фермента скорость реакции вначале увеличивается линейно, затем переходит в реакцию смешанного порядка и, достигнув максимума, превращается в реакцию нулевого порядка.

Энергия активации – это энергия, которая необходима для перевода всех молекул моля вещества в активированное состояние при данной температуре.

Таким образом, ферменты обладают высокой каталитической активностью, которая обусловлена снижением энергетического барьера – уменьшением энергии активации при образовании фермент-субстратного комплекса.

2. *Концентрация фермента.* При условии избытка скорость ферментативной реакции зависит от концентрации фермента. Эта зависимость подчиняется уравнению прямой.

3. *Температура.* Скорость химической реакции повышается в 2–4 раза при повышении температуры на 10 °С. Однако из-за белковой природы фермента повышение температуры приведет к тепловой денатурации молекул фермента. Поэтому оптимальная температура для ферментов растений составляет 45–50 °С, а для ферментов теплокровных – приблизительно 37 °С. Исключение: миокиназа мышц (выдерживает температуру 100 °С).

4. *Водородный показатель (рН) среды.* Ферменты подобно всем белковым молекулам несут заряженные группы. Общий заряд белковой молекулы зависит от рН среды. Зависимость скорости ферментативной реакции от величины рН среды носит колоколообразный характер. Основное количество ферментов проявляет максимальную активность в узком диапазоне рН – оптимум рН. Для большинства из них оптимум рН составляет 7,4, однако для пепсина – 1,0–1,5, для трипсина – 8,6.

Активаторы ферментов – это вещества: 1) формирующие активный центр фермента (Co, Mg, Zn, Fe, Ca); 2) облегчающие образование фермент-субстратного комплекса (Mg); 3) восстанавливающие группы (глутатион, цистеин); 4) стабилизирующие нативную структуру белка-фермента.

Ингибиторы ферментов – это соединения, которые, взаимодействуя с ферментом, препятствуют образованию нормального фермент-субстратного комплекса, уменьшая тем самым скорость реакции или прекращая ее. Ингибиторы делят на две группы: неспецифические, вызывающие денатурацию белка-фермента (соли тяжелых металлов, кислоты, щелочи и др.), их действие не связано с механизмами ферментативного катализа; специфические, действие которых связано с механизмами ферментативного катализа.

Классификация ферментов

Ранее ферменты назывались по наименованию субстрата с добавлением суффикса *-аза*. Позже ферменты, катализирующие сходные реакции, получили название по типу реакции: дегидрогеназы, оксидазы, декарбоксилазы и др. Международный совет биохимиков предло-

жил положить в основу наименования и классификации ферментов тип химической реакции и ее механизм.

Реакции и ферменты, их катализирующие, делят на шесть классов, каждый из которых состоит из 4–13 подклассов: оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы (синтетазы).

Тема 4. Гормоны

Гормоны – это биологически активные вещества, вырабатываемые в небольших количествах клетками внутренних (эндокринных) желез и выделяемые непосредственно в кровь. В организме выполняют роль регуляторов и координаторов метаболических процессов.

Действие механизма регуляции обмена веществ обеспечивается двумя неразрывно связанными системами: центральной нервной системой (ЦНС) и системой эндокринных желез. Отсюда и название – нейрогуморальный механизм регуляции обмена веществ. В общем случае представить этот механизм можно с помощью следующей схемы:



Главная роль в нейрогуморальной регуляции обмена веществ отводится ЦНС – она непосредственно влияет на деятельность эндокринных желез через сеть нервных окончаний.

Внутренние железы и их секреты образуют гормональную систему, контролирующую деятельность непосредственно органов и тканей, и оказывают влияние на ЦНС. Связующим звеном между ЦНС и гормональной системой является гипоталамус и гипофиз – железы внутренней секреции, являющиеся частью головного мозга.

Поступление гормонов в кровь постоянно меняется под действием внутренних, внешних факторов и импульсов нервной системы. Регулирующее действие гормонов проявляется в изменении активности ферментов, которые, в свою очередь, отвечают за течение биохимических реакций. Регуляция может быть срочной (мгновенной) – в этом случае активизируются уже имеющиеся в клетке ферменты (путь 2 в

схеме) – и длительной (хронической) – в этом случае гормон оказывает влияние на биосинтез новых ферментов при участии генов (путь 1 в схеме). Витамины включаются в эту схему как небелковая часть (ко-фактор) при синтезе двухкомпонентных (сложных) ферментов.

Регулирующее действие гормонов может осуществляться и другими путями:

1) гормоны могут стимулировать деятельность коферментов, активаторов и ингибиторов белковой природы и тем самым не напрямую, а косвенно регулировать активность ферментов;

2) гормоны способны изменять проницаемость клеточных мембран. Например, инсулин является репрессором синтеза ферментов глюкозо-6-фосфатазы и гликогенсинтетазы и в то же время изменяет проницаемость клеточных мембран, открывая возможность перехода глюкозы из крови в клетки, снижая ее уровень в крови. Гормоны коркового слоя надпочечников, изменяя проницаемость мембран, влияют на межклеточное перераспределение электролитов в тканях.

Классифицируют гормоны по месту синтеза, характеру и механизму действия, химической природе.

Тема 5. Обмен веществ и энергии. Биологическое окисление

Приступая к изучению отдельных тем динамической и функциональной биохимии, необходимо вспомнить строение и химические свойства органических веществ, механизмы основных реакций (гидролиза, гидратации, гидрирования, дегидрирования, этерификации и т. д.), что позволит более полно понять и осмыслить биологическое значение этих реакций и превращение веществ в метаболизме.

Приступая к изучению темы, необходимо четко усвоить, что основным объектом изучения динамической биохимии является обмен веществ, осуществляемый между живым организмом и окружающей средой через поступающие в организм вещества, их превращение и выведение в виде не востребуемых конечных продуктов. Наличие такого обмена у живых организмов качественно отличает их от неживых тел. *Обмен веществ* – это комплекс биохимических превращений, состоящий из неразрывно связанных процессов анаболизма и катаболизма.

Соотношение химических реакций анаболизма и катаболизма в живом организме может изменяться в зависимости от физиологического состояния организма и влияния факторов внешней среды. Существуют общие тенденции изменения этого соотношения. Например, у расту-

щих организмов реакции анаболизма преобладают над реакциями катаболизма, при различных патологиях смещение чаще идет в сторону процессов распада. Необходимо ориентироваться и учитывать эти изменения при изучении в дальнейшем метаболизма отдельных органов и тканей.

Основные биохимические реакции обмена веществ протекают на клеточном уровне. Клетка является структурным элементом любого живого организма, и ей присущи две основные функции: обмен веществ и воспроизведение себе подобных. Обе функции обеспечиваются огромным числом химических реакций (окисление, восстановление, расщепление, объединение молекул, межмолекулярный и внутримолекулярный переносы атомных групп), скоординированных во времени и пространстве. Течение химических реакций осуществляется с помощью биокатализаторов белковой природы – ферментов. Ферментам отводится центральная роль в обмене веществ. Возможность подобной координации и регуляции реакций, зачастую противоположного характера, обусловлена компартментализацией, или разделением клетки на отделы и отсеки. Для более полного понимания этих процессов целесообразно ознакомиться со строением и специализацией клеточных органелл в обмене веществ, специфичной локализацией определенных ферментов.

В биохимии различают понятия «общий обмен» и «основной обмен». *Общий обмен* – это обмен углеводов, белков, липидов и других веществ. *Основной обмен* – это общий обмен, но минимальный по интенсивности, необходимый только для поддержания жизни в условиях абсолютного покоя.

В зоотехнии выделяют понятие *продуктивный обмен* – это общий обмен веществ, необходимый для поддержания жизни и производства продукции (молока, яиц, шерсти, наращивания мышечной и жировой ткани). Скармливание кормов сверх потребности на поддержание жизни и позволяет получить продукцию от животных.

Общий обмен веществ складывается из обменов отдельных веществ (витаминов, гормонов, микроэлементов, белков, жиров, углеводов и т. д.). Следует обратить внимание на то, что отдельным видам животных присущ свой собственный тип обмена веществ, закрепленный генетически, но основные биохимические процессы (гликолиз, цикл трикарбоновых кислот, β -окисление жирных кислот и т. д.) удивительно одинаковы для большинства живых организмов.

Условно обмен веществ разделяют на несколько этапов:

1) пищеварение;
2) всасывание и транспорт питательных веществ по всему организму;

3) промежуточный или внутриклеточный обмен;

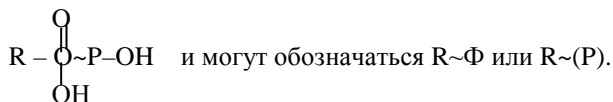
4) выделение конечных продуктов обмена.

Промежуточный обмен веществ является основным объектом изучения в биохимии. При тканевом обмене образуется огромное количество промежуточных продуктов. Многие из них являются узловыми метаболитами. Это такие вещества, которые образуются как промежуточные или конечные продукты одних реакций и служат начальным субстратом для других метаболических путей. Например, активированная уксусная кислота (ацетил-КоА) является промежуточным продуктом окисления углеводов, но в случае необходимости организм может использовать ацетил-КоА как первоисточник в синтезе высших жирных кислот. Наличие узловых метаболитов выгодно для клетки и организма в целом, так как, потребляя с пищей, например, только углеводы, организм может синтезировать собственные жиры и белки.

Любая химическая реакция сопровождается поглощением или выделением энергии. Химические реакции, протекающие в живых клетках, не являются исключением и подчиняются основным законам термодинамики. Следовательно, обмен веществ неразрывно связан с сопутствующим ему обменом энергии. Энергия поглощается организмом из внешней среды в основном в форме энергии химических связей пищевых веществ. Далее она преобразуется в доступные для клетки формы и расходуется на обогрев тела, работу мышц, биосинтез собственных веществ, осмотическую работу. Обмену энергии следует уделить особое внимание, так как в зоотехнии разработаны и используются система оценки энергетической питательности кормов и нормы кормления на основе обменной энергии. *Обменная энергия* – это часть свободной (потенциальной) энергии корма, которая используется организмом для обеспечения жизненных процессов и продуктивности. Органические вещества, содержащие много углерода и водорода и мало кислорода (жиры), обладают наибольшим запасом потенциальной энергии.

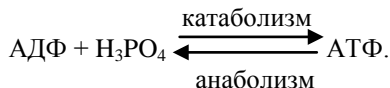
Энергия в организме выделяется постепенно и порциями в результате внутриклеточного окисления белков, жиров, углеводов. Выделяемая в результате окисления веществ энергия превращается в другие виды работы без промежуточного образования тепла, что очень важно для живого организма. Посредником между выделением энергии и

использованием ее на физиологические нужды организма выступают вещества, запасаящие выделяемую энергию в своих высокоэнергетических (макроэргических) связях. Считается, что примерно 50 % всей образующейся энергии рассеивается в виде тепла, 50 % используется на синтез макроэргических соединений (макроэргов). К макроэргам относят молекулы, у которых величина стандартной свободной энергии (ΔG°) гидролиза связей превышает 21 кДж/моль^{-1} . Как правило, такие вещества содержат высокоэнергетическую фосфатную группу



Из макроэргических соединений наиболее распространены ди- и трифосфаты (АТФ, ГТФ, ЦТФ, УТФ, АДФ, ГДФ, УДФ, ЦДФ), карбоксилфосфаты, фосфоамидные соединения, креатинфосфат, ацетил-КоА и т. д.

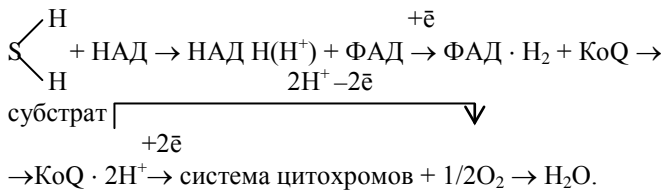
При изучении темы следует обратить внимание на то, что высокоэнергетические соединения не всегда могут отдавать энергию фосфатных связей напрямую низкоэнергетическим веществам при синтезе последних. Посредником в этом процессе выступает АТФ. Энергия окисления веществ используется для синтеза молекулы АТФ из аденозиндифосфата (АДФ) и H_3PO_4 . Синтез и распад молекулы АТФ за счет энергии реакций анаболизма и катаболизма называют *аденилатной системой*:



Необходимо уметь выделять образование макроэргов при написании биохимических реакций.

Биологическое окисление – это совокупность окислительно-восстановительных реакций, происходящих в живых организмах и обеспечивающих их энергией и метаболитами. Разновидностью и основой биологического окисления является тканевое дыхание. Акцептором водорода в реакциях тканевого дыхания выступает кислород. Тканевое дыхание присуще всем живым клеткам. Поступающие в клетку вещества (субстраты), окисляясь, могут терять два атома водорода в виде электронов и протонов или присоединять атомарный кислород. В первом случае работают дегидрогеназы, во втором – оксиге-

назы – ферменты класса оксидоредуктаз. Перенос атомов водорода в виде протонов и электронов на кислород осуществляет упорядоченная система ферментов, называемая дыхательной цепью ферментов, или редокс-цепью. Ферменты дыхательной цепи сконцентрированы во внутренней мембране митохондрий, и их работу рекомендуется представлять следующей схемой:



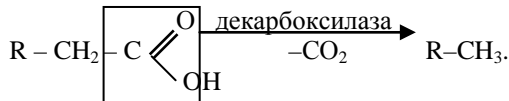
Ферменты дыхательной цепи используют четыре группы коферментов, их сокращенные названия и отражены в схеме.

При окислении субстратов в результате работы дыхательной цепи ферментов образуется один из трех основных конечных продуктов окисления – вода. В качестве окисляемых субстратов могут выступать ди- и трикарбоновые кислоты аэробного окисления углеводов (ЦТК), ацетил-КоА, глицерофосфат, α-аминокислоты и т. д.

Образующаяся вода называется эндогенной и может использоваться организмом в метаболических реакциях или выводиться из организма.

Доказано экспериментально, что с участием дыхательной цепи ферментов окисляется до 90 % субстратов, но существуют и другие пути окисления. Флавиновые ферменты (ФФ) являются более сильными окислителями, чем пиридиновые дегидрогеназы, поэтому они могут передавать водороды непосредственно на кислород с образованием токсичной для клеток перекиси водорода (H₂O₂) или, минуя пиридинзависимую дегидрогеназу, включаться в работу дыхательной цепи ферментов.

Второй конечный продукт окисления веществ – углекислый газ. Образуется в результате реакций декарбоксилирования карбоновых кислот:



Катализируют реакции декарбоксилирования ферменты класса лиаз, коферментом которых выступает тиаминпирозинфосфат (ТПФ) – пирозинфосфатный эфир витамина В₁. В животных тканях наиболее распространено окислительное декарбоксилирование α -кетокислот, например, окислительное декарбоксилирование пировиноградной (ПВК) и α -кетоглутаровой кислот при аэробном окислении углеводов. Необходимо выяснить механизм окислительного декарбоксилирования и то, какие конкретно коферменты (ТПФ, ЛК, HS-КоА, ФАД, НАД) принимают участие в этой реакции. Часть образующегося углекислого газа используется тканями как источник углерода, а основная масса выделяется через легкие. В результате реакций биологического окисления в клетке создается наиболее важный для нее третий конечный продукт – энергия. Часть ее рассеивается в виде тепла, и этот процесс называется свободным окислением. Часть запасается и используется в реакциях синтеза и при выполнении физиологических функций. Запас энергии в виде макроэргических связей связан с процессами фосфорилирования.

В процессе окислительного фосфорилирования окисление субстратов идет различными путями и количество образующихся при этом молекул АТФ также различно.

Образование АТФ за счет энергии биологического окисления называется *окислительным фосфорилированием*. Биосинтез АТФ осуществляется из АДФ и активированного неорганического фосфата.

Существует несколько теорий окислительного фосфорилирования. Согласно химической теории сопряжение окисления и фосфорилирования обеспечивается посредством специальных переносчиков (НАД, убихиноны, витамины Е и К и др.).

Вначале первый переносчик восстанавливается; затем этот переносчик взаимодействует со вторым и третьим переносчиками, что приводит к его окислению и возникновению макроэргической связи между вторым и третьим переносчиками; последнее соединение вступает в реакцию с посредником; макроэргическое соединение взаимодействует с неорганическим фосфатом; активированный фосфат переносится в виде макроэргической связи на АДФ.

При *субстратном фосфорилировании* субстрат непосредственно соединяется с активированным фосфатом, что приводит к образованию между ними макроэргической связи.

Синтез АТФ в цепи осуществляется на трех участках. Первая молекула АТФ образуется при переносе электронов от восстановленных форм никотинамидных коферментов на флавиновые коферменты, вто-

рая – от восстановленного цитохрома *b* на цитохром *c*. Третья молекула АТФ образуется в результате переноса пары электронов от цитохрома *c* на цитохромоксидазу.

Макроэргические соединения – это высокоэнергетические соединения, имеющие в своем составе высокоэнергетическую фосфорильную группу. К ним относятся креатинфосфат, ацетил сукцинил-КоА, фосфопировиноградная кислота и др.

Основа биологического окисления – тканевое дыхание, представляющее собой совокупность окислительно-восстановительных реакций, связанных с потреблением организмом кислорода, освобождением химической энергии, выделением углекислого газа и воды.

При анаэробном и аэробном окислении свободная энергия окислительно-восстановительных реакций аккумулируется в виде АТФ.

Гиалоплазма клетки содержит ферменты гликолиза и гликогенолиза, здесь и происходит анаэробное окисление субстратов. В матриксе митохондрий сконцентрированы ферменты цикла трикарбоновых кислот и окисления жирных кислот.

Тканевое дыхание осуществляется дыхательной цепью поэтапно. В частности, молочная кислота дегидрируется ЛДГ и превращается в пировиноградную, яблочная МДГ в ЩУК. Молекула дегидрогеназы состоит из простого белка и кофермента – НАД и НАДФ. Кофермент способен взаимодействовать с отщепленным атомом водорода, восстанавливаться и передавать его на другие акцепторы. Затем атомы водорода переносятся на молекулу флавинового фермента или ФАД. Они окисляют восстановленные формы НАД и НАДФ и переносят атомы водорода на следующее звено, которым является убихинон, который, присоединяя отщепленный атом водорода, восстанавливает и окисляет флавиновые ферменты.

Далее протоны переходят в окружающую среду, а электроны поступают в цитохромную систему. Она принимает электроны последовательно на цитохромы. Цитохромоксидаза передает электроны молекулярному кислороду, активируя его. Кислород взаимодействует с ионами водорода, образуя воду.

Кофермент – это кофактор органической природы, необходимый для деятельности многих ферментов. Часто в состав коферментов входят витамины.

Примеры коферментов:

1) НАД и НАДФ (анаэробная дегидрогеназа) – участвует в переносе протонов водорода, содержит витамин РР;

- 2) липоевая кислота – входит в состав оксидаз;
- 3) коэнзим А – входит в состав трансфераз, участвующих в переносе и превращении остатков жирных кислот (ЖК);
- 4) кофермент В₁₂ – участвует в переносе метильных групп.

2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Образец органического вещества массой 4,3 г сожгли в кислороде. Продуктами реакции являются оксид углерода(IV) объемом 6,72 дм³ (н. у.) и вода массой 6,3 г. Плотность паров исходного вещества по водороду равна 43. Определите формулу вещества.

2. Массовая доля углерода в веществе – 85,7 %, водорода – 14,3 %. Молярная масса вещества – 28. Выведите его молекулярную формулу, если известно, что данное вещество обесцвечивает бромную воду.

3. В состав органического вещества входят углерод (76,59 %), водород (6,38 %) и кислород (17,02 %). Плотность его паров по воздуху равна 3,242. Найдите молекулярную формулу данного вещества, если известно, что данное вещество взаимодействует с металлическим натрием и с 3 моль брома. Напишите уравнения реакций.

4. Массовые доли углерода, азота и водорода в первичном амине составляют 38,7; 45,15 и 16,15 % соответственно. Определите формулу и вычислите молярную массу амина.

5. При полном сжигании некоторого вещества массой 2,66 г получен оксид углерода(IV) массой 1,54 г и оксид серы(IV) массой 4,48 г. Выведите формулу и вычислите молярную массу вещества.

6. Продуктами горения вещества массой 3,2 г являются азот объемом 2,24 дм³ (н. у.) и вода массой 3,6 г. Определите формулу соединения, если плотность паров по водороду равна 16.

7. При сжигании вещества массой 2,3 г образуется углекислый газ объемом 2,24 дм³ (н. у.). Плотность паров этого вещества по водороду равна 23. Данное вещество, взаимодействуя с натрием, выделяет водород. Напишите уравнение химической реакции.

8. При сгорании органического вещества массой 4,8 г получен оксид углерода(IV) массой 6,6 г и вода массой 5,4 г. Плотность паров вещества по водороду равна 16. Выведите формулу и укажите число атомов водорода в молекуле.

9. При сгорании органического вещества массой 1,76 г образовался углекислый газ массой 3,52 г и вода массой 1,44 г. Плотность паров данного вещества по воздуху равна 1,52. Определите молекулярную формулу данного вещества.

10. Определите состав и строение одноосновной органической кислоты, если известно, что для нейтрализации 4,8 г ее потребуется раствор гидроксида калия объемом 16,95 см³, плотностью 1,18 г/см³ и массовой долей 22,4 %.

Углеводороды

11. Напишите структурные формулы углеводородов: а) 2,5-диметил-гексан; б) 3-метил-3-этил-пентан; в) 2-метил-4-изопропилгептан; г) 2,4-диметил-4-этил-октан.

12. Напишите структурные формулы изомерных углеводородов состава C₆H₁₄. Назовите их. Укажите изомеры, содержащие третичные атомы углерода.

13. Какие углеводороды получатся при действии металлического натрия на смесь: а) иодистого метила и иодистого изобутила; б) иодистого этила и иодистого изопропила; в) бромистого пропила и бромистого втор-бутила.

14. Напишите структурные формулы изомерных углеводородов состава C₈H₁₈ с шестью углеродными атомами в главной цепи. Дайте им название по номенклатуре ИЮПАК.

15. Напишите структурную формулу углеводорода C₆H₁₄, образующего при бромировании только два монобромпроизводных.

16. Установите строение углеводорода C₆H₁₄, при монобромировании которого образуется третичное бромпроизводное состава C₆H₁₃Br; углеводород C₆H₁₄ может быть получен по способу Вюрца без побочных продуктов.

17. Напишите уравнение реакции нитрования 2-метилгексана и сульфохлорирования *n*-октана.

18. Напишите уравнения реакций взаимодействия бутана и изобутана с бромом и с азотной кислотой. Укажите условия проведения этих превращений.

19. Получите 2-метилпентан из 2-метилпентен-1. Напишите реакцию нитрования по Коновалову. Напишите их структурные формулы и дайте название.

20. Какие алкилгалогениды целесообразно применить для получения 2,9-диметилдекана реакцией Вюрца с наибольшим выходом (без образования побочных продуктов)?

21. Какие углеводороды получатся при взаимодействии с водой: 1) бромистого этилмагния; 2) бромистого изобутилмагния?

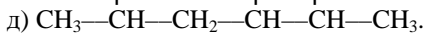
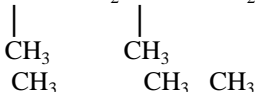
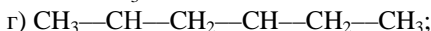
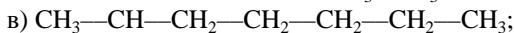
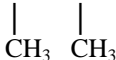
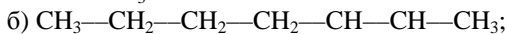
22. Изопентан был прохлорирован в условиях свободно-

радикальной реакции, затем тщательной перегонкой смесь продуктов разделили на фракции. Сколько фракций, содержащих вещества с формулой $C_5H_{11}Cl$, было получено? Напишите все реакции.

23. Не заглядывая в таблицы, расположите следующие углеводороды в порядке уменьшения их температур кипения: а) 3,3-диметилпентан; б) гептан; в) 2-метилгептан; г) пентан; д) 2-метилгексан.

24. После проведения реакции Вюрца из смеси продуктов были выделены: гексан, 2,2-диметилпентан и 2,2,3,3-тетраметилбутан. Какие исходные бромалканы были использованы в реакции? Напишите уравнения.

25. Назовите по номенклатуре ИЮПАК следующие углеводороды:



26. Сформулируйте принцип названия предельных углеводородов по номенклатуре ИЮПАК. Назовите по этой номенклатуре все изомерные углеводороды состава C_7H_{16} , C_5H_{12} .

27. Напишите схемы получения этана, пропана, 2-метилбутана при нагревании соответствующих натриевых солей карбоновых кислот с твердой щелочью.

28. Напишите структурные формулы изомерных ациклических углеводородов состава C_6H_{12} . Назовите их.

29. Напишите структурные формулы углеводородов: а) 2,2,6-триметилгексана-4; б) 2,3-диметилпентана-1; в) 2,2,4-триметилгексана-3; г) 2-метилгексана-3.

30. Напишите формулы геометрических изомеров: а) бутена-2, б) пентена-2, в) 2,5-диметилгексана-3, г) 3-метилгептена-2.

31. Получите 4-метилпентен-2 из 4-метилпентена-1 и окислите

концентрированным раствором KMnO_4 .

32. Напишите реакции получения углеводов этиленового ряда из 1-бромбутана, 3-хлорпентана, 2-йод-2-метилбутана в присутствии спиртового раствора щелочи.

33. Какие соединения образуются при взаимодействии пропена, бутена-1, гексена-2 с концентрированной серной кислотой (на холоде)? Напишите уравнение гидролиза полученных продуктов.

34. Напишите структурную формулу углеводорода состава C_6H_{12} , если известно, что он обесцвечивает бромную воду, при гидратации образует третичный спирт $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$, а при окислении хромовой смесью – ацетон и пропионовую кислоту. Напишите уравнения этих реакций.

35. Назовите углеводороды по рациональной номенклатуре и ИЮПАК.

а) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$; б) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$; в) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$;

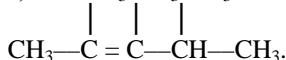
г) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$;



д) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3$;



е) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ | \quad | \quad | \\ \text{CH}_3-\text{C}=\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$



36. Напишите структурные формулы углеводородов гексадиена-2,4; 2,3-диметилбутадиена-1,3; 2,5-гексадиена-1,5.

37. Напишите структурные формулы изомерных диеновых углеводородов C_5H_8 . Назовите их.

38. Напишите уравнения взаимодействия 2-метилпентадиена-1,3 с бромом, с бромистым водородом, с водородом.

39. Напишите формулы следующих углеводородов: а) пропadiен; б) бутадиен-1,3; в) 2-метилбутадиен-1,3; г) гексадиен-1,5; д) 2,3-диметилбутадиен-1,3. Какие из этих соединений относятся к диенам с кумулированными, какие с сопряженными и изолированными двойными связями?

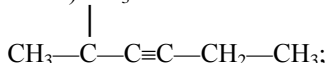
40. Напишите изомеры диенового углеводорода C_6H_{10} . Назовите их. Укажите разновидности изомерии и тип связей.

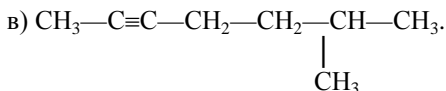
41. Назовите углеводороды по номенклатуре ИЮПАК:

а) $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3$;



б) CH_3





42. Напишите структурные формулы пропина; 5-метилгексина-1; 2,5-диметилгексина-3; 3,6-диэтилоктина-4.

43. Составьте структурные формулы изомеров ацетиленовых углеводородов молекулярной формулы C_5H_8 . Назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

44. Какой углеводород получится, если на 3,3-диметилбутен-1 подействовать бромом, а затем избытком спиртового раствора щелочи?

45. Напишите уравнения реакций, характеризующих химические свойства: а) пропина; б) бутина-2; в) пентина-1. Укажите условия протекания реакций и назовите продукты реакций.

46. Напишите структурные формулы углеводородов бензольного ряда состава C_8H_{10} . Назовите их по правилам ИЮПАК.

47. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) *o*-ксилол; б) кумол; в) стирол; г) *n*-метилстирол; д) 2-этил-4-пропилтолуол.

48. Какие углеводороды получатся при действии металлического натрия на смесь галогенпроизводных: а) бромбензола и бромистого изопропила; б) хлористого бензола и хлористого этила; в) *o*-бромтолуола и бромистого этила?

49. Получите с помощью реакции Вюрца – Фиттига следующие углеводороды: *n*-этилтолуол; изобутилбензол; 1,3-диэтилбензол; кумол.

50. Какие углеводороды получатся при взаимодействии следующих веществ по реакции Фриделя – Крафта – Густавсона: а) бензола с бромистым этилом; б) толуола с бромистым изопропилом; в) *m*-ксилола с бромистым этилом.

51. Укажите промышленные способы получения бензола и толуола.

52. Напишите схему хлорирования *o*-нитротолуола (на холоде, в присутствии катализатора).

53. Напишите схему взаимодействия бензола с хлором (на холоде, в присутствии AlCl_3) и объясните механизм реакции.

54. Напишите схему присоединения хлора к бензолу. В каких условиях протекает реакция? Назовите продукт реакции.

55. Напишите схему исчерпывающего нитрования толуола. Назовите продукт реакции.

56. Напишите изомеры ароматического углеводорода C_9H_{12} . Назовите их и укажите разновидность изомерии.

62. Напишите структурные формулы следующих соединений:

а) 2,3-диметилбутанол-2; б) 2-метил-бутин-3,-*ол*-2; в) 2,2,4-три-метилпентанол-3; г) бутен-3,-*ол*-2; д) 2-метилпентанол-3; е) 2,3-ди-метилпентадиол-2,3; ж) 4,4-диметил-пентен-1,-*ол*-3.

63. Напишите структурные формулы спиртов состава $C_5H_{11}OH$ и назовите их. Укажите, какие из изомеров содержат ассиметричные атомы углерода.

64. Напишите структурные формулы первичных, вторичных и тре-тичных спиртов состава $C_6H_{13}OH$ и назовите их.

65. Напишите структурные формулы непредельных спиртов соста-ва C_5H_9OH . Назовите их по системе ИЮПАК.

66. Покажите химические свойства двухатомных спиртов на при-мере этиленгликоля.

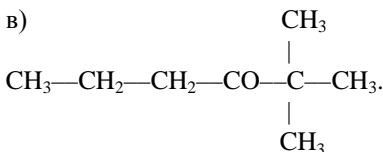
67. Получите глицерин любым способом и напишите реакцию его окисления.

68. Какие одноатомные спирты получатся при восстановлении следующих соединений:

а) $CH_3-CO-CH_2-CH_3$; б) $CH_3-CH_2-CO-CH-CH_3$;



в)



Для полученных спиртов напишите реакции дегидратации.

69. Напишите схемы следующих превращений: а) хлористого буту-ла в бутанол-2; б) 2-бром-3-метилпентана в 3-метилпентанол-3;

70. На пропанол-2 подействуйте последовательно:



Напишите уравнение соответствующих реакций.

71. Напишите уравнения реакций взаимодействия 3-метилбута-нола-2 с PCl_5 , с уксусной кислотой, бромистым водородом, хлорангид-ридом уксусной кислоты.

72. Напишите структурные формулы следующих соединений: *о*-крезола; *п*-нитрофенола; *п*-метокситолуола; *о*-бромфенола; *м*-сульфофенола; *м*-этоксинитробензола; фенола.

73. Напишите структурные формулы всех изомерных соединений ароматического ряда состава C_7H_8O (фенолов, ароматических спиртов, простых эфиров) и дайте их название.

74. Напишите структурные формулы всех изомеров фенола: двухатомных состава $C_6H_4(OH)_2$, трехатомных состава $C_6H_3(OH)_3$. Назовите их по системе ИЮПАК.

75. Получите из толуола *n*-крезол. Напишите для крезоло реакции с едким натром, хлористым ацетилом, диметилсульфатом в присутствии $NaOH$.

76. Охарактеризуйте электронное строение молекулы фенола. На конкретных примерах покажите взаимовлияние гидроксильной группы и бензольного ядра в молекуле фенола.

77. Напишите уравнения реакций фенола со следующими веществами: а) бромной водой; б) разбавленной азотной кислотой; в) хлористым ацетилом; г) формальдегидом. Назовите продукты реакций.

78. Напишите уравнение реакции восстановления фенола цинковой пылью.

79. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

а) бензол \rightarrow фенол \rightarrow фенолят натрия \rightarrow простой эфир;

б) ацетилен \rightarrow уксусный альдегид \rightarrow этиловый спирт \rightarrow винилэтиловый эфир.

80. Напишите реакции конденсации фенола со следующими соединениями: а) формальдегидом; б) уксусным альдегидом; в) ацетоном. Укажите техническое применение этого типа реакции.

81. Напишите структурные формулы изомерных альдегидов состава C_4H_8O , $C_5H_{10}O$ и дайте им названия по номенклатуре ИЮПАК.

82. Напишите структурные формулы кетонов $C_7H_{14}O$, содержащих главные цепи из пяти атомов углерода. Назовите их.

83. Напишите структурные формулы следующих веществ: 2,3-диметилбутаналь; 2,4-диметилпентаналь; 5,5-диметилгексанона-3.

84. Какие соединения образуются при каталитическом гидрировании следующих спиртов: пропилового; 2,3-диметилпентанола-4?

85. Напишите реакцию серебряного зеркала для следующих альдегидов: уксусного, пропионового, 3-метилпентаналь.

86. Напишите уравнения реакций полимеризации муравьиного альдегида с образованием триоксиметилена и параформальдегида.

87. Напишите уравнения реакций альдольной конденсации следующих соединений: масляного альдегида, диэтилкетона. Проведите кротоновую конденсацию. Назовите продукты реакции.

88. Напишите уравнения реакций восстановления до спиртов следующих соединений: бензойного альдегида, ацетофенона.

89. Напишите уравнения реакций окисления, с помощью которых можно осуществить превращения:

а) первичный спирт → альдегид → кислота;

б) вторичный спирт → кетон → две кислоты.

90. Напишите уравнение химических реакций между:

а) 2-метилпентанон-3 и фенилгидразином;

б) изомасляным альдегидом и гидразином (среда щелочная);

в) пропионовым альдегидом и метилацетиленом.

91. Запишите реакции альдольной и кротоновой конденсации на примере пропанала.

92. Напишите уравнения реакций бензойного альдегида с HCN и NH₂-NH₂. Дайте названия продуктам реакций.

93. Покажите реакцию самоокисления-самовосстановления на примере муравьиного альдегида.

94. Получите метаналь любым способом и напишите для него реакцию «серебряного зеркала».

95. Напишите уравнения реакций присоединения водорода, NaHSO₃ и C₂H₅OH к этаналу.

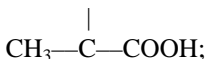
96. Напишите уравнения реакций взаимодействия ацетона с водородом, цианистым водородом и этанолом.

97. Запишите реакцию окисления бензальдегида.

98. Напишите структурные формулы следующих соединений: изомасляной кислоты; 2,4-диметил-пентановой кислоты; метилизопропилуксусной кислоты; метилового эфира изокапроновой кислоты; бромангидрида α-бромпропионовой кислоты.

99. Назовите по номенклатуре ИЮПАК следующие соединения:

а) CH₃-CH(CH₃)-CH₂-COOH; б) CH₃-C(CH₃)(COOH)-CH₃; в) CH₃-CH₂Cl-COOH;



г) CH₃-CH(CH₃)-CONH₂; д) C₆H₅-CH₂-COOH; е) CH₃-CH₂-COCl.

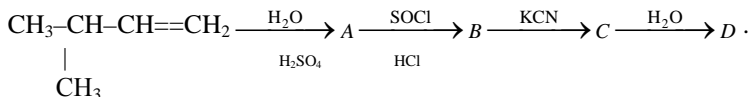


100. Напишите структурные формулы изомерных ароматических кислот состава $C_8H_8O_2$.

101. Напишите структурные формулы изомерных моонитробензойных кислот.

102. Назовите кислоты, которые получаются при окислении изобутилового спирта; 3-метилгептанола; гексена-2.

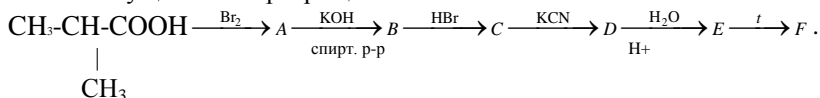
103. Напишите и назовите соединения, получающиеся в результате следующих превращений:



104. Напишите уравнение реакций получения диметилфталата (репелент) из *o*-ксилола.

105. Напишите уравнения реакций взаимодействия бензойной кислоты со следующими веществами: а) раствором едкого натра; б) абсолютным этиловым спиртом (в присутствии серной кислоты); в) пятихлористым фосфором. Назовите полученные соединения.

106. Осуществите превращения:



107. Охарактеризуйте химические свойства карбоновых кислот на примере:

- муравьиной кислоты;
- изомасляной кислоты;
- щавелевой кислоты;
- акриловой кислоты;
- уксусной кислоты;
- молочной кислоты;
- гликолевой кислоты;
- пировиноградной кислоты;
- глиоксиловой кислоты.

108. Приведите примеры дегидратации α , β и γ -оксикислот. Назовите продукты реакций.

109. Напишите уравнение реакции получения аминокислоты из кетокислоты (на примере пировиноградной кислоты).

110. Ацетоуксусный эфир: таутомерия и реакции с участием водорода метиленовой группы.

111. Получите уксусную кислоту: а) окислением углеводорода; б) спирта; в) гидролизом тригалогенпроизводного; г) гидролизом нитрила.

Липиды

112. Напишите структурную формулу триглицерида, образованного одним остатком пальмитиновой кислоты и двумя остатками олеиновой кислоты.

113. Напишите схему гидрирования трилинолеата глицерина и укажите катализатор, применяемый в промышленности.

114. Какие продукты получаются при взаимодействии триолеина с иодом, бромом?

115. Напишите реакцию щелочного омыления линоленодипальмитина. Дайте название полученным продуктам.

116. Напишите схему кислотного гидролиза линолеодиолеина. Назовите образующиеся продукты.

117. Напишите реакцию щелочного омыления дистеаринпальмитина. Назовите полученные продукты.

118. Напишите уравнение реакции переэтерификации между этилацетатом и пропилформиатом.

119. Покажите превращение жидких жиров в твердые на примере диолеолиноленоина.

120. Напишите уравнение реакции получения сложного эфира из терефталевой кислоты и этиленгликоля.

121. Напишите уравнение реакции гидролиза сложного эфира этилэтаната.

122. Рассмотрите реакцию прогоркания жиров на примере триолеина.

123. Напишите уравнение реакции гидролиза лецитина.

124. Напишите уравнение реакции гидрирования трилинолеина.

125. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:

а) $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$;

б) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{14} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$.

в) ацетилен \rightarrow бензол \rightarrow бромбензол \rightarrow фенол \rightarrow фенолят натрия \rightarrow этилфениловый эфир;

г) уксусная кислота \rightarrow ацетат аммония \rightarrow амид уксусной кислоты \rightarrow уксусная кислота \rightarrow ацетат натрия \rightarrow метан;

д) ацетилен → щавелевая кислота → муравьиная кислота → угольная кислота;

е) бутен-1 → бутанол-2 → бутанон-2 → бутанол-2 → бутен-2;

ж) пропен-2-ол-1 → пропеналь → пропеновая кислота → метиловый эфир пропеновой кислоты;

з) толуол → бензойная кислота → хлорангидрид бензойной кислоты → этилбензоат;

и) бутан → уксусная кислота → хлорангидрид уксусной кислоты → этилацетат → ацетат натрия.

Углеводы

126. Рассмотрите стереоизмерию моносахаридов. Напишите формулы *L*- и *D*-известных стереоизомеров галактозы.

127. Покажите структурную изомерию моносахаридов. Напишите структурные формулы альдогексозы, альдопентозы, кетогексозы, кетопентозы.

128. Какой процесс называется мутаротацией? Напишите уравнения реакций перехода α , *D*-глюкозы и α , *D*-фруктозы в соответствующие β -формы.

129. Охарактеризуйте таутомерию моносахаридов. Покажите таутомерию рибозы, фруктозы, глюкозы.

130. Сколько разных озонов могут образовывать *D*-пентозы? Классифицируйте эти озоны с точки зрения оптической изомерии.

131. Напишите α - и β -пиранозные, α - и β -фуранозные формы: а) глюкозы; б) фруктозы. Отметьте в них асимметрические углеродные атомы.

132. Рассмотрите сущность эпимеризации моносахаридов. Почему эпимерные альдозы (глюкоза, манноза и фруктоза) дают одинаковые озоны? Напишите уравнения реакций.

133. Объясните, почему у свежеприготовленного раствора *D*-рибозы происходит в течение некоторого времени изменение угла вращения.

134. Напишите названия всех шести форм *D*-глюкозы и приведите формулу одной из циклических форм.

135. Перечислите способы получения моносахаридов. Напишите схему промышленного способа получения глюкозы.

136. Приведите схемы реакций окисления глюкозы: а) окислитель – хлорная (или бромная) вода; б) окислитель – концентрированная азотная кислота.

137. Напишите схему реакции *D*-глюкозы с синильной кислотой с последующим гидролизом. Назовите продукты реакции.

138. Напишите схему получения оксима фруктозы.

139. Напишите схемы реакций восстановления: а) глюкозы; б) фруктозы.

140. Напишите схему взаимодействия β -*D*-фруктопиранозы с пропиловым спиртом (в присутствии сухого хлористого водорода как катализатора).

141. Как реагирует α -*D*-галактопираноза с избытком уксусного ангидрида? Напишите уравнение реакции.

142. Напишите схему получения α -*D*-метилгалактопиранозида. В какой среде данное соединение гидролизуется?

143. Напишите схему образования сахарозы. Характерна ли для нее мутаротация?

144. Напишите схему получения лактозы. Приведите другое название дисахарида по системе ИЮПАК.

145. В чем заключается явление инверсии? Что такое инвертный сахар?

146. Напишите схему взаимодействия мальтозы с синильной кислотой. Назовите полученный продукт.

147. Напишите схему получения α -*D*-метилмальтозида, α -*D*-метиллактозида.

148. Какой дисахарид – трегалоза или лактоза – образует озон? Напишите уравнение реакции.

149. Как реагирует сахароза с избытком уксусного ангидрида? Напишите уравнение реакции.

150. Почему лактоза и мальтоза восстанавливают реактив Фелинга, а сахароза не восстанавливает? Напишите уравнения реакций.

151. Напишите схему получения: а) оксима целлобиозы; б) оксима лактозы.

152. Какие монозы получают при гидролизе мальтозы? Как их можно обнаружить? Напишите уравнения реакций.

153. Напишите уравнения реакций, при которых происходят следующие превращения:

сахароза \rightarrow сахарат кальция \rightarrow сахароза \rightarrow фруктоза.

154. Что такое гликоген? Какие типы гликозидных связей в нем имеются?

155. Напишите структурную формулу фрагмента клетчатки, используя формулу Хеурса. Какие вещества сопровождают клетчатку в древесине?

156. Укажите, чем отличается строение крахмала от строения клетчатки. Приведите структурные формулы.

157. Чем отличается амилаза от амилопектина по строению и свойствам? Напишите уравнение реакции образования трисахарида из трех молекул глюкозы, соединенных между собой по мальтозному типу.

158. Что общего в строении крахмала, гликогена и клетчатки?

159. Какие свойства сближают полисахариды с моносахаридами?

160. Напишите схемы гидролиза: а) крахмала; б) клетчатки. Какие промежуточные и конечные продукты образуются?

Аминокислоты и пептиды

161. Какие органические соединения называются аминами? Напишите структурные формулы следующих соединений: а) *втор*-бутиламин; б) дибутиламин; в) триизопропиламин; г) *трет*-бутиламин; д) изобутиламин; е) диметилэтиламин. Какие из них являются первичными, вторичными и третичными?

162. Напишите все возможные структурные формы аминов C_3H_9N и $C_4H_{11}N$. Укажите первичные, вторичные и третичные амины.

163. Напишите схемы реакций, с помощью которых из этилена можно получить: а) этиламин; б) пропиламин; в) триэтиламин; г) этилпропиламин; д) хлористый тетраэтиламмоний.

164. Напишите схемы реакций получения аминов на примерах из галогенпроизводных, восстановлением нитросоединений, амидов и нитрилов.

165. Из пропилового спирта получите метилпропиламин.

166. Напишите уравнения реакций: а) анилина с серной кислотой с образованием кислой соли; б) аммиака с серной кислотой с образованием средней соли.

167. Как будут реагировать с азотистой кислотой следующие соединения: а) этиламин; б) диэтиламин; в) триметиламин; г) хлорид анилина? Напишите схемы соответствующих реакций.

168. Напишите схемы реакций солеобразования, алкилирования и ацилирования на примере анилина.

169. Напишите схему реакции получения хлористого фенилдиазония при взаимодействии анилина с азотистой кислотой.

170. Покажите схематично электронное строение амидной группы. Объясните, почему амиды имеют слабые основные свойства.

171. Напишите схемы реакций получения ацетамида из: а) этилацетата; б) ацетата аммония; в) ацетонитрила.

172. Нарисуйте электронную схему строения (атомно-орбитальную модель) молекулы мочевины.

173. Напишите уравнение реакции гидролиза мочевины.

174. Напишите уравнения реакции образования солей из: а) мочевины и уксусной кислоты; б) мочевины и щавелевой кислоты; в) мочевины и азотной кислоты.

175. Напишите проекционные формулы оптических изомеров для следующих аминокислот: аланина, лизина, гистидина, аспарагиновой кислоты.

176. Напишите структурные формулы изомерных аминокислот состава: а) $C_3H_7O_2N$; б) $C_4H_9O_2N$. Укажите аминокислоты лишь с первичной аминогруппой.

177. Напишите в виде биополярных ионов формулы следующих аминокислот: а) β -аминопропионовой; б) α -аминопропионовой; в) γ -аминомасляной.

178. Для аминокислот лизина и аспарагиновой кислоты напишите уравнения реакции взаимодействия с HCl и $NaOH$.

179. Напишите схему реакции образования сложного эфира из триптофана и этанола. Укажите условия проведения реакции.

180. Напишите схемы реакций декарбоксилирования лизина и орнитина.

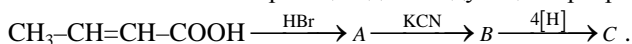
181. Какие соединения получаются при нагревании α -, β -, γ -аминовалериановых кислот? Напишите схемы реакций.

182. Какие способы известны для получения α -аминопропионовой кислоты? Приведите уравнения реакций.

183. Напишите схемы образования двух возможных дипептидов из молекул: а) валина и тирозина; б) аланина и цистеина; в) аланина и аспарагиновой кислоты; г) серина и цистеина; д) триптофана и валина; ж) глутаминовой кислоты и фенилаланина.

184. Напишите реакции взаимодействия аланина: а) с HCl ; б) с $NaOH$; в) с HNO_2 .

185. Напишите химические реакции для следующих превращений:



186. Напишите уравнение реакций между азотистой кислотой и следующими соединениями: а) лейцином; б) изолейцином; в) метионином.

187. Напишите уравнения химических реакций, характеризующие свойства триптофана.

188. Напишите уравнения гидролиза: а) аланил-глицина; б) фенил-аланил-серина; в) серил-цистеина; г) триптофил-серина; д) глицил-триптофана.

189. Какое количество различных по структуре трипептидов может быть получено при поликонденсации следующих групп аминокислот при условии, что каждая аминокислота входит в состав трипептида один раз:

- а) фенилаланина, тирозина и глицина;
- б) серина, цистина и гистидина;
- в) аспарагиновой аминокислоты, тирозина и гистидина;
- г) глутаминовой аминокислоты, тирозина и цистеина;
- д) лизина, триптофана и цистеина;
- е) серина, цистина и цистеина;
- ж) цистеина, цистина и аланина;
- з) аланина, триптофана и орнитина;
- и) аргинина, лизина и пролина;
- к) валина, триптофана и метионина.

Напишите схемы реакции получения трипептидов из представленных аминокислот и дайте им названия.

190. Объясните первичную, вторичную и третичную структуры белковых молекул.

Гетероциклические соединения

191. Рассмотрите пиррол как ароматическую систему. Нарисуйте схему электронного строения (атомно-орбитальную модель) молекулы пиррола и поясните, почему он обладает ароматическими свойствами. Основность пиррола и пирролидина.

192. Рассмотрите пиридин как ароматическую систему. Нарисуйте схему электронного строения (атомно-орбитальную модель) молекулы пиридина и поясните, почему он обладает ароматическими свойствами. Основность пиридина в сравнении с основностью пиррола. Сравните на примере реакций замещения реакционную способность ядра пиридина и бензола.

193. Рассмотрите имидазол как ароматическую систему. Нарисуйте схему электронного строения (атомно-орбитальную модель) молекулы имидазола. Нумерация атомов в ядре. Раскройте реакционную способность имидазола. Гистидин и гистамин.

194. Рассмотрите пиримидин как ароматическую систему. Нарисуйте схему электронного строения (атомно-орбитальную модель) молекулы пиримидина. Укажите нумерацию атомов и распределение электронной плотности в ядре. Производные пиримидина: цитозин, урацил и тимин.

195. Рассмотрите пурин как ароматический гетероцикл: нумерация атомов в ядре, реакционная способность пурина. Получите производные пурина: аденин, гуанин. Мочевая кислота. Кофеин.

196. Охарактеризуйте группу птеридина. Рассмотрите птеридин как ароматический гетероцикл: нумерация атомов в ядре и реакционная способность. Рибофлавин и фолиевая кислота.

197. Напишите схемы реакций образования нуклеотидов из:

- а) аденина, β -*D*-рибозы и H_3PO_4 ;
- б) аденина, β -*D*-2-дезоксирибозы и H_3PO_4 ;
- в) цитозина, β -*D*-рибозы и H_3PO_4 ;
- г) цитозина, β -*D*-2-дезоксирибозы и H_3PO_4 ;
- д) урацила, β -*D*-рибозы и H_3PO_4 ;
- е) урацила, β -*D*-2-дезоксирибозы и H_3PO_4 ;
- ж) тимина, β -*D*-рибозы и H_3PO_4 ;
- з) тимина, β -*D*-2-дезоксирибозы и H_3PO_4 ;
- и) гуанина, β -*D*-рибозы и H_3PO_4 ;
- к) гуанина, β -*D*-дезоксирибозы и H_3PO_4 .

198. Рассмотрите строение нуклеиновых кислот, ДНК и РНК. Покажите схематично фрагменты молекул ДНК и РНК, состоящие не менее чем из четырех нуклеотидов.

199. Покажите схематично первичную структуру нуклеиновых кислот.

200. Вторичная структура нуклеиновых кислот. Правило Чаргаффа. Возможные типы водородных связей между молекулами: а) аденина и тимина; б) гуанина и цитозина.

Витамины

201. Витамины. Определение, общая характеристика, биологическое назначение. Номенклатура и классификация.

202. Общая характеристика водорастворимых витаминов.
203. Общая характеристика жирорастворимых витаминов.
204. Витамин А.
205. Витамин F. Состав, биологическая роль, патобиохимия и источники витамина.
206. Понятие антивитаминов. Механизм их действия (приведите примеры).
207. Витамины группы D.
208. Витаминоподобные вещества (В₁₅, инозит).
209. Витамин E. Участие витамина в обмене веществ. Источники.
210. Витамин В₁. Участие витамина в обмене веществ, клинические проявления тиаминовой недостаточности.
211. Витамин В₂. Химическая структура, коферментная функция, патобиохимия, источники.
212. Понятие витаминов, провитаминов, антивитаминов.
213. Витамин В₃.
214. Заболевания, возникающие при отсутствии, недостатке или избытке витаминов в организме. Приведите примеры.
215. Витамин В₅. Химическая структура, участие в обмене веществ, проявление витаминной недостаточности и источники.

Ферменты

216. Методы выделения и очистки ферментов.
217. Определение ферментативной активности. Единицы активности.
218. Механизм действия ферментов. Факторы, от которых зависит каталитическая активность ферментов.
219. Влияние температур на каталитическую активность ферментов.
220. Основные свойства ферментов.
221. Уравнение реакции синтеза дипептида аланилвалина. Фермент, катализирующий эту реакцию.
222. Два типа окислительно-восстановительных реакций, характерных для организма. Механизм действия оксигеназ и дегидрогеназ на примере восстановления фумаровой кислоты в янтарную и окисление этанола в уксусную кислоту.
223. Влияние реакции среды на активность ферментов. Напишите уравнение реакции изомеризации глюкозо-6-фосфат во

фруктозо-6-фосфат. Классифицируйте фермент, катализирующий эту реакцию.

224. Понятие проферментов, изоферментов, мультиферментных систем. Приведите примеры. Напишите уравнение реакции ферментативного гидролиза мальтозы, назовите фермент и определите его класс.

225. Реакции, в результате которых в организме образуется углекислый газ. Напишите уравнение реакции декарбоксилирования пировиноградной кислоты.

226. Кинетика и механизм действия ферментативных реакций.

227. Макроэргические соединения и их роль в энергетическом обмене клетки. Приведите примеры этих соединений.

228. Дыхательная цепь ферментов. Приведите схему. Укажите причины. На каких этапах перехода электронов по дыхательной цепи образуются АТФ.

229. Как влияет концентрация фермента и субстрата на скорость ферментативной реакции? Напишите уравнение реакции образования глюкозо-6-фосфата из глюкозы.

230. Назначение ферментов дыхательной цепи ферментов. Какие конечные продукты окисления веществ образуются в организме?

231. Специфичность действия ферментов. Виды специфичности. Напишите уравнение реакции превращения пировиноградной кислоты в аланин в присутствии аммиака.

232. Свободное окисление и окисление, сопряженное с фосфорилированием. Их связь и значение для организма.

233. Дыхательная цепь ферментов. Приведите схему. Укажите точки образования АТФ.

234. Охарактеризуйте класс лиаз. Напишите уравнение реакции расщепления фруктозо-1,6-дифосфата до диоксиацетонфосфата и 3-фосфоглицеринового альдегида.

235. Понятие обмена веществ, анаболизма, катаболизма, основного обмена, продуктивного обмена. Как изменяется соотношение процессов ассимиляции и диссимиляции у растущих животных?

Гормоны

236. Гормоны. Определение. Классификация по химической природе (3 группы). Биологическая роль тироксина.

237. Классификация гормонов по месту синтеза. Инсулин и его участие в регуляции обмена углеводов.

238. Какие кортикостероиды вырабатываются в организме и каково их влияние на обмен веществ?

239. Механизм действия гормонов белковой и пептидной природы. Вазопрессин и окситоцин, их биологическая роль.

240. Что общего в механизме действия гормонов белковой и стероидной природы. Адреналин и норадреналин. Место биосинтеза, химическая природа, биологическая роль.

241. Гормоны щитовидной железы. Структура, свойства, роль.

242. Женские половые гормоны. Место синтеза, химическая природа, биологическая роль.

243. Паратгормон и кальцитонин. Химическая природа, значение для обмена веществ.

244. Мужские половые гормоны. Структура, биологическая роль.

245. Гормоны передней доли гипофиза. Биологическая роль.

Обмен веществ

246. Пентофосфатный путь окисления углеводов, его значение для организма. Напишите уравнение реакции образования седогептулозы-7-фосфат и 3-фосфоглицеринового альдегида.

247. В каких отделах ЖКТ, с участием каких ферментов и до каких веществ происходит гидролиз углеводов? Приведите схему гидролиза крахмала.

248. Где и с участием каких механизмов происходит процесс всасывания моносахаридов в ЖКТ? Напишите уравнение реакции фосфорилирования фруктозы.

249. В чем заключается биологическое значение гликогена? Напишите реакцию фосфорилиза гликогена.

250. Особенности переваривания углеводов у многокамерных животных. Виды брожения.

251. Глюконеогенез. Его значение для организма. Напишите структурные формулы гликогена и соединений, из которых возможен его синтез.

252. Анаэробное окисление моносахаридов. Его ключевые реакции и значение для живой клетки.

253. Напишите схему окисления глюкозы до молочной кислоты. Приведите обоснованный расчет энергетического баланса гликолиза и гликогенолиза.

254. Аэробное окисление углеводов. Значение цикла Кребса для живого организма. Напишите уравнения реакций ЦТК, связанных с процессом окислительного фосфорилирования.

255. Опишите амфиболическую и водородную функцию цикла трикарбоновых кислот. Приведите структурные формулы основных метаболитов ЦТК.

256. Напишите структурные формулы метаболитов, связывающих обмен жиров и углеводов. Напишите схему синтеза глицерина.

257. В виде каких метаболитов включаются белки, жиры и углеводы в ЦТК? Напишите схемы реакций окисления с последующим включением в ЦТК: а) аспарагиновой, б) глутаминовой, в) молочной, г) масляной кислот.

258. Какие конечные продукты образуются при окислении молекулы пировиноградной кислоты в аэробных условиях? Приведите уравнение реакции окислительного декарбоксилирования пирувата. Как на течение этой реакции влияет недостаток витамина В₁ в организме?

259. Какие вещества может использовать организм для биосинтеза гликогена и почему? Напишите схему синтеза гликогена из глюкозы.

260. Роль клетчатки в питании животных, особенности ее превращения у различных видов животных. Напишите схему реакций ферментативного гидролиза целлюлозы.

261. Значение гетерополисахаридов для живых организмов. Напишите структурные фрагменты молекул хондронтинсульфата, гепарина, гиалуроновой кислоты.

262. Опишите механизм ферментативного расщепления белка в ЖКТ животных. Напишите уравнения реакций поэтапного расщепления: а) фенилаланилвалилцистеина; б) тирозилсериллейцина.

263. Особенности превращения белков у многокамерных животных. Напишите схему реакций переваривания молочной кислоты в аланин.

264. Процесс микробиального синтеза белка. Напишите схему реакций включения мочевины в микробиальный синтез аминокислот на примере синтеза глутаминовой кислоты.

265. Превращение циклических аминокислот в толстом отделе ЖКТ животных. Напишите схему реакции превращения триптофана в скатол и его обезвреживания с помощью ФАФС.

266. Факторы, определяющие пищевую полноценность белка. Напишите формулы незаменимых аминокислот.

267. Структура и биологическая роль гемоглобина. Приведите схему распада гема до конечных продуктов и укажите пути удаления их из организма.

268. Реакции внутриклеточного распада аминокислот. Напишите уравнение реакции переаминирования между: а) щавелевоуксусной кислотой и аланином; б) α -кетоглутаровой и щавелевоуксусной кислотами; г) пировиноградной кислотой и серином; д) фенилаланином и α -кетоглутаровой кислотой.

269. Опишите роль аспарагиновой и глутаминовой кислот в процессах детоксикации аммиака. Напишите уравнение реакции синтеза: а) аспарагина; б) глутамина.

270. Опишите процессы дезаминирования аминокислот на примере дезаминирования: а) аспарагиновой кислоты; б) аланина; г) триптофана; д) фенилаланина; е) глицина; ж) серина; з) треонина.

271. Какие вещества образуются при декарбоксилировании аминокислот, какое биологическое действие они оказывают на организм? Напишите уравнение реакции декарбоксилирования: а) гистидина; б) цистеина; в) лизина; г) орнитина; д) гистидина; е) фенилаланина; ж) триптофана.

272. Напишите уравнения реакций основных путей образования аминокислот в организме на примере синтеза: а) аланина; б) аспарагиновой кислоты; в) глутаминовой кислоты; г) серина.

273. Опишите механизм биосинтеза белка. Напишите схему активации: а) серина; б) гистидина; в) валина; г) лейцина; д) метионина.

274. Напишите уравнения реакций основных путей обезвреживания аммиака в организме.

275. Опишите патологические процессы, происходящие в организме при нарушении белкового обмена. Напишите уравнения реакций обезвреживания этиламина.

276. Конечные продукты азотистого обмена у животных, птицы и рыбы. Какие аминокислоты участвуют в процессе обезвреживания аммиака в организме и каким образом?

277. Объясните, с чем связано образование мочевой кислоты у птиц как конечного продукта азотистого обмена.

278. Резервные жиры организма. Их состав и значение для организма животных. Влияет ли фактор кормления на состав резервных

жиров и каким образом? Напишите схему реакций синтеза линолено-стеаринобутирата.

279. Липиды кормов и кормовых средств. Приведите схему гидролиза лецитина и укажите пути дальнейшего использования продуктов гидролиза в организме животного.

280. Опишите процесс переваривания нейтральных жиров ЖКТ сельскохозяйственных животных. Напишите поэтапный гидролиз конкретного жира.

281. Желчные кислоты, их строение и участие в процессе переваривания жиров. Опишите механизм всасывания жирных кислот. Приведите структурные формулы основных желчных кислот.

282. Особенности переваривания липидов у новорожденных животных. Напишите уравнение реакции гидролиза пальмитостеарина и укажите пути использования продуктов гидролиза в организме.

283. Фосфолипиды, их состав, строение и участие в метаболизме. Напишите схему поэтапного гидролиза кефалина, содержащего остатки пальмитиновой и олеиновой кислот.

284. Какие вещества являются общими для всех фосфолипидов? Укажите источники их поступления в клетку. Напишите уравнение синтеза серилфосфатида.

285. Какие конечные продукты образуются в результате β -окисления жирных кислот с нечетным числом атомов углерода? Раскройте этот вопрос на примере β -окисления валериановой кислоты.

286. Особенности переваривания липидов в преджелудках жвачных животных. Напишите уравнения реакции гидрирования олеиновой кислоты.

287. Опишите механизм ресинтеза жира в слизистой кишечника на примере поэтапного синтеза олеодистеарина. Укажите различия в процессах ресинтеза в слизистой ЖКТ и тканевого синтеза жиров.

288. Как влияют поступающие с кормом холестерол и жирные кислоты на биосинтез холестерина в организме?

289. Пути использования организмом жирных кислот, поступающих в ткани из ЖКТ. Напишите уравнение реакции активирования пальмитиновой и уксусной кислот.

290. Пропишите схему реакций β -окисления: а) капроновой, б) масляной, в) каприловой кислот и рассчитайте энергетический баланс их окисления, учитывая последующее окисление остатков уксусной кислоты в реакциях ЦТК.

291. Укажите необходимые условия и пропишите цитоплазматический биосинтез: а) масляной, б) капроновой, в) каприловой кислот.

292. Напишите уравнения реакций образования кетоновых тел в организме. Каковы причины и последствия усиленного синтеза этих веществ в организме?

293. Напишите схему реакций внутриклеточного перехода от обмена углеводов к обмену жиров на примере синтеза глицерина.

294. Напишите схему реакций внутриклеточного превращения продуктов окисления жиров в аминокислоты на примере синтеза аланина.

295. Напишите схему реакций поэтапного биосинтеза: а) олеопальмитостеарина; б) пальмитодистеарина; в) олеинодипальмитина.

296. Составьте схему гидролиза нуклеиновых кислот в желудочно-кишечном тракте. Напишите уравнение гидролиза гуаниловой кислоты.

297. Какие продукты расщепления нуклеиновых кислот образуются и всасываются в желудочно-кишечном тракте? Напишите гидролиз адениловой кислоты.

298. Механизм биосинтеза пуриновых оснований. Какие вещества служат источниками атомов углерода и азота при образовании пуринового ядра? Напишите формулы этих веществ и пуриновых оснований.

299. Механизм синтеза пиримидиновых оснований. Напишите формулы веществ, необходимых для синтеза пиримидиновых оснований, формулы пиримидиновых оснований.

300. Напишите структурные формулы нуклеотидов, входящих в молекулу ДНК. Опишите механизм образования полинуклеотидов.

301. Напишите схему реакций тканевого гидролиза уридиновой и тимидиновой кислот. Как организм использует конечные продукты гидролиза?

302. Напишите схему реакций образования конечных продуктов распада пуриновых и пиримидиновых оснований.

303. Структура, свойства, роль воды в обмене веществ. Напишите уравнение реакции дегидратации яблочной кислоты.

304. Опишите механизм участия воды в гидратации белков. Приведите примеры реакций с участием эндогенной и экзогенной молекулы воды.

305. Укажите источники поступления воды для живого организма и возрастные изменения количества свободной и иммобилизированной воды в тканях.

306. Понятие кислотно-основного равновесия. Какие гормоны регулируют водно-солевой обмен в организме животных. Ацидоз, алкалоз.

307. Приведите сравнительную характеристику электролитного состава различных тканей (крови, мышечной, нервной).

308. Опишите участие в обмене веществ химического элемента: а) калия; б) натрия; в) кальция; г) магния; д) фосфора; е) серы; ж) железа; з) йода; и) кобальта; к) селена; л) марганца; м) цинка. Какие патологии возникают при нарушении обмена данного элемента?

309. Приведите конкретные примеры применения макро- и микроэлементов в зоотехнии и ветеринарии.

Функциональная биохимия

310. Химический состав крови животных. Приведите сравнительную характеристику изменений в составе крови в зависимости от возраста и физиологического состояния организма.

311. Составьте формулы буферных систем крови. Раскройте механизм их действия на примере гемо- и оксигемоглобинового буфера.

312. Определение каких показателей крови составляет общую биохимическую картину крови и почему?

313. Основные белки крови, их биологическое назначение.

314. Промежуточные продукты обмена липидов, белков и углеводов в крови и пути их удаления из крови.

315. Форменные элементы крови. Особенности обмена веществ в них.

316. Роль ферментов лейкоцитов в фагоцитарной функции крови. Напишите уравнение реакции гидролиза трипептида аспарагиллейцилаланина.

317. Приведите сравнительную характеристику химического состава плазмы крови и мочи.

318. Диагностическое значение определения химического состава мочи. Какие вещества появляются в моче при нарушении обмена жиров, белков и углеводов? Напишите уравнение реакции декарбоксилирования ацетоксусной кислоты.

319. Пропишите схемы реакций образования составляющих компонентов мочи: гипуровой кислоты; аммонийных солей; мочевой кислоты; орнитуровой кислоты.

320. Особенности обмена веществ в мышечной ткани. Напишите уравнение реакции образования молочной кислоты и укажите пути ее использования организмом.

321. Приведите характеристику основных белков мышц. Напишите уравнение реакции биосинтеза глицилтриптофана.

322. Опишите химизм мышечного сокращения. Напишите схему реакции синтеза актомиозина.

323. Укажите возможные источники энергообеспечения работающей мышцы. Напишите уравнения реакций перефосфорилирования молекул АДФ.

324. Опишите участие ионов кальция, калия, магния в процессах мышечного сокращения. Напишите уравнение реакции синтеза креатинфосфата.

325. Опишите процессы, происходящие в тканях после убоя животного. Напишите уравнения реакций образования фосфорной и молочной кислот в тканях.

326. Участие клеток печени в белковом обмене организма. Напишите уравнение реакции синтеза глутатиона.

327. Участие клеток печени в углеводном обмене. Напишите уравнение реакции изомеризации монозы в глюкозу с последующим ее фосфорилированием.

328. Участие клеток печени в липидном обмене. Напишите схему реакций биосинтеза кефалина, содержащего остатки линолевой и линоленовой кислот.

329. Опишите роль печени как депо минеральных веществ и витаминов. Напишите уравнение реакции превращения β -каротина в две молекулы витамина А.

330. Опишите детоксикационную функцию печени. Напишите уравнение реакции обезвреживания крезола.

331. Изменение концентрации или появление каких веществ в крови наблюдается при нарушении функций печени. Напишите уравнение образования орнитуровой кислоты.

332. Приведите сравнительную характеристику химического состава различных отделов нервной системы. Напишите уравнение реакции, катализируемое карбоангидразой. Объясните механизм ее действия.

333. Особенности обмена белков, углеводов и липидов в нервной ткани. Приведите примеры реакций, катализируемых: а) пероксидазой; б) пируватдегидрогеназной системой ферментов; в) глутаматдекарбоксилазой.

334. Химическая теория передачи нервного импульса. Напишите схему реакции синтеза с последующим инактивированием: а) ацетилхолина; б) серотонина; в) γ -аминомасляной кислоты (ГАМК).

335. Приведите сравнительную характеристику химического состава молока и молозива. Напишите уравнение реакции синтеза конкретного трипептида.

336. Какие вещества служат первоисточником при биосинтезе белков, жиров и углеводов молока. Напишите схему реакций синтеза: а) олеопальмитобутирата; б) лактозы; в) глицилизолейциласпарагилвалина.

337. Биологическое назначение молока и молозива. Изменение химического состава молока и свойств молока в течение лактации.

338. Химический состав и биологическое назначение яйца. Напишите схему реакций поэтапного гидролиза тирозилвалилцистеина.

339. Биосинтез составных частей яйца.

340. Напишите уравнение реакции взаимодействия холестерина и пальмитиновой кислоты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Березов, Т. Т. Биологическая химия: учебник / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. – Москва: Медицина, 1998. – 704 с.
2. Белясова, Н. А. Биохимия и молекулярная биология: учеб. пособие / Н. А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
3. Биохимия животных: учебник / А. В. Чететкин [и др.]; под ред. проф. А. В. Чететкина. – Москва: Высш. шк., 1982. – 511 с.
4. Грандберг, И. И. Органическая химия: учебник / И. И. Грандберг. – 6-е изд, стереотип. – Москва: Дрофа, 2004. – 672 с.
5. Зайцев, С. Ю. Биохимия животных / С. Ю. Зайцев. – Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2004. – 382 с.
6. Кольман, Я. Наглядная биохимия / Я. Кольман, К.-Г. Рем; пер. с нем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
7. Кононский, А. И. Биохимия животных: учебник / А. И. Кононский. – Киев: Выщ. шк., 1980. – 432 с.
8. Кудряшов, Л. С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов / Л. С. Кудряшов. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 160 с.
9. Метревели, Т. В. Биохимия животных / Т. В. Метревели. – Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2004. – 295 с.
10. Микробиологический анализ мяса, птицы и яйцепродуктов / Дж. К. Мид; под ред. Дж. К. Мида; пер. с англ. И. С. Горожанкиной. – М.: Профессия, 2009. – 384 с.
11. Николаев, А. Я. Биологическая химия: учебник / А. Я. Николаев. – М.: Мед. информ. агентство, 2004. – 566 с.
12. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: учебник для вузов / В. И. Слесарев. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2001.
13. Хазипов, Н. З. Биохимия животных: учебник / Н. З. Хазипов, А. Н. Аскарова. – Казань: КГАВМ, 2003. – 312 с.
14. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие / А. Р. Цыганов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
15. Цыганов, А. Р. Биохимия. Практикум: учеб. пособие / А. Р. Цыганов, И. В. Сучкова, И. В. Ковалёва. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 150 с.
16. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 234 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ И ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ.....	5
Тема 1. Теоретические основы органической химии.....	13
Тема 2. Витамины.....	22
Тема 3. Ферменты.....	26
Тема 4. Гормоны.....	30
Тема 5. Обмен веществ и энергии. Биологическое окисление.....	31
2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.....	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	65

Учебное издание

Поддубная Ольга Владимировна
Ковалёва Ирина Владимировна
Мохова Елена Владимировна

ХИМИЯ

ОРГАНИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Методические указания по выполнению
модульно-рейтинговых заданий

Редактор *О. Г. Толмачёва*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 30.04.2019. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 3,95. Уч.-изд. л. 3,28.
Тираж 60 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.