

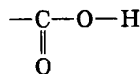
си веществ добавили избыток водного раствора гидрокарбоната натрия. При этом выделилось 3,36 л газа (н.у.). Определите качественный и количественный состав смеси, полученной в результате окисления спирта А.

*27-54. Раствор формальдегида в смеси уксусной и муравьиной кислот массой 1,82 г может полностью прореагировать с 18,9 мл 6,0% -ного раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,06 г/мл), а полученный при этом раствор выделяет при нагревании с избытком водно-аммиачного раствора оксида серебра 8,64 г осадка. Установите молярные доли компонентов в исходной смеси.

ГЛАВА 28

Карбоновые кислоты и их производные

Карбоновыми кислотами называют соединения, содержащие карбоксильную группу



Карбоксильная группа —COOH формально представляет собой сочетание карбонильной —CO— и гидроксильной —ОН групп, которые взаимно влияют друг на друга. В группе —CO— атом углерода несет частичный положительный заряд и притягивает к себе неподеленную электронную пару атома кислорода в группе —ОН. При этом электронная плотность на атоме кислорода уменьшается и связь O—H ослабевает. В свою очередь, группа —ОН «гасит» положительный заряд на группе —CO—, которая из-за этого теряет способность к реакциям присоединения, характерным для карбонильных соединений.

Атом углерода в группе —COOH находится в высокой степени окисления +3 (кроме муравьиной кислоты HCOOH), поэтому многие способы получения карбоновых кислот основаны на окислении различных классов органических соединений: алкенов, алкинов, первичных спиртов, альдегидов, гомологов бензола. Другие способы получения основаны на гидролизе соединений, в которых атом углерода уже имеет степень окисления +3: нитрилов RCN и тригалогенпроизводных углеводородов RHal₃.

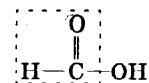
Карбоновые кислоты — более сильные кислоты, чем спирты. В водном растворе карбоновые кислоты диссоциируют:



Для них характерны обычные свойства неорганических кислот. Все карбоновые кислоты — слабые по сравнению с сильными неорганическими кислотами.

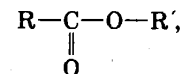
Сила кислот во многом определяется характером радикала, связанного с группой —COOH. Электроноакцепторные радикалы (такие, как CCl₃), оттягивающие электронную плотность от карбоксильной группы, увеличивают силу кислоты. Напротив, электронодонорные радикалы (такие, как CH₃), увеличивающие электронную плотность на карбоксильной группе, уменьшают силу кислоты. Муравьиная кислота HCOOH — наименее слабая из предельных карбоновых кислот.

Муравьиной кислоте, в отличие от ее гомологов, присущи некоторые специфические свойства, связанные с наличием в ее молекуле альдегидной группы:

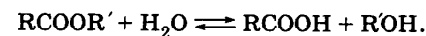


Так, муравьиная кислота вступает в реакцию «серебряного зеркала», окисляясь до CO₂ (точнее, до (NH₄)₂CO₃).

Важное свойство карбоновых кислот связано с превращением их карбоксильной группы —COOH в разнообразные функциональные производные, содержащие группу —COX, где X — атом галогена (в галогенангидридах) или группы —NH₂ (в амидах), —OR (в сложных эфирах), —OCOR (в ангидридах). Из всех функциональных производных карбоновых кислот наибольшее прикладное значение имеют сложные эфиры. Общая формула сложных эфиров

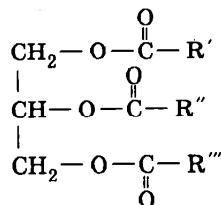


где R и R' — углеводородные радикалы (в сложных эфирах муравьиной кислоты R — атом водорода). Сложные эфиры образуются из спиртов при действии на них карбоновых кислот (или их производных — ангидридов и хлорангидридов). Главное химическое свойство сложных эфиров — способность к гидролизу. Гидролиз в кислой среде является обратимым:



В щелочной среде образующаяся кислота превращается в соль и гидролиз становится необратимым.

Особое значение имеют жиры, которые представляют собой природные сложные эфиры трехатомного спирта глицерина. Общая формула жиров:



Углеводородные радикалы R', R'', R''' могут быть как предельными, так и непредельными, однако в любом случае они содержат нечетное число атомов углерода.

Биологическая роль жиров состоит в том, что они являются одним из основных источников энергии живых организмов. Эта энергия выделяется при окислении жиров.

Рекомендуемая литература: [Кузьменко, Дрофа, 1997, § 24], [Кузьменко, ФКК, 1998, гл. 26, 27], [Фримантл, т. 2, с. 474—486], [Третьяков, § 92], [Еремина, 1998, § 25], [Потапов, гл. 12].

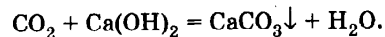
§ 28.1. Типовые задачи с решениями

Задача 28-1. Образец предельной одноосновной органической кислоты массой 3,7 г нейтрализовали водным раствором гидрокарбоната натрия. При пропускании выделившегося газа через известковую воду было получено 5,0 г осадка. Какая кислота была взята?

Решение. Запишем уравнение реакции нейтрализации:



Количество вещества выделившегося углекислого газа можно определить по реакции с известковой водой:



$$\nu(\text{CaCO}_3) = m/M = 5/100 = 0,05 \text{ моль}, \nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{CaCO}_3) = 0,05 \text{ моль}.$$

Согласно уравнению нейтрализации количество вещества кислоты равно количеству вещества углекислого газа: $\nu(\text{RCOOH}) = \nu(\text{CO}_2) = 0,05$ моль. Молярная масса кислоты равна: $M(\text{RCOOH}) = m/\nu = 3,7/0,05 = 74$ г/моль, откуда следует, что $M(\text{R}) = 74 - M(\text{COOH}) = 74 - 45 = 29$ г/моль, что соответствует радикалу C_2H_5 . Искомая кислота — пропионовая $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$.

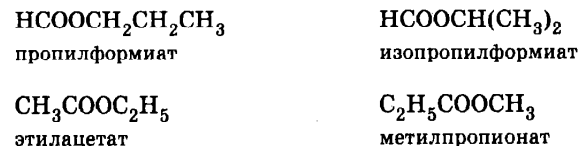
Ответ. $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$.

Задача 28-2. Напишите структурные формулы шести органических соединений состава $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$.

Решение. Формула $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ относится к ряду $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$, который описывает карбоновые кислоты и сложные эфиры. В состав молекул карбоновых кислот, имеющих формулу $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$, входят карбоксильная группа $-\text{COOH}$ и углеводородный радикал состава C_3H_7 . Поскольку существует два радикала C_3H_7 (пропил и изопропил), то кислот состава $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ две:



Сложные эфиры состава $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ имеют вид: RCOOR' , где R и R' — два углеводородных радикала с суммарной формулой C_3H_8 (R' не может быть атомом водорода, так как иначе получилась бы карбоновая кислота, а не сложный эфир). Существует четыре сложных эфира такого вида:



Всего существует более 70 соединений состава $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$, которые принадлежат к самым разным классам органических соединений, например циклические двухатомные спирты, альдегидо- и кетонспирты и т. д.

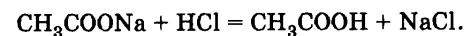
Ответ. Две кислоты и четыре сложных эфира.

Задача 28-3. Каким образом можно осуществить реакции:

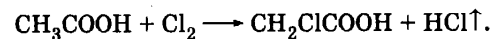


Напишите уравнения реакций.

Решение. Уксусная кислота — слабая, поэтому сильные кислоты вытесняют ее из ацетатов:

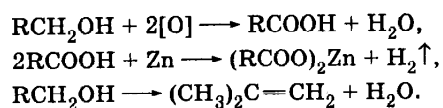


Уксусная кислота на свету реагирует с хлором:

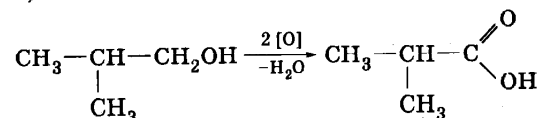


Задача 28-4. При окислении (без разрыва С—С связи) предельного одноатомного спирта получена кислота с выходом 80%. При действии на эту кислоту избытка цинка выделилось 4,48 л водорода (н. у.). Какая кислота была получена и каково ее количество вещества? Сколько граммов и какого спирта потребовалось, если известно, что при дегидратации спирта образуется 2-метилпропен?

Решение. Запишем уравнения и схемы реакций:



2-Метилпропен может быть получен при дегидратации 2-метилпропанола-1 (первичного спирта) или 2-метилпропанола-2 (третичного спирта). Так как по условию спирт окислен в кислоту без разрыва С—С связи, то был взят первичный спирт — 2-метилпропанол-1, при окислении которого образовалась 2-метилпропановая (изомасляная) кислота:

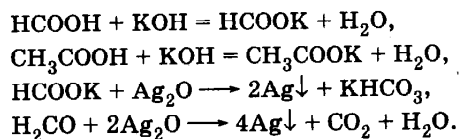


По уравнению растворения цинка в кислоте для получения 4,48 л водорода (0,2 моль) необходимо 0,4 моль изомасляной кислоты массой $0,4 \cdot 88 = 35,2$ г. Чтобы получить такое количество кислоты с выходом 80%, необходимо взять $0,4/0,8 = 0,5$ моль 2-метилпропанола-1 массой $0,5 \cdot 74 = 37$ г.

Ответ. 35,2 г изомасляной кислоты; 37 г 2-метилпропанола-1.

Задача 28-5. Раствор формальдегида в смеси уксусной и муравьиной кислот общей массой 2,33 г может полностью прореагировать с 18,7 мл 8,4%-ного раствора гидроксида калия (плотность раствора 1,07 г/мл), а полученный при этом раствор выделяет при нагревании с избытком водно-аммиачного раствора нитрата серебра 9,72 г осадка. Установите мольные доли компонентов в исходной смеси.

Решение. Запишем уравнения и схемы реакций:



(Обратите внимание на то, что формальдегид дает две реакции «серебряного зеркала» подряд, так как образующаяся при первоначальном окислении муравьиная кислота также дает реакцию «серебряного зеркала».)

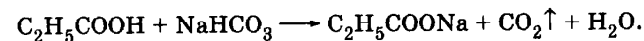
Пусть $\nu(\text{HCOOH}) = x$, $\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = y$, $\nu(\text{H}_2\text{CO}) = z$ моль. Из реакций с KOH следует: $\nu(\text{KOH}) = x + y = 18,7 \cdot 1,07 \cdot 0,084/56 = 0,03$ моль. Из реакций с Ag_2O следует: $\nu(\text{Ag}_2\text{O}) = 2x + 4z = 9,72/108 = 0,09$ моль. Масса смеси: $46x + 60y + 30z = 2,33$ г.

Решение системы трех уравнений дает: $x = 0,005$, $y = 0,025$, $z = 0,02$ моль.

Ответ. Мольные доли: 10% HCOOH, 50% CH_3COOH , 40% H_2CO .

Задача 28-6. Имеется 148 г смеси двух органических соединений одинакового состава $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$. Определите строение этих соединений и их массовые доли в смеси, если известно, что одно из них при взаимодействии с избытком гидрокарбоната натрия выделяет 22,4 л (н. у.) оксида углерода (IV), а другое не реагирует с карбонатом натрия и аммиачным раствором оксида серебра, но при нагревании с водным раствором гидроксида натрия образует спирт и соль кислоты.

Решение. Известно, что оксид углерода (IV) выделяется при взаимодействии гидрокарбоната натрия с кислотой. Кислота состава $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ может быть только одна — пропионовая $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$.



По условию выделилось 22,4 л CO_2 , что составляет 1 моль, значит, кислоты в смеси также было 1 моль. Молярная масса исходных органических соединений равна: $M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2) = 74$ г/моль, следовательно, 148 г составляют 2 моль.

Второе соединение при гидролизе образует спирт и соль кислоты, значит, это — сложный эфир:



Составу $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ отвечают два сложных эфира: этилформиат HCOOC_2H_5 и метилацетат $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$. Эфиры муравьиной кислоты реагируют с аммиачным раствором оксида серебра, поэтому первый эфир не удовлетворяет условию задачи. Следовательно, второе вещество в смеси — метилацетат.

3. Органическая химия

Поскольку в смеси было по одному молу соединений с одинаковой молярной массой, то их массовые доли равны и составляют 50%.

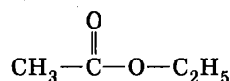
О т в е т. 50% $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$, 50% $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$.

Задача 28-7. Относительная плотность паров сложного эфира по водороду равна 44. При гидролизе этого эфира образуются два соединения, при сгорании равных количеств которых образуются одинаковые объемы углекислого газа (при одинаковых условиях). Приведите структурную формулу этого эфира.

Р е ш е н и е. Общая формула сложных эфиров, образованных предельными спиртами и кислотами, — $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$. Значение n можно определить из плотности по водороду:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2) = 14n + 32 = 44 \cdot 2 = 88 \text{ г/моль,}$$

откуда $n = 4$, т. е. эфир содержит четыре атома углерода. Поскольку при сгорании спирта и кислоты, образующихся при гидролизе эфира, выделяются равные объемы углекислого газа, то кислота и спирт содержат одинаковое число атомов углерода, по два. Таким образом, искомым эфиром образован уксусной кислотой и этанолом и называется этилацетат:



О т в е т. Этилацетат $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$.

Задача 28-8. При гидролизе сложного эфира, молярная масса которого равна 130 г/моль, образуются кислота А и спирт Б. Определите строение эфира, если известно, что серебряная соль кислоты содержит 59,66% серебра по массе. Спирт Б не окисляется дихроматом натрия и легко реагирует с хлороводородной кислотой с образованием алкилхлорида.

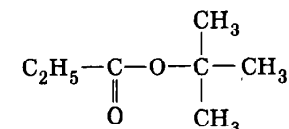
Р е ш е н и е. Сложные эфиры имеют общую формулу RCOOR' . Известно, что серебряная соль кислоты RCOOAg содержит 59,66% серебра, следовательно, молярная масса соли равна: $M(\text{RCOOAg}) = M(\text{Ag})/0,5966 = 181 \text{ г/моль}$, откуда $M(\text{R}) = 181 - (12 + 2 \cdot 16 + 108) = 29 \text{ г/моль}$. Этот радикал — этил C_2H_5 , а сложный эфир был образован пропионовой кислотой: $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOR}'$.

Молярная масса второго радикала равна: $M(\text{R}') = M(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOR}') - M(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}) = 130 - 73 = 57 \text{ г/моль}$. Этот радикал имеет молекулярную формулу C_4H_9 . По условию спирт $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ не окисляется

Глава 28. Карбоновые кислоты и их производные

$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и легко реагирует с HCl , следовательно, этот спирт — третичный $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$.

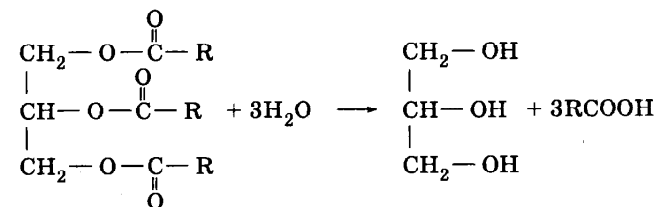
Таким образом, искомым эфиром образован пропионовой кислотой и *трет*-бутанолом и называется *трет*-бутилпропионат:



О т в е т. Трет-бутилпропионат.

Задача 28-9. При гидролизе 356 г жира, образованного одной карбоновой кислотой, образовалось 36,8 г глицерина. Установите структурную формулу жира.

Р е ш е н и е. Запишем уравнение гидролиза:

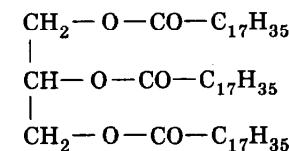


Найдем количество вещества глицерина: $\nu(\text{глиц}) = m/M = 36,8/92 = 0,4 \text{ моль}$. Количество вещества жира равно количеству глицерина. Зная массу жира, можно найти его молярную массу: $M(\text{жира}) = m/\nu = 356/0,4 = 890 \text{ г/моль}$.

$$890 = 2M(\text{CH}_2\text{OCO}) + M(\text{CHOCO}) + 3M(\text{R}) = 173 + 3M(\text{R}),$$

откуда можно найти молярную массу радикала, входящего в состав кислоты: $M(\text{R}) = (890 - 173)/3 = 239 \text{ г/моль}$. Методом перебора числа атомов углерода нетрудно установить, что такую молярную массу имеет радикал $\text{C}_{17}\text{H}_{35}$, который соответствует стеариновой кислоте.

Исходный жир имеет структуру:



О т в е т. Тристеарат глицерина.

§ 28.2. Задачи и упражнения

28-1. Напишите общие формулы гомологических рядов предельных карбоновых кислот и сложных эфиров.

28-2. Напишите структурные формулы всех карбоновых кислот состава $C_4H_8O_2$.

28-3. Какая простейшая карбоновая кислота имеет изомеры?

28-4. Приведите формулу органической кислоты, у которой число атомов водорода равно ее основности.

28-5. Напишите одну из возможных структурных формул ароматической кислоты, молекула которой содержит 10 атомов водорода.

28-6. Среди перечисленных ниже веществ выберите те, которые являются изомерами масляной (бутановой) кислоты: 2-метилпропаналь, метилформиат, этилацетат, 3-гидроксипропаналь, 2-метилпропановая кислота, циклобутанол.

28-7. Напишите структурную формулу простейшей одноосновной карбоновой кислоты, которая может существовать в виде двух оптических изомеров. Назовите это соединение.

28-8. Напишите структурные формулы всех предельных монокарбоновых кислот состава $C_7H_{14}O_2$, содержащих в главной цепи шесть атомов углерода.

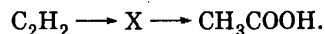
28-9. Напишите структурные формулы всех предельных дикарбоновых кислот состава $C_5H_8O_4$.

28-10. Напишите структурную формулу первого члена ряда предельных двухосновных кислот. Напишите общую формулу этого гомологического ряда.

28-11. Определите молекулярную формулу предельной карбоновой кислоты, содержащей 9,8% водорода по массе.

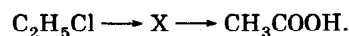
28-12. Приведите не менее трех химических реакций, в результате которых может быть получена уксусная кислота. Укажите необходимые условия протекания реакций.

28-13. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



Определите неизвестное вещество X.

28-14. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



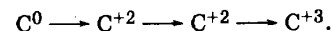
Определите неизвестное вещество X. Предложите два варианта решения.

28-15. При окислении каких первичных спиртов можно получить следующие кислоты: а) изомасляную; б) 2,3-диметилбутановую? Напишите схемы и уравнения реакций.

28-16. Какие кислоты можно получить при действии энергичных окислителей (например, хромовой смеси) на все изомерные алкены состава C_4H_8 ? Напишите схемы реакций.

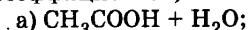
28-17. Напишите уравнения реакций получения пропионовой кислоты: а) окислением первичного спирта; б) окислением альдегида; в) из алкилгалогенида; г) гидролизом сложного эфира; д) гидролизом ангидрида кислоты.

*28-18. Напишите уравнения реакций, в результате которых степень окисления одного из атомов углерода изменяется следующим образом:



В уравнениях используйте структурные формулы и укажите искомым атом углерода.

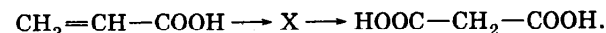
28-19. Какие два вещества вступили в реакцию, если при этом образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без коэффициентов):



Напишите уравнения реакций и укажите условия их протекания.

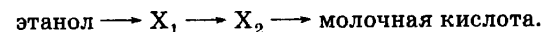
*28-20. Как можно получить пропионовую кислоту из бромэтана?

*28-21. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



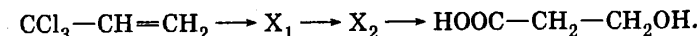
Определите неизвестное вещество X.

*28-22. Укажите, как с помощью трехстадийного синтеза можно получить 2-гидроксипропионовую (молочную) кислоту по следующей схеме:



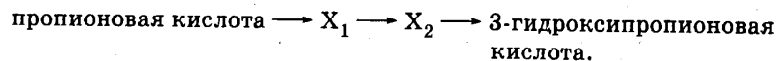
Напишите уравнения реакций, назовите промежуточные соединения.

*28-23. Укажите, как с помощью трехстадийного синтеза можно получить 2-гидроксипропионовую (молочную) кислоту по следующей схеме:



Определите промежуточные соединения и напишите уравнения реакций.

***28-24.** Укажите, как с помощью трехстадийного синтеза можно получить 3-гидроксипропионовую кислоту по следующей схеме:



Напишите уравнения реакций, определите промежуточные соединения.

28-25. Какой объем 70%-ной уксусной кислоты (плотность 1,07 г/мл) можно получить при окислении этанола массой 92 г?

28-26. Какой объем бутана (н. у.) теоретически необходим для получения 30 кг уксусной кислоты?

***28-27.** При взаимодействии ацетальдегида с сернистым раствором дихромата калия образовался раствор, в котором массовая доля уксусной кислоты равна 6,0%. Вычислите массовые доли остальных продуктов реакции в полученном растворе.

28-28. Какая масса ароматического углеводорода состава C_8H_{10} потребуется для получения из него (при действии водного раствора перманганата калия и последующем подкислении) 9,76 г вещества состава $C_7H_6O_2$, если окисление протекает с выходом 80%? Определите строение исходного ароматического углеводорода и продукта его окисления. Напишите уравнение реакции.

28-29. Для получения хлоруксусной кислоты было взято 75 г уксусной кислоты. Какая масса насыщенного раствора гидроксида кальция потребуется для нейтрализации продуктов реакции, прошедшей на 100%? Растворимость гидроксида кальция равна 0,165 г на 100 г воды.

28-30. Приведите пример органического соединения, которое может реагировать с магнием, гидроксидом магния, этанолом и хлором. Напишите уравнения реакций.

28-31. Расположите в ряд по увеличению кислотности следующие вещества: угольная кислота, уксусная кислота, хлоруксусная кислота, фенол. Обоснуйте ваш выбор.

28-32. Расположите в ряд по увеличению кислотности следующие соединения: а) CH_3COOH , $HCOOH$; б) CCl_3COOH , $Cl_2CHCOOH$, $ClCH_2COOH$; в) CH_3COOH , $BrCH_2COOH$, $ClCH_2COOH$.

28-33. Как можно доказать присутствие муравьиной кислоты в уксусной кислоте?

28-34. Как отличить раствор уксусной кислоты от: а) раствора этанола; б) соляной кислоты?

28-35. Какие вещества из перечисленных ниже могут вступать попарно в реакции? Напишите уравнения реакций и укажите усло-

вия, в которых они протекают. Метанол, уксусная кислота, гидроксид натрия, соляная кислота.

28-36. Кислородсодержащее соединение А имеет кислую реакцию водного раствора; оно реагирует со спиртами с образованием нерастворимых в воде жидкостей и обесцвечивает бромную воду. Приведите простейшую формулу, отвечающую соединению А, и уравнения всех реакций.

28-37. При окислении углеводорода А образуется соединение В в количестве вдвое большем, чем вещество А. При взаимодействии В с гидрокарбонатом натрия образуются вещество С и газ D. Приведите возможные формулы веществ А — D. Напишите уравнения всех реакций, о которых идет речь в задании.

28-38. Соединение А, широко используемое в быту, — белое твердое вещество, окрашивающее пламя в желтый цвет, мало растворимо в воде. При обработке водного раствора вещества А соляной кислотой выпадает осадок В, а при обработке такого же раствора А раствором бромида кальция образуется осадок С. Приведите формулы А, В, С и напишите уравнения реакций.

28-39. В трех пробирках находятся три водных раствора: уксусной кислоты, этанола и соляной кислоты. Опишите, как можно определить, где какой раствор находится. Приведите уравнения реакций.

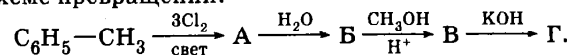
***28-40.** Легко полимеризующееся вещество А состава $C_3H_4O_2$ в реакции с гидроксидом бария образует соединение состава $C_6H_6BaO_4$, с бромоводородом — $C_3H_5BrO_2$, с этанолом в кислой среде — $C_5H_8O_2$. Напишите структурную формулу вещества А и уравнения реакций.

***28-41.** Соединение А $C_7H_6O_3$ с избытком гидроксида натрия или гидрокарбоната натрия образует соответственно продукты состава $C_7H_4Na_2O_3$ и $C_7H_5NaO_3$. В реакции с метанолом в присутствии серной кислоты А превращается в соединение состава $C_8H_8O_3$. Приведите возможные структуры А и напишите уравнения реакций.

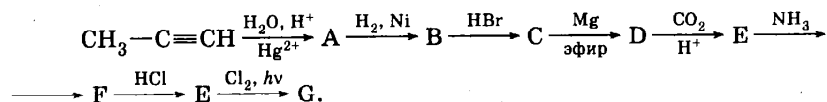
***28-42.** Приведите одну из возможных структур соединения А состава $C_4H_4O_4$, которое взаимодействует с этанолом в присутствии серной кислоты с образованием соединения состава $C_8H_{12}O_4$. При взаимодействии А с раствором брома в тетрахлорметане образуется вещество $C_4H_4Br_2O_4$. При окислении водным раствором перманганата калия вещество А превращается в соединение состава $C_4H_6O_6$. Напишите уравнения упомянутых реакций.

3. Органическая химия

28-43. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:

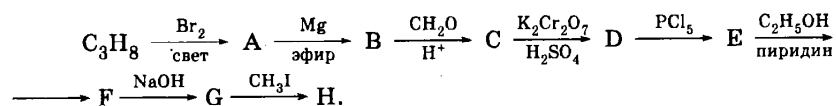


*28-44. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



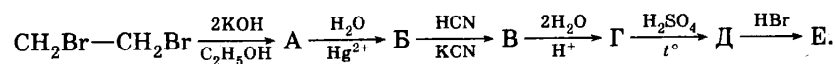
Определите неизвестные соединения и напишите их структурные формулы.

*28-45. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



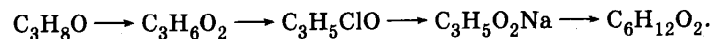
Определите неизвестные соединения и напишите их структурные формулы.

*28-46. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



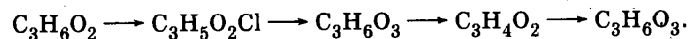
Назовите неизвестные вещества А — Е и напишите их структурные формулы.

*28-47. Напишите уравнения реакций (с указанием условий проведения), соответствующие следующей последовательности превращений:



В уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций.

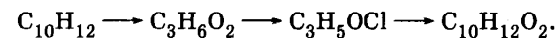
*28-48. Напишите уравнения реакций (с указанием условий проведения), соответствующие следующей последовательности превращений:



В уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций.

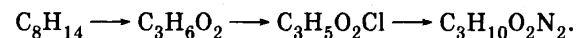
Глава 28. Карбоновые кислоты и их производные

*28-49. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



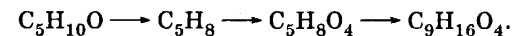
В уравнениях укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

*28-50. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



В уравнениях укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

*28-51. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



В уравнениях укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

28-52. Раствор уксусной кислоты массой 50 г нейтрализовали водным раствором гидрокарбоната натрия. При пропускании выделившегося газа через известковую воду было получено 7,5 г осадка. Найдите массовую долю уксусной кислоты в растворе.

28-53. Какой объем 10%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,09 г/мл) потребуется для нейтрализации смеси, состоящей из 1 г уксусной кислоты и 1 г муравьиной кислоты?

28-54. К 150 г 6%-ного водного раствора стеарата калия добавили 100 мл 0,2 М соляной кислоты. Вычислите массу образовавшегося осадка.

28-55. К 50 г 6%-ного раствора стеарата калия добавили 20 г 1%-ного раствора серной кислоты. Будет ли выделяться газ при добавлении гидрокарбоната натрия к отделенному водному раствору? Ответ подтвердите расчетом.

28-56. Раствор смеси муравьиной и уксусной кислот вступил во взаимодействие с 0,77 г магния. Продукты сгорания такого же количества смеси пропустили через трубку с безводным сульфатом меди. Масса трубки увеличилась на 1,8 г. Вычислите молярное соотношение кислот в исходном растворе.

28-57. При окислении 400 г водного раствора муравьиной кислоты аммиачным раствором оксида серебра образовалось 8,64 г осадка. Вычислите массовую долю кислоты в исходном растворе.

28-58. При сплавлении натриевой соли одноосновной органической кислоты с гидроксидом натрия выделилось 11,2 л (н. у.) газооб-

разного органического соединения, которое при нормальных условиях имеет плотность 1,965 г/л. Определите, сколько граммов соли вступило в реакцию и какой газ выделился.

28-59. Органическая кислота количеством вещества 1 моль может присоединить 1 моль брома. При полном сгорании некоторого количества этой кислоты образовалось 15,84 г оксида углерода (IV) и 6,12 г воды. Установите возможную формулу исходной кислоты.

28-60. При обработке смеси, состоящей из равного числа молей предельной кислоты и первичного одноатомного спирта, имеющих одинаковое число атомов углерода в молекуле, избытком гидрокарбоната натрия выделился углекислый газ, объем которого в 6 раз меньше объема углекислого газа, полученного при сжигании такого же количества смеси. Какие вещества находятся в смеси? Объемы газов измерены при одинаковых условиях.

28-61. Для нейтрализации 200 г водного раствора смеси муравьиной и уксусной кислот потребовалось 382 мл 10%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,1 г/мл). После упаривания нейтрального раствора получили остаток, масса которого равна 68,6 г. Определите состав исходного раствора (в % по массе).

28-62. При действии натрия на 13,8 г смеси этилового спирта и одноосновной органической кислоты выделяется 3,36 л газа (н. у.), а при действии на ту же смесь насыщенного раствора гидрокарбоната натрия — 1,12 л газа (н. у.). Определите строение органической кислоты и состав исходной смеси (в % по массе).

28-63. 16 г раствора фенола и уксусной кислоты в диэтиловом эфире обработали избытком металлического натрия, при этом выделилось 493 мл газа (н. у.). Такую же массу раствора обработали избытком 5%-ного раствора гидрокарбоната натрия; образовалось 269 мл газа (н. у.). Рассчитайте массовые доли веществ в растворе.

28-64. На нейтрализацию 26,6 г смеси уксусной кислоты, ацетальдегида и этанола израсходовано 44,8 г 25%-ного раствора гидроксида калия. При взаимодействии такого же количества смеси с избытком натрия выделилось 3,36 л газа (н. у.). Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.

28-65. Для нейтрализации смеси пропилового спирта и пропионовой кислоты потребовалось 104 г 0,5 М раствора гидрокарбоната натрия (плотность 1,04 г/мл). Выделившийся при этом газ занимает в 18 раз меньший объем, чем тот же газ, образующийся при полном сгорании такого же количества исходной смеси. Найдите массовые доли веществ в исходной смеси.

28-66. При нагревании 25,8 г смеси этилового спирта и уксусной кислоты в присутствии концентрированной серной кислоты бы-

ло получено 14,08 г сложного эфира. При полном сжигании исходной смеси спирта и кислоты образовалось 23,4 мл воды. Найдите состав исходной смеси (в % по массе) и рассчитайте, с каким выходом протекала реакция этерификации.

*28-67. Степень диссоциации пропионовой и молочной кислоты в растворе с концентрацией 0,1 моль/л равна соответственно 1,1% и 3,6%. Вычислите концентрацию ионов водорода в каждом из растворов. Найдите отношение констант диссоциации этих кислот.

*28-68. При электролизе водного раствора натриевой соли одноосновной карбоновой кислоты на аноде образовались газ и жидкость, содержащая 84,21% углерода по массе. Назовите неизвестную соль и напишите уравнение реакции электролиза.

28-69. Напишите структурные формулы всех возможных сложных эфиров состава $C_3H_6O_2$.

28-70. Составьте уравнение реакции этерификации в общем виде.

28-71. Приведите два уравнения реакций, приводящих к образованию одного и того же сложного эфира.

28-72. Напишите схему кислотного гидролиза этилового эфира монохлоруксусной кислоты.

28-73. Относительная плотность паров сложного эфира по водороду равна 30. Приведите структурную формулу этого эфира.

28-74. Плотность паров сложного эфира по гелию равна 22. При сгорании всей получившейся в результате гидролиза кислоты образуется углекислого газа втрое больше, чем при сгорании получившегося в ходе той же реакции спирта. Установите структурную формулу этого эфира.

28-75. С помощью каких реакций можно осуществить превращения по схеме: сложный эфир \rightarrow спирт \rightarrow альдегид? Исходное соединение является метиловым эфиром уксусной кислоты. Напишите уравнения реакций.

*28-76. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



Разные буквы обозначают разные вещества, каждая стрелка обозначает одну реакцию.

28-77. Из 1-хлорпропана, не используя других углеродсодержащих соединений, получите изопропиловый эфир пропионовой кислоты.

28-78. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно получить изопропилацетат из пропилацетата.

28-79. Соединение А — жидкость с приятным запахом. При гидролизе А образуются два соединения с одинаковым числом атомов углерода. Одно из соединений В используется в производстве искусственного волокна. При взаимодействии В с хлором на свету образуются две кислоты, разных по силе; кислота С — более слабая. Приведите формулы веществ А, В и С. Напишите уравнения реакций.

28-80. Соль А окрашивает пламя горелки в желтый цвет. При действии концентрированной серной кислоты из соли вытесняется вещество В, которое с этанолом образует вещество С, обладающее приятным запахом и малорастворимое в воде. При сгорании вещества С образуется углекислого газа в 2 раза больше, чем при сгорании вещества В. Приведите формулы веществ А, В и С. Напишите уравнения реакций.

***28-81.** Вещество А ($C_{17}H_{16}O_4$), содержащее два бензольных кольца, при нагревании с водным раствором гидроксида натрия превращается в соединение Б, дающее синее окрашивание с гидроксидом меди (II). При взаимодействии 15,2 г Б с натрием выделяется 4,48 л (н. у.) водорода. Соединение Б может быть получено также из углеводорода ряда этилена при действии перманганата калия. Установите строение А и Б и напишите уравнения реакций.

28-82. Какой объем 25%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,23 г/мл) нужно затратить на проведение гидролиза смеси массой 15 г, состоящей из этилового эфира уксусной кислоты и метилового эфира пропионовой кислоты?

28-83. При нагревании муравьиной кислоты массой 23 г с избытком спирта получено соединение А с выходом 80%, считая на исходную кислоту. При сжигании вещества А в избытке кислорода образовался углекислый газ объемом 17,92 л (н. у.). Установите структуру вещества А и рассчитайте его количество.

28-84. Смесь 40 г фенола и этилового эфира одноосновной кислоты вступает в реакцию с 65,6 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,22 г/мл). При обработке такого же количества смеси избытком бромной воды выпало 33,1 г осадка. Определите структурную формулу эфира.

***28-85.** Моль насыщенного одноатомного спирта окислили в кислоту. Такое же количество спирта дегидратировали, а затем гидратировали. Из полученных в результате этих реакций продуктов синтезировали сложный эфир, при сгорании которого образуется 80,6 л углекислого газа (н. у.). Какое строение имеет сложный эфир, если его выход составляет 60%, а остальные реакции протекают количественно?

28-86. Из 2,704 кг пчелиного воска выделили один моль мирцилового эфира пальмитиновой кислоты, что составляет 25% по массе. Напишите структурную формулу этого сложного эфира, считая, что мирциловый спирт — это одноатомный спирт с нормальной углеродной цепью.

***28-87.** Для полного гидролиза 14,38 г смеси двух сложных эфиров потребовалось 160 г 7%-ного раствора гидроксида калия. При добавлении к такой же массе смеси избытка аммиачного раствора оксида серебра выделилось 6,48 г осадка. Определите строение сложных эфиров и их мольные доли в исходной смеси.

28-88. Образец смеси этилацетата и этилформиата общей массой 12,5 г обработан при нагревании 32,8 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,22 г/мл). Избыток основания после окончания реакции может прореагировать при нагревании с 25 мл раствора хлорида аммония с концентрацией 2 моль/л. Вычислите массовые доли сложных эфиров в исходной смеси и объем газа (н. у.), который мог выделиться при действии раствора соли аммония.

28-89. Образец смеси метилацетата и метилформиата общей массой 15,52 г обработан при нагревании 68 мл раствора гидроксида бария с концентрацией 2,5 моль/л. Избыток основания может прореагировать с 45,4 мл раствора хлорида меди (II) (массовая доля соли 13,5%, плотность раствора 1,1 г/мл) с образованием осадка. Вычислите массовые доли сложных эфиров в исходной смеси и объем оксида углерода (IV) (при н. у.), который мог бы прореагировать с раствором, образующимся после нагревания исходной смеси со щелочью.

***28-90.** Раствор формальдегида в смеси метилацетата и муравьиной кислоты массой 2,70 г может полностью прореагировать с 18,4 мл 11,2%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,09 г/мл), а полученный при этом раствор при нагревании с избытком водно-аммиачного раствора нитрата серебра выделяет 8,64 г осадка. Установите мольные доли компонентов в исходной смеси.

28-91. Чем отличаются по химическому строению жидкие жиры от твердых? Приведите примеры.

28-92. Напишите молекулярную и структурную формулы триглицерида, образованного одним остатком пальмитиновой кислоты и двумя остатками олеиновой кислоты.

28-93. Напишите уравнение реакции щелочного гидролиза тристеарата глицерина.

28-94. Жидкая, нерастворимая в воде кислота А реагирует с соединением В в стехиометрическом соотношении 3 : 1, образуя при этом вещество С, которое является представителем одного из важ-

нейших классов веществ, входящих в состав пищи. Приведите возможные формулы веществ А, В и С. Напишите уравнения реакций.

28-95. Твердое вещество А с достаточно большой относительной молекулярной массой гидролизуеться в присутствии гидроксида калия с образованием двух веществ, одно из которых — В — получается в количестве, втрое большем, чем другое. При действии на водный раствор В серной кислоты образуется белый осадок вещества С. Приведите возможные формулы веществ А, В, С. Напишите уравнения реакций.

28-96. Напишите две возможные формулы жира, имеющего в молекуле 57 атомов углерода и вступающего в реакцию с иодом в соотношении 1 : 2. В составе жира имеются остатки кислот с четным числом углеродных атомов.

28-97. Напишите две возможные структурные формулы жира, образованного кислотами с четным числом углеродных атомов. Известно, что в молекуле этого жира 100 атомов водорода и он вступает в реакцию с иодом в соотношении 1 : 5.

28-98. Какая масса глицерина образуется при щелочном гидролизе 331,5 триолеата?

28-99. При щелочном гидролизе 265,2 г жира, образованного одной карбоновой кислотой, образовалось 288 г калиевой соли. Установите структурную формулу жира.

28-100. Жир массой 44,5 г, представляющий собой триглицерид одной предельной органической кислоты, нагрели с 70 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,2 г/мл). Для нейтрализации избытка щелочи потребовалось 22,5 мл 36,5%-ной соляной кислоты (плотность 1,2 г/мл). Установите структурную формулу жира.

***28-101.** 12,76 г твердого животного жира (триглицерида) полностью растворили при нагревании с 19 мл 25%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,18). Избыток щелочи нейтрализовали 27,8 мл 5%-ного раствора соляной кислоты (плотность 1,05). При последующем избыточном подкислении раствора выпало 10,24 г осадка, содержащего 75% углерода (по массе). Установите возможную формулу жира.

***28-102.** 17,56 г растительного масла нагрели с 30,1 мл 20%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,14 г/мл) до полного исчезновения масляного слоя. Полученная смесь может прореагировать с 11,2 г гидроксида калия. При действии избытка бромной воды на полученный после гидролиза раствор образуется только одно тетрабромпроизводное. Установите возможную формулу жира, если известно, что продукт присоединения брома содержит 53,3% брома (по массе).

***28-103.** Для полного омыления 42,6 г растительного масла потребовалось 50 г 12,0%-ного раствора гидроксида натрия. При после-

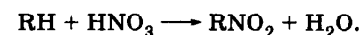
дующей обработке раствора избытком бромной воды получена смесь тетрабромпроизводного и дибромпроизводного в молярном соотношении 2 : 1, причем массовая доля натрия в одном из бромпроизводных составляет 3,698%. Установите возможную формулу жира.

***28-104.** 13,32 г твердого животного жира (триглицерида) полностью растворили при нагревании с 38 мл 25%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,18 г/мл). Избыток щелочи нейтрализовали 40,2 мл 12%-ной соляной кислотой (плотность 1,06 г/мл). При последующем избыточном подкислении раствора выделяется 10,8 г нерастворимого в воде вещества. Установите возможную формулу жира.

ГЛАВА 29

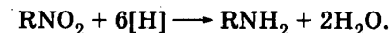
Нитросоединения и амины

Нитросоединения — это производные углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены на нитрогруппу —NO₂. Общая формула мононитросоединений — RNO₂, где R — углеводородный радикал. Основным способом получения нитросоединений — реакция углеводородов с азотной кислотой (нитрование):



Предельные углеводороды реагируют с разбавленной азотной кислотой при нагревании по радикальному механизму. Для нитрования ароматических углеводородов используют смесь концентрированных азотной и серной кислот. Эта реакция протекает по механизму электрофильного замещения.

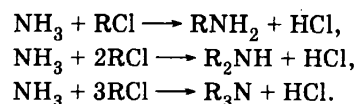
Важнейшее свойство нитросоединений — их способность к восстановлению с образованием первичных аминов по схеме:



Реакции восстановления могут протекать в газовой фазе под действием водорода, а также в кислой и щелочной средах.

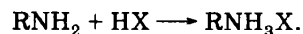
Амины — это производные аммиака, в которых атомы водорода частично или полностью замещены углеводородными радикалами. В зависимости от того, сколько атомов водорода в аммиаке замещено радикалами, различают амины первичные RNH₂, вторичные R₂NH и третичные R₃N. Таким образом, в аминах понятия «первичный», «вторичный», «третичный» связаны не с характером углеродного атома, а со степенью замещения водородов при атоме азота аммиака.

Амины получают, действуя на аммиак галогенопроизводными углеводородами по схемам:

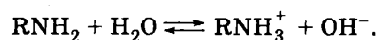


Первичные амины получают восстановлением нитросоединений.

Главное из химических свойств аминов — их способность реагировать с кислотами за счет неподеленной пары электронов на атоме азота:



Предельные амины — более сильные основания, чем аммиак. Их водные растворы имеют щелочную среду за счет реакции:



Наиболее известным представителем первичных ароматических аминов является анилин (аминобензол) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$. В анилине неподеленная пара электронов атома азота взаимодействует с ароматическим кольцом. Это взаимодействие приводит к ослаблению основных свойств и увеличению активности в реакциях замещения в кольце. Так, анилин реагирует только с сильными кислотами, зато, в отличие от бензола, легко реагирует с бромной водой с образованием 2,4,6-триброманилина.

Рекомендуемая литература: [Кузьменко, Дрофа, 1997, § 26], [Кузьменко, ФКК, 1998, гл. 29], [Фримантл, т. 2, гл. 19.4], [Еремина, 1998, § 27], [Потапов, гл. 15].

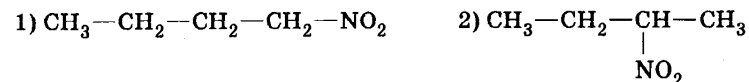
§ 29.1. Типовые задачи с решениями

Задача 29-1. Напишите структурные формулы всех нитросоединений состава $\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}_2$. Укажите первичные, вторичные и третичные нитросоединения.

Решение. Изомерия нитросоединений связана со строением углеродного скелета и с положением группы $-\text{NO}_2$. Существуют два углеродных скелета, содержащих четыре атома углерода: разветвленный и неразветвленный:



В каждом из этих скелетов возможны два разных положения нитрогруппы (указаны стрелками). Таким образом, существуют четыре нитросоединения состава $\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}_2$:

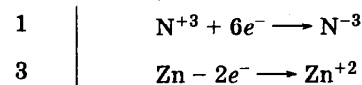
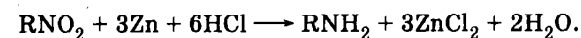


В первичных нитросоединениях нитрогруппа связана с первичным атомом углерода, во вторичных — с вторичным и т. д. В данном случае первичные нитросоединения — 1) и 4), вторичное — 2) и третичное — 3).

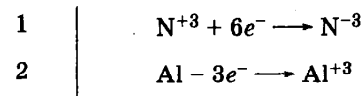
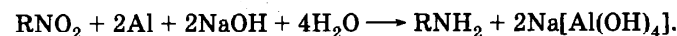
От в е т. Четыре изомера.

Задача 29-2. Напишите общие уравнения реакций восстановления нитросоединений в амины: а) в кислой среде; б) в щелочной среде; в) в газовой фазе.

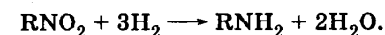
Решение. а) Восстановление нитросоединений в растворе удобно проводить водородом в момент выделения, который является сильным восстановителем. В кислой среде для этого используют цинк или железо:



б) В щелочной среде для получения водорода в момент выделения используют алюминий:



в) В газовой фазе восстановление проводят водородом при $250-350^\circ\text{C}$ на никелевом или медном катализаторе:



Задача 29-3. Образец нитробензола массой 85 г, содержащий 7% примесей, восстановили до анилина; выход реакции равен 85%. Вычислите массу образовавшегося анилина.

Решение. Запишем уравнение реакции:

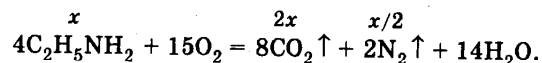


$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 85 \cdot 0,93 = 79$ г; $\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 79/123 = 0,64$ моль. Теоретически из такого количества вещества нитробензола могло получиться 0,64 моль анилина, а практически получилось $0,64 \cdot 0,85 = 0,55$ моль массой $0,55 \cdot 93 = 51$ г.

Ответ. 51 г анилина.

Задача 29-4. Газообразные продукты горения этиламина заняли объем 5,6 л (н. у.). Вычислите массу сгоревшего этиламина.

Решение. Уравнение сгорания этиламина имеет вид:



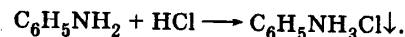
Пусть в реакцию вступило x моль $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$, тогда образовалось $2x$ моль CO_2 и $x/2$ моль N_2 , всего — $2,5x$ моль газообразных продуктов.

По условию $\nu(\text{газов}) = 5,6/22,4 = 0,25$ моль = $2,5x$, откуда $x = 0,1$. Масса сгоревшего этиламина равна: $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = \nu \cdot M = 0,1 \cdot 45 = 4,5$ г.

Ответ. 4,5 г $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$.

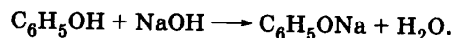
Задача 29-5. Через 10,0 г смеси бензола, фенола и анилина пропустили ток сухого хлороводорода, при этом выпало 2,59 г осадка. Его отфильтровали, а фильтрат обработали водным раствором гидроксида натрия. Верхний органический слой отделили, его масса уменьшилась на 4,7 г. Определите массы веществ в исходной смеси.

Решение. При пропускании через смесь сухого хлороводорода выпадает осадок хлорида фениламмония, который нерастворим в органических растворителях:



$\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}) = 2,59/129,5 = 0,02$ моль, следовательно, $\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,02$ моль, $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,02 \cdot 93 = 1,86$ г.

Уменьшение массы органического слоя на 4,7 г произошло за счет реакции фенола с гидроксидом натрия:

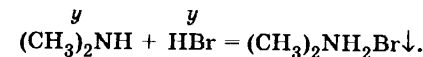
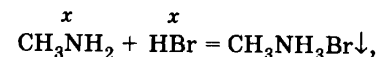


Фенол перешел в водный раствор в виде фенолята натрия. $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 4,7$ г. Масса бензола в смеси составляет $10 - 4,7 - 1,86 = 3,44$ г.

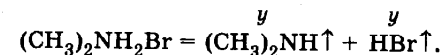
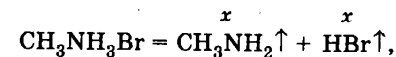
Ответ. 1,86 г анилина, 4,7 г фенола, 3,44 г бензола.

Задача 29-6. К 40,0 л смеси, состоящей из углекислого газа, метиламина и диметиламина, добавили 30,0 л бромоводорода, после чего плотность газовой смеси по воздуху стала равна 1,836. Образовавшуюся твердую смесь нагрели и получили газовую смесь с плотностью по воздуху 2,028. Вычислите объемные доли газов в исходной смеси.

Решение. При добавлении бромоводорода к исходной смеси образуются твердые соли аминов:



При нагревании полученной смеси соли обратно разлагаются с образованием аминов и бромоводорода:



Пусть в исходной смеси содержалось x л CH_3NH_2 , y л $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ и $(40 - x - y)$ л CO_2 , тогда после добавления бромоводорода и осаждения солей в газовой смеси остались $(40 - x - y)$ л CO_2 и $(30 - x - y)$ л HBr . То, что HBr был в избытке, следует из значения средней молярной массы оставшейся газовой смеси: $M_{\text{ср}} = 1,836 \cdot 29 = 53,24$ г/моль. Это значение больше молярных масс всех веществ в исходной смеси, следовательно, после реакции в полученной смеси остался тяжелый газ, а именно HBr .

Запишем выражение для средней молярной массы смеси CO_2 и HBr через объемы:

$$53,24 = \frac{V_1 \cdot M_1 + V_2 \cdot M_2}{V_1 + V_2} = \frac{(40 - x - y) \cdot 44 + (30 - x - y) \cdot 81}{(40 - x - y) + (30 - x - y)},$$

откуда $x + y = 25$.

В газовой смеси, полученной при нагревании солей, содержались x л CH_3NH_2 , y л $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ и $(x + y) = 25$ л НВг. Средняя молярная масса этой смеси равна $2,028 \cdot 29 = 58,81$ г/моль:

$$58,81 = \frac{x \cdot 31 + y \cdot 45 + 25 \cdot 81}{x + y + 25}$$

Решая систему двух уравнений, находим: $x = 15$, $y = 10$.

Объемные доли газов равны:

$$\varphi(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 15/40 = 0,375; \varphi((\text{CH}_3)_2\text{NH}) = 10/40 = 0,25; \varphi(\text{CO}_2) = 1 - 0,375 - 0,25 = 0,375.$$

Отв. 25% $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$, по 37,5% CH_3NH_2 и CO_2 .

§ 29.2. Задачи и упражнения

29-1. Напишите структурные формулы всех нитросоединений состава $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$.

29-2. Напишите структурные формулы всех первичных нитросоединений состава $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$.

29-3. Какой простейший амин имеет структурные изомеры? Напишите структурные формулы этих изомеров.

29-4. Напишите общие формулы гомологических рядов первичных, вторичных и третичных аминов.

29-5. Напишите структурные формулы всех третичных аминов состава $\text{C}_5\text{H}_{13}\text{N}$ и назовите их.

29-6. Напишите структурные формулы всех первичных ароматических аминов состава $\text{C}_7\text{H}_9\text{N}$.

29-7. Среди перечисленных ниже веществ выберите те, которые являются изомерами 2-нитробутана: 2-аминобензойная кислота, 2-нитро-2-метилпропан, 2-аминобутановая кислота, 2-нитротолуол.

29-8. Среди перечисленных ниже веществ выберите те, которые являются изомерами диизопропиламина: 3-аминопентан, 2-амино-3-метилпентан, триэтиламин, 2-метиланилин, этил-*n*-бутиламин.

29-9. Установите формулу нитросоединения, содержащего 42,67% кислорода по массе.

29-10. Установите формулу амина, содержащего 15,05% азота по массе.

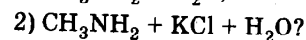
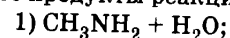
29-11. Какие амины получаются при восстановлении: а) 2-нитробутана; б) 4-нитротолуола; в) 2-метил-2-нитропропана?

29-12. Какие нитросоединения следует взять, чтобы при их восстановлении получить: а) изопропиламин; б) *l*-метиланилин; в) этиламин?

29-13. Предложите способ получения пропиламина из 1-хлорпропана и напишите уравнение реакции.

29-14. Предложите схему получения изопропиламина из пропена и напишите уравнения соответствующих реакций.

29-15. Какие два вещества вступили в реакцию и при каких условиях, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без коэффициентов):



Напишите полные уравнения реакций.

29-16. Соединение А — тяжелая желтоватая жидкость с запахом горького миндаля. Соединение А при действии железных стружек в кислой среде восстанавливается в соединение В — бесцветную маслянистую жидкость, малорастворимую в воде. При действии на В концентрированной соляной кислоты происходит экзотермическая реакция с образованием соли С. Что из себя представляют вещества А, В, С? Приведите их формулы и уравнения реакций.

29-17. Соединение А — кристаллическое вещество, растворимое в воде, образующее с нитратом серебра белый творожистый осадок. При действии гидроксида натрия на вещество А образуется соединение В, бесцветная маслянистая жидкость, малорастворимая в воде. При действии бромной воды на В образуется белый осадок вещества С. Что из себя представляют вещества А, В и С? Приведите их формулы и уравнения реакций.

29-18. Соль А, водный раствор которой образует с нитратом серебра белый творожистый осадок, при действии щелочи выделяет газ В, при сгорании которого образуются два газа, не поддерживающих горения, один из которых — С — вызывает помутнение известковой воды. Приведите возможные формулы веществ А, В и С и уравнения реакций.

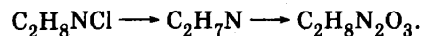
29-19. При восстановлении некоторого количества нитробензола получили вдвое меньшую массу анилина. Рассчитайте выход реакции восстановления.

29-20. Из 100 г пропана путем двухстадийного синтеза получили 60 г изопропиламина. Определите выход продукта в первой реакции, если во второй реакции он составил 80%.

*29-21. Масса анилина, полученного двухстадийным синтезом из бензола, составляет 70% от массы бензола. Известно, что обе реакции протекали с одинаковым выходом. Найдите выход реакций.

29-22. Расположите в порядке возрастания основности следующие вещества: метиламин, аммиак, анилин, диметиламин.

29-23. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



29-24. Как можно отличить метиламин от аммиака? Напишите уравнения необходимых реакций.

29-25. Чем отличаются реакции сгорания нитросоединений от аналогичных реакций аминов?

29-26. В трех запаянных ампулах находятся этиламин, бутиламин и анилин. Как, не проводя химические реакции, можно узнать, где какое вещество находится?

29-27. В трех пробирках находятся три разные жидкости: анилин, гексан, масляная кислота. Как можно определить, где какая жидкость находится? Приведите уравнения реакций.

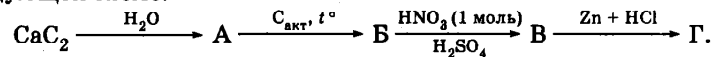
29-28. В трех пробирках находятся три водных раствора: хлорида фениламмония, этиламина, этанола. Какой цвет приобретет лакмусовая бумажка в каждой из этих пробирок?

29-29. Предложите химический способ разделения смеси газов, состоящей из оксида углерода (IV), метиламина и кислорода, на индивидуальные компоненты. Напишите уравнения соответствующих химических реакций.

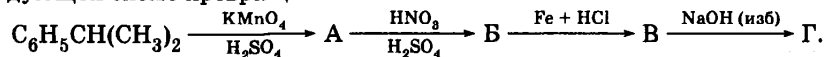
29-30. В водном растворе предполагается наличие ацетальдегида, метиламина и анилина. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно однозначно установить наличие или отсутствие названных веществ в растворе. Укажите аналитические признаки реакций.

29-31. Напишите уравнения реакций метиламина: а) с серной кислотой; б) с азотистой кислотой; в) с раствором хлорида железа (II); г) с кислородом; д) с бромметаном.

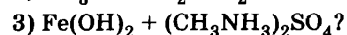
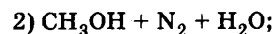
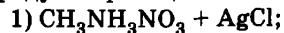
29-32. Напишите химические уравнения, соответствующие следующей схеме:



*29-33. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:

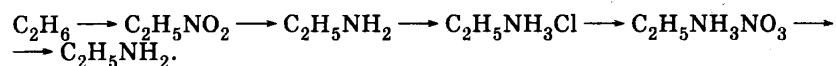


29-34. Какие вещества вступили в реакцию и при каких условиях, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без коэффициентов):

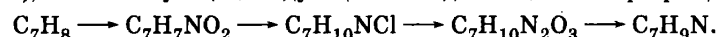


Напишите полные уравнения реакций.

29-35. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:

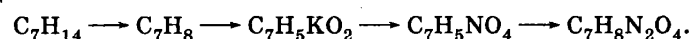


*29-36. Напишите уравнения реакций (с указанием условий проведения), соответствующие следующей последовательности превращений:



В уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций.

*29-37. Напишите уравнения реакций (с указанием условий проведения), соответствующие следующей последовательности превращений:



В уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций.

*29-38. Вещество А состава $C_8H_9O_2N$ восстанавливается цинком в солянокислой среде до вещества $C_8H_{12}NCl$. При окислении А водным раствором перманганата калия образуется вещество $C_7H_4KO_4N$. При реакции А с бромом в присутствии $FeBr_3$ образуется только одно монобромпроизводное. Установите структурную формулу вещества А и предложите способ его получения. Напишите уравнения перечисленных реакций.

29-39. Вычислите массу диметиламина, который может вступить в реакцию с 3,36 л (н. у.) хлороводорода.

29-40. Какой объем займет при 15 °С и 95 кПа азот, образовавшийся при сгорании 40 г диметиламина?

29-41. Какая масса триброманилина может образоваться при реакции 2,7 г анилина и 500 г 3% -ной бромной воды?

29-42. При сгорании смеси метиламина и паров этанола образовалось 18 г воды и 2,24 л газа (н. у.), нерастворимого в растворе щелочи. Вычислите массовую долю метиламина в исходной смеси.

29-43. При пропускании смеси метана и этиламина через раствор соляной кислоты, взятый в большом избытке, объем смеси сократился на 40%. Рассчитайте массовые доли компонентов в исходной смеси.

3. Органическая химия

29-44. При пропускании смеси метиламина и бутана через склянку с соляной кислотой масса последней увеличилась на 7,75 г. Массовая доля бутана в исходной смеси составляла 25%. Определите объем исходной газовой смеси (н. у.).

29-45. Какой объем хлороводорода (н. у.) может прореагировать с 20,0 г смеси, состоящей из диметиламина и этиламина?

29-46. Газ, выделившийся при получении бромбензола бромированием бензола массой 15,5 г, полностью прореагировал с водным раствором этиламина массой 30 г. Определите массовую долю этиламина в растворе, если бромирование бензола прошло на 70%.

29-47. Смесь пропана и метиламина общим объемом 11,2 л (н. у.) сожгли в избытке кислорода. Продукты сгорания пропустили через известковую воду. При этом образовалось 80 г осадка. Определите состав исходной смеси (в % по объему) и массу кислорода, израсходованного на горение.

***29-48.** В 100 г смеси анилина, бензола и фенола пропустили сухой хлороводород. При этом образовалось 51,8 г осадка, который отфильтровали. Фильтрат обработали бромной водой, при этом получили 19,9 г осадка. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

***29-49.** Бензольный раствор смеси фенола и анилина объемом 18 мл (плотность 1,0 г/мл) обработали водным раствором щелочи. Масса бензольного раствора уменьшилась на 3,6 г. После отделения бензольного раствора его обработали соляной кислотой, масса его при этом уменьшилась на 5,4 г. Вычислите массовые доли веществ в исходном растворе.

***29-50.** Нитробензол массой 24,6 г восстановили в анилин, который затем полностью прогидрировали. После пропускания продуктов сгорания получившегося продукта через трубку с оксидом фосфора (V) масса последней увеличилась на 17,82 г. Определите выход продукта на первой стадии, считая, что последующие реакции протекали со 100%-ным выходом.

***29-51.** Смесь толуола, фенола и анилина массой 12 г обработали избытком 0,1 М раствора соляной кислоты, при этом масса органического слоя уменьшилась на 3,7 г. При обработке высушенного органического слоя металлическим натрием выделилось 537 мл газа (при температуре 30 °С и давлении 95 кПа). Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

***29-52.** На нейтрализацию смеси массой 30 г, состоящей из бензола, фенола и анилина, пошло 49,7 мл 17%-ной соляной кислоты (плотность 1,08 г/мл). При взаимодействии такого же количества смеси с избытком бромной воды образовался осадок массой 99,05 г. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.

Глава 30. Аминокислоты, пептиды и белки

***29-53.** Образовавшееся в результате нитрования ароматического углеводорода массой 36,8 г мононитропроизводное восстановили железом в кислой среде и выделили с выходом 60% вещество, которое полностью поглощает газ, выделившийся при действии избытка концентрированной серной кислоты на хлорид натрия массой 14,04 г. Установите структуру исходного углеводорода.

***29-54.** Смесь двух газов, один из которых легче воздуха, пропущена последовательно через трубки, заполненные оксидом меди (II) (при 400 °С), оксидом фосфора (V) и твердым гидроксидом калия, нанесенными на инертный носитель и взятыми в избытке. Масса первой трубки уменьшилась на 0,192 г, а массы второй и третьей трубок увеличились соответственно на 0,144 и 0,088 г. После пропускания газов через трубки было получено 22,4 мл (н. у.) газообразного вещества. Установите объем исходной газовой смеси (при н. у.) и массовые доли газов в ней, если известно, что масса смеси составляла 0,068 г.

***29-55.** К 35 л смеси, состоящей из углекислого газа и метиламина, добавили 25 л бромоводорода, после чего плотность газовой смеси по воздуху стала равна 1,942. Вычислите объемные доли газов в исходной смеси.

***29-56.** К 50 л смеси, состоящей из азота, метиламина и этиламина, добавили 40 л бромоводорода, после чего плотность газовой смеси по азоту стала равна 1,631. Образовавшуюся твердую смесь нагрели и получили газовую смесь с плотностью по азоту 2,083. Вычислите объемные доли газов в исходной смеси.

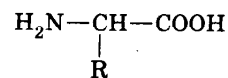
***29-57.** Смесь двух изомеров, один из которых представляет собой гомолог анилина, а другой — гомолог пиридина, содержит 13,1% азота по массе. Некоторое количество этой смеси может прореагировать с 0,95 л хлороводорода (объем измерен при 16,5 °С и нормальном давлении) или с 320 г 4%-ной бромной воды. Установите возможные структурные формулы компонентов смеси и рассчитайте их массовые доли в смеси.

ГЛАВА 30

Аминокислоты, пептиды и белки

Аминокислоты — это бифункциональные органические соединения, в молекуле которых имеются аминогруппа — NH₂ и карбоксильная группа — COOH. В природе распространены только α-амино-

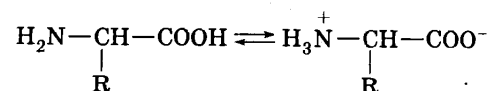
кислоты, обе функциональные группы которых соединены с одним и тем же атомом углерода:



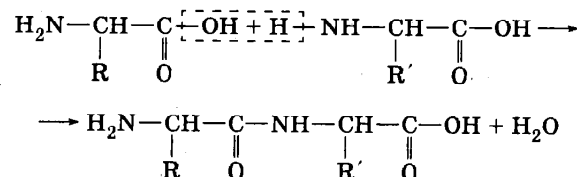
Аминокислоты называют обычно как производные соответствующих карбоновых кислот, обозначая положение аминогруппы цифрами или буквами греческого алфавита. Все природные аминокислоты, входящие в состав белков, имеют тривиальные названия.

Аминокислоты — органические амфотерные соединения, они реагируют как с кислотами, так и с основаниями. Им свойственны обычные реакции по карбоксильной группе и аминогруппе. Однако кислотные и основные свойства выражены очень слабо.

Функциональные группы в аминокислотах реагируют между собой. Поэтому молекулы аминокислот в растворе представляют собой биполярные ионы (внутренние соли):



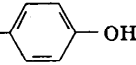
Важнейшее свойство аминокислот — способность к конденсации с образованием пептидов. Две молекулы аминокислоты могут реагировать друг с другом с отщеплением молекулы воды и образованием продукта, в котором фрагменты связаны пептидной связью —CO—NH—.



Полученная молекула (дипептид) также имеет две функциональные группы и может дальше вступать в реакцию конденсации. Процесс наращивания пептидной цепи может продолжаться неограниченно долго и приводить к полипептидам, или белкам. В состав белков входят 19 аминокислот и одна иминокислота. Основные представители природных аминокислот перечислены в таблице:

Таблица 30-1

α -Аминокислоты общей формулы $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ | \\ \text{R} \end{array}$

Аминокислота	—R	Молекулярная формула
Глицин	—H	C ₂ H ₅ NO ₂
Аланин	—CH ₃	C ₃ H ₇ NO ₂
Цистеин	—CH ₂ —SH	C ₃ H ₇ SNO ₂
Серин	—CH ₂ —OH	C ₃ H ₇ NO ₃
Фенилаланин	—CH ₂ —C ₆ H ₅	C ₉ H ₁₁ NO ₂
Тирозин	CH ₂ —  —OH	C ₉ H ₁₁ NO ₃
Глутаминовая кислота	—CH ₂ —CH ₂ —COOH	C ₅ H ₉ NO ₄
Глутамин	—CH ₂ —CH ₂ —CO—NH ₂	C ₅ H ₁₀ N ₂ O ₃
Лизин	—(CH ₂) ₄ —NH ₂	C ₆ H ₁₄ N ₂ O ₂

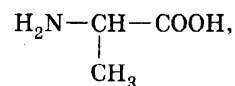
Основное свойство пептидов — способность к гидролизу в кислой или щелочной средах. При гидролизе происходит полное или частичное расщепление пептидной цепи и образуются более короткие пептиды с меньшей молекулярной массой или α -аминокислоты, составляющие цепь. Полный гидролиз происходит при длительном нагревании пептидов с концентрированной соляной кислотой.

Рекомендуемая литература: [Кузьменко, Дрофа, 1997, § 26], [Кузьменко, ФКК, 1998, гл. 30], [Фримантл, т. 2, гл. 20.1], [Еремина, 1998, § 27], [Потапов, гл. 20].

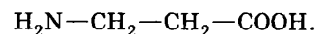
§ 30.1. Типовые задачи с решениями

Задача 30-1. Напишите структурные формулы всех аминокислот состава $C_3H_7NO_2$ и назовите их.

Решение. В состав молекулы аминокислоты кроме функциональных групп $-NH_2$ и $-COOH$ входят еще два атома углерода. Обе функциональные группы могут быть связаны как с одним и тем же атомом углерода:



так и с разными атомами углерода:

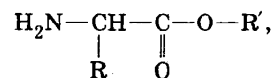


Первая кислота называется α -аминопропионовая кислота (или 2-аминопропионовая кислота, или аланин), вторая — β -аминопропионовая (или 3-аминопропионовая) кислота.

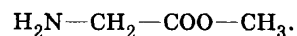
Ответ. Два изомера, отличающиеся положением аминогруппы.

Задача 30-2. Определите строение сложного эфира α -аминокислоты, если известно, что он содержит 15,73% азота по массе.

Решение. Сложные эфиры α -аминокислот описываются общей формулой:



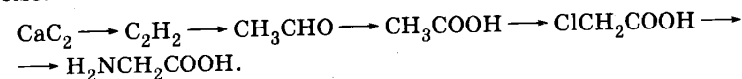
где R — водород или углеводородный радикал, R' — углеводородный радикал. В одном моле этого вещества содержится один моль N массой 14 г, что составляет 15,73% от общей (молярной) массы; следовательно, молярная масса эфира равна: $M(H_2NCH(R)COOR') = 14/0,1573 = 89$ г/моль. На долю двух радикалов приходится $M(R + R') = 89 - M(H_2N + CH + COO) = 16$ г/моль. Это возможно только в том случае, если R = H, R' = CH_3 . Таким образом, искомый эфир — метилглицинат, т. е. метиловый эфир аминокислоты:



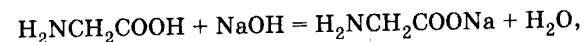
Ответ. Метиловый эфир аминокислоты.

Задача 30-3. Какой объем 10%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,1 г/мл) может прореагировать с глицином, полученным из 32 г карбида кальция?

Решение. Глицин можно получить из карбида кальция по схеме:



Согласно этой схеме число молей глицина равно числу молей карбида кальция: $\nu(H_2NCH_2COOH) = \nu(CaC_2) = 32/64 = 0,5$ моль. Количество вещества щелочи, необходимой для реакции с глицином по уравнению



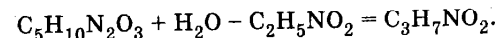
также равно 0,5 моль. $m(NaOH) = 0,5 \cdot 40 = 20$ г; $m(p-ра NaOH) = 20/0,1 = 200$ г;

$$V(p-ра NaOH) = 200/1,1 = 182 \text{ мл.}$$

Ответ. 182 мл.

Задача 30-4. Напишите структурные формулы двух дипептидов состава $C_5H_{10}N_2O_3$.

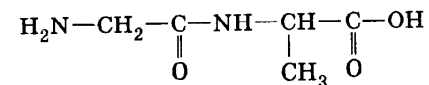
Решение. Молекула дипептида образована двумя остатками аминокислот и содержит пять атомов углерода, следовательно, одна из аминокислот содержала два атома углерода, а другая — три атома. Два атома углерода содержит только простейшая аминокислота — глицин H_2NCH_2COOH . Молекулярную формулу второй аминокислоты можно определить, если вспомнить, что при образовании дипептида из двух аминокислот выделяется молекула воды; поэтому, прибавляя к формуле дипептида H_2O и вычитая формулу глицина, получаем молекулярную формулу второй аминокислоты:



Такую формулу имеет ближайший гомолог глицина — аланин. Таким образом, оба дипептида образованы остатками глицина и аланина.

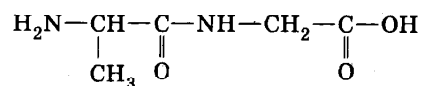
Молекулы пептидов несимметричны: на одном конце находится аминогруппа $-NH_2$, на другом — группа $-COOH$, поэтому структура пептида определяется не только аминокислотным составом, но и последовательностью соединения остатков аминокислот. В данном случае возможны два варианта соединения:

1) глицин-аланин:



(запись структуры пептидов обычно начинают с аминогруппы);

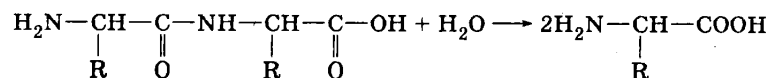
2) аланин-глицин:



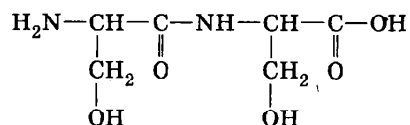
О т в е т. Глицин-аланин, аланин-глицин.

Задача 30-5. Для полного гидролиза образца дипептида массой 9,60 г потребовалось 0,90 г воды. Установите структуру дипептида, если известно, что при гидролизе образовалась только одна аминокислота.

Р е ш е н и е. Уравнение гидролиза дипептида, образованного только одной аминокислотой, имеет вид:



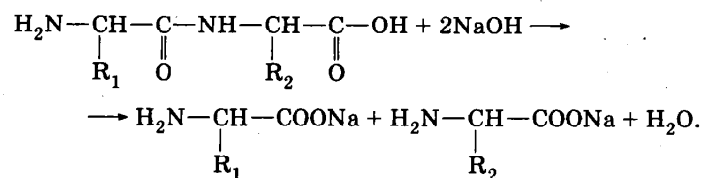
Количество вещества $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,90/18 = 0,05$ моль, $\nu(\text{дипептида}) = \nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,05$ моль. $M(\text{дипептида}) = m/\nu = 9,60/0,05 = 192$ г/моль. Молярная масса дипептидной цепи равна: $M(\text{H}_2\text{NCHCONHCHCOOH}) = 130$ г/моль, оставшиеся $192 - 130 = 62$ г/моль приходятся на два радикала. $M(\text{R}) = 62/2 = 31$ г/моль, что соответствует группе CH_2OH , входящей в состав серина. Структура искомого дипептида:



О т в е т. Серин-серин.

Задача 30-6. При полном гидролизе 14,6 г природного дипептида раствором гидроксида натрия (массовая доля щелочи 12%, плотность раствора 1,2 г/мл) из раствора выделено 11,1 г соли, массовая доля натрия в которой равна 20,72%. Установите возможную структурную формулу исходного дипептида и вычислите объем раствора щелочи, израсходованный на гидролиз.

Р е ш е н и е. Запишем уравнение щелочного гидролиза в общем виде:



Одна из солей содержит 20,72% Na, следовательно, ее молярная масса равна $23/0,2072 = 111$ г/моль и ее количество вещества составляет $11,1/111 = 0,1$ моль. Молярная масса углеводородного радикала, входящего в состав этой соли (это может быть как R_1 , так и R_2), равна: $M(\text{R}) = 111 - M(\text{H}_2\text{N}) - M(\text{CH}) - M(\text{COONa}) = 111 - 16 - 13 - 67 = 15$ г/моль. Этот радикал — CH_3 .

Найдем другой радикал. Количество вещества дипептида равно 0,1 моль, следовательно, его молярная масса равна $14,6/0,1 = 146$ г/моль. Молярная масса второго радикала равна: $146 - M(\text{H}_2\text{N}) - M(\text{CHCH}_3) - M(\text{CONH}) - M(\text{CH}) - M(\text{COOH}) = 146 - 16 - 28 - 43 - 13 - 45 = 1$ г/моль, этот радикал — H.

Таким образом, одна из кислот, образовавших дипептид, — аминокпроионовая, а другая — аминоксусная. Каждая из этих аминокислот может находиться либо в «голове» дипептида (со стороны группы $-\text{COOH}$), либо в «хвосте» (со стороны группы $-\text{NH}_2$), поэтому для дипептида возможны две формулы:

- 1) $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CONH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ (аланилглицин);
- 2) $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CONH}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$ (глицилаланин).

О т в е т. Аланилглицин или глицилаланин.

§ 30.2. Задачи и упражнения

30-1. Приведите структурные формулы всех аминокислотных кислот.

30-2. Приведите примеры изомерных аминокислот, отличающихся строением углеродного скелета.

30-3. Напишите общую формулу гомологического ряда глицина.

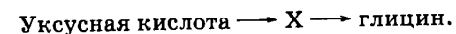
30-4. Напишите структурную формулу изомера аланина, не проявляющего кислотные свойства. С помощью какой реакции можно отличить это вещество от аланина?

30-5. Напишите структурные формулы простейшей ароматической аминокислоты и любого ее изомера, не проявляющего кислотные свойства.

30-6. Приведите примеры аминокислот, у которых преобладают: а) кислотные; б) основные свойства.

30-7. Напишите уравнения реакций, доказывающих амфотерность аланина.

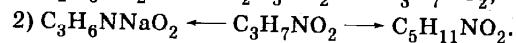
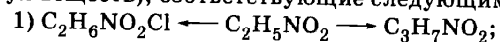
30-8. Напишите уравнения реакций, соответствующие схеме:



Определите неизвестное вещество X.

3. Органическая химия

30-9. Напишите уравнения реакций (с указанием структурных формул веществ), соответствующие следующим схемам:

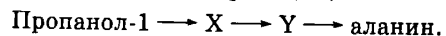


30-10. Вещество А представляет собой кристаллы, растворимые в воде. При действии бромоводородной кислоты вещество А образует соль В, а при действии гидроксида кальция — соль С. При сгорании вещества А образуются два газа, не поддерживающих горение, один из которых не вызывает помутнение известковой воды. Что из себя представляют вещества А, В и С? Приведите их формулы и уравнения реакций.

30-11. Напишите возможную формулу вещества А $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_2$, которое в реакции с хлороводородной кислотой превращается в соединение состава $\text{C}_9\text{H}_{12}\text{ClNO}_2$, а с гидроксидом натрия — $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{NNaO}_2$. Реагируя с пропанол-2, вещество А образует соединение $\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{NO}_2$. Приведите уравнения упомянутых реакций.

30-12. Соединение состава $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$ в реакции с гидроксидом натрия образует соединение состава $\text{C}_5\text{H}_7\text{NNa}_2\text{O}_4$, с хлороводородной кислотой — $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{ClNO}_4$, с этанолом в присутствии серной кислоты — $\text{C}_9\text{H}_{17}\text{NO}_4$. Предложите одну из возможных структур этого соединения и напишите уравнения упомянутых реакций.

30-13. Напишите уравнения реакций, соответствующие схеме:



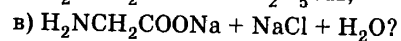
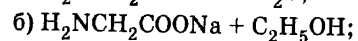
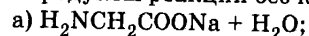
Определите неизвестные вещества X и Y.

30-14. Предложите схему получения этилового эфира аминокислоты, исходя из ацетилена и неорганических веществ.

30-15. Составьте уравнения реакций глицината аммония: а) с избытком щелочи; б) с избытком соляной кислоты.

30-16. Приведите примеры аминокислот, один моль которых может прореагировать с двумя молями: а) натрия; б) хлороводорода; в) гидроксида натрия; г) гидрокарбоната натрия.

*30-17. Какие два вещества вступили в реакцию и при каких условиях, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без коэффициентов):



Напишите полные уравнения реакций.

30-18. Установите формулу аминокислоты, 10,0 г которой могут прореагировать с 18,0 г 25%-ного раствора гидроксида натрия.

Глава 30. Аминокислоты, пептиды и белки

30-19. Вычислите массу 15%-ного раствора аминокислоты, которую можно получить из 15 г уксусной кислоты двухстадийным синтезом с выходом продукта на каждой стадии, равным 75%.

30-20. К 150 г 5%-ного раствора аминокислоты добавили 100 г 5%-ного раствора гидроксида калия. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

30-21. Какие вещества и в каких количествах образуются при действии 50 мл соляной кислоты с концентрацией 3 моль/л на 14,6 г лизина?

30-22. Какие вещества и в каких количествах образуются при действии 85 мл раствора гидроксида калия с концентрацией 2 моль/л на 14,7 г глутаминовой кислоты?

30-23. Этиловый эфир глицина массой 2,06 г прокипятили с раствором, содержащим 1,50 г гидроксида калия, и полученный раствор выпарили. Рассчитайте массу сухого остатка.

30-24. Метиловый эфир аланина массой 3,09 г прокипятили с раствором, содержащим 2,10 г гидроксида калия, и полученный раствор выпарили. Рассчитайте массу сухого остатка.

*30-25. 16,3 г смеси α -аминокислоты и первичного амина (молярное соотношение 3 : 1) могут прореагировать с 20 г 36,5%-ной соляной кислоты. Определите качественный и количественный (в граммах) состав смеси, если известно, что оба вещества содержат одинаковое число атомов углерода.

*30-26. Смесь массой 32,2 г, состоящая из пропиламина, аминокислоты и этилацетата, может прореагировать с хлороводородом объемом 4,93 л (н. у.). Та же смесь такой же массы может прореагировать с 200 мл 1,5 М раствора гидроксида калия. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.

30-27. Приведите в общем виде уравнение реакции образования соединений с пептидной связью.

30-28. Приведите структурные формулы двух изомерных пептидов.

30-29. Сколько дипептидов может быть получено из: а) трех аминокислот; б) n аминокислот?

30-30. Сколько трипептидов может быть получено из: а) двух аминокислот; б) n аминокислот?

30-31. Напишите структурные формулы двух природных дипептидов, состоящих из разных аминокислотных остатков и имеющих в молекуле шесть атомов углерода и три атома кислорода.

30-32. Напишите структурную формулу одного из природных трипептидов, в молекуле которого на пять атомов кислорода приходится два атома серы.

30-33. Напишите структурную формулу одного из природных трипептидов, в молекуле которого на один атом серы приходится пять атомов кислорода и четыре атома азота.

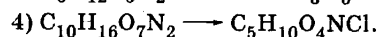
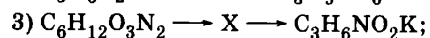
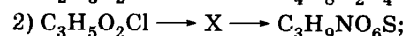
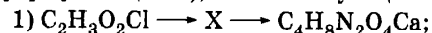
30-34. Напишите уравнения реакций одного и того же дипептида с избытком концентрированной соляной кислоты и с избытком концентрированного раствора щелочи при нагревании.

30-35. Молекулярная формула некоторой аминокислоты — $C_4H_9NO_3$. Напишите молекулярную формулу тетрапептида, образованного остатками этой кислоты.

***30-36.** Определите строение вещества, имеющего состав $C_6H_{12}O_3S_2N_2$, если известно, что из него можно получить соединение состава $C_3H_9O_6S_2N$.

***30-37.** При нагревании соединения А состава $C_7H_{12}N_2O_5$ с избытком концентрированной соляной кислоты образовалось соединение $C_5H_{10}NO_4Cl$. При обработке А разбавленной азотной кислотой (без нагревания) образуется вещество $C_7H_{13}N_3O_8$. Установите возможную структуру А и напишите уравнения реакций.

***30-38.** Напишите уравнения реакций (с указанием структурных формул веществ), соответствующие следующим схемам:



30-39. Какую массу дипептида состава $C_4H_8O_3N_2$ теоретически можно получить из 15,0 г уксусной кислоты? Напишите схему синтеза.

30-40. Для полного гидролиза образца дипептида массой 24,0 г потребовалось 2,7 г воды. Установите структуру дипептида, если известно, что при гидролизе образовалась только одна аминокислота.

30-41. При кислотном гидролизе 33 г дипептида образовалось только одно вещество — хлороводородная соль одной из аминокислот. Масса этой соли равна 55,75 г. Установите строение дипептида.

- 30-42. Для полного гидролиза образца трипептида массой 27,9 г потребовалось 3,6 г воды. Установите структуру трипептида, если известно, что при гидролизе образовалась только одна аминокислота.

***30-43.** При гидролизе нескольких дипептидов образовалась смесь глицина, фенилаланина, глутаминовой кислоты и лизина. Один из дипептидов разделили на две равные части. Одну часть обра-

ботали избытком раствора гидрокарбоната натрия и получили 3,36 л газа (н. у.). Вторая часть смогла прореагировать с 20 мл бромоводородной кислоты (концентрация 2,5 моль/л). Установите строение дипептида и его исходную массу.

***30-44.** При гидролизе нескольких дипептидов образовалась смесь глицина, фенилаланина, глутаминовой кислоты и лизина. Один из дипептидов разделили на три равные части. Одну часть обработали избытком раствора гидрокарбоната калия и получили 1,68 л газа (н. у.). Вторая часть смогла прореагировать с 30 мл азотной кислоты (концентрация 2,5 моль/л). Для гидролиза третьей части дипептида потребовалось 1,35 мл воды, а масса образовавшихся продуктов оказалась равной 18,0 г. Установите возможное строение дипептида и его исходную массу.

***30-45.** При частичном гидролизе некоторого пептида А, имеющего молекулярную массу 307 г/моль и содержащего 13,7% азота по массе, получено два пептида, В и С. Образец пептида В массой 0,480 г может при нагревании вступить в реакцию с 11,2 мл 0,536 М соляной кислоты. Образец пептида С массой 0,708 г полностью реагирует при нагревании с 15,7 мл 2,1%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,02 г/мл). Установите возможную структурную формулу пептида А и назовите его.

***30-46.** При частичном гидролизе некоторого пептида А, имеющего молекулярную массу 293 г/моль и содержащего 14,3% азота по массе, получено два пептида, В и С. Образец пептида В массой 0,472 г может при нагревании вступить в реакцию с 18 мл 0,222 М раствора HCl. Образец пептида С массой 0,666 г полностью реагирует при нагревании с 14,7 мл 1,6%-ного раствора NaOH (плотность 1,022 г/мл). Приведите две структуры пептида А, отвечающие условию задачи.

30-47. Оцените молекулярную массу белка инсулина, если известно, что в его состав входят шесть остатков цистеина, а массовая доля серы равна 3,3%.

30-48. Какая масса воды израсходуется при полном гидролизе 10,0 г инсулина (см. предыдущую задачу), если известно, что в состав этого белка входит 51 аминокислотный остаток?

30-49. Некоторый белок построен из девяти разных аминокислотных остатков. Сколько может существовать изомерных ему белков с тем же аминокислотным составом?

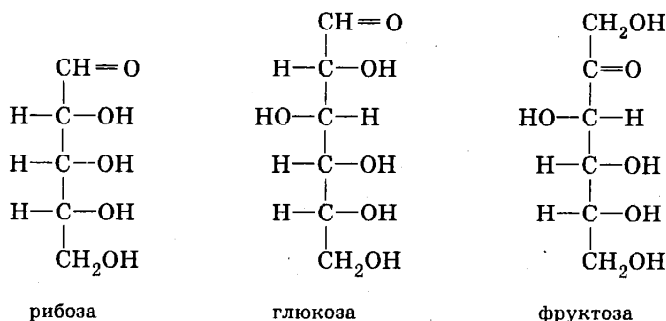
***30-50.** Один из простейших белков — окситоцин — состоит из девяти аминокислотных остатков, два из которых одинаковы. Сколько может существовать изомерных окситоцину белков с тем же аминокислотным составом?

ГЛАВА 31

Углеводы

Углеводы — это природные органические соединения, имеющие общую формулу $C_m(H_2O)_n$ ($m, n > 3$). Углеводы делят на три основные группы: моносахариды, дисахариды и полисахариды.

Моносахаридами называют такие углеводы, которые не могут гидролизоваться с образованием более простых углеводов. По числу атомов углерода моносахариды делят на тетразы ($C_4H_8O_4$), пентозы ($C_5H_{10}O_5$) и гексозы ($C_6H_{12}O_6$). Важнейшие гексозы — рибоза, глюкоза и фруктоза:

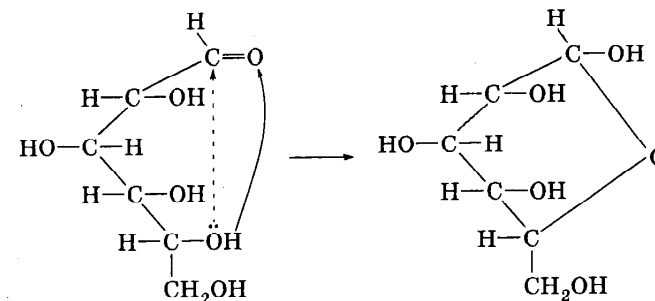


Все моносахариды представляют собой бифункциональные соединения, в состав которых входят неразветвленный углеродный скелет, несколько гидроксильных групп и одна карбонильная группа. Моносахариды с альдегидной группой называют *альдозами*, а с кетогруппой — *кетозами*. Так, глюкоза — это альдогексоза, а фруктоза — это кетогексоза.

Все моносахариды проявляют химические свойства многоатомных спиртов и некоторые свойства карбонильных соединений. В частности, альдозы могут окисляться до спиртокислот и восстанавливаться до спиртов, содержащих одну дополнительную гидроксильную группу. Для моносахаридов характерны также реакции *брожения*, которые протекают с расщеплением углеродного скелета.

Дисахариды — это продукты конденсации двух моносахаридов, например сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$. Полисахариды (крахмал, целлюлоза) образованы большим числом молекул моносахаридов. Важнейшее химическое свойство ди- и полисахаридов — способность к гидролизу с образованием моносахаридов.

Молекулы всех моносахаридов, а также многих дисахаридов могут существовать в линейной и циклической формах. Циклические формы образуются из линейных за счет присоединения одной из гидроксильных групп к карбонильной группе, например:



Образующиеся циклы содержат пять или шесть атомов, один из которых — кислород.

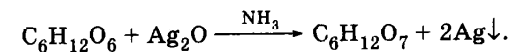
Основная биологическая роль углеводов заключается в том, что реакции их окисления дают энергию для жизненных процессов.

Рекомендуемая литература: [Кузьменко, Дрофа, 1997, § 25], [Кузьменко, ФКК, 1998, гл. 28], [Фримантл, т. 2, гл. 20.2], [Еремина, 1998, § 26], [Потапов, гл. 19].

§ 31.1. Типовые задачи с решениями

Задача 31-1. Какие химические реакции подтверждают тот факт, что глюкоза — вещество с двойственной химической функцией?

Решение. Наличие альдегидной группы в составе глюкозы можно доказать по реакции «серебряного зеркала»:



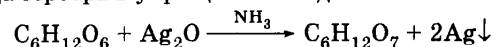
Как многоатомный спирт, глюкоза образует ярко-синий раствор со свежеосажденным гидроксидом меди (II).

О т в е т. Реакции с Ag_2O и $Cu(OH)_2$.

Задача 31-2. Рассчитайте, сколько серебра можно получить при взаимодействии 18 г глюкозы с избытком аммиачного раствора оксида серебра. Какой объем (н. у.) газа выделится при спиртовом брожении такого же количества глюкозы, если выход продукта реакции составляет 75%?

3. Органическая химия

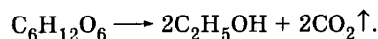
Решение. Запишем уравнение реакции с аммиачным раствором оксида серебра в упрощенном виде:



(на самом деле образуется не глюконовая кислота $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$, а ее аммонийная соль, однако на массу серебра это упрощение не влияет).

$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 18/180 = 0,1$ моль, $\nu(\text{Ag}) = 2 \cdot \nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,2$ моль. $m(\text{Ag}) = 0,2 \cdot 108 = 21,6$ г.

Реакция спиртового брожения глюкозы описывается уравнением:



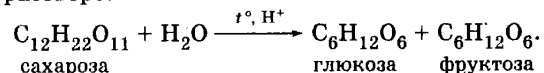
Из 0,1 моль глюкозы теоретически можно получить 0,2 моль CO_2 , а практически — $0,2 \cdot 0,75 = 0,15$ моль, которые занимают объем $0,15 \cdot 22,4 = 3,36$ л.

Ответ. 21,6 г серебра; 3,36 л углекислого газа.

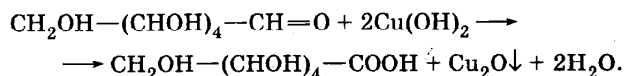
Задача 31-3. С помощью каких реакций можно осуществить следующие превращения:

сахароза \rightarrow глюкоза \rightarrow глюконовая кислота?

Решение. Сахароза гидролизуется при нагревании в подкисленном растворе:



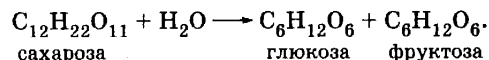
Глюкоза окисляется свежесажженным гидроксидом меди (II) с образованием глюконовой кислоты ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$):



Ответ. Гидролиз с последующим окислением.

Задача 31-4. При полном гидролизе сахарозы образовалось 270 г смеси глюкозы и фруктозы. Определите массы сахарозы и воды, которые вступили в реакцию.

Решение. Гидролиз сахарозы описывается уравнением:



1-й способ (пропорция). При гидролизе одного моля сахарозы ($M_r = 342$) расходуется один моль воды ($M_r = 18$) и образуется по одному молю глюкозы и фруктозы ($M_r = 180$) общей массой $180 + 180 = 360$ г. Составляем две пропорции:

Глава 31. Углеводы

1) 342 г сахарозы \rightarrow 360 г смеси 2) 18 г воды \rightarrow 360 г смеси
 x г сахарозы \rightarrow 270 г смеси y г воды \rightarrow 270 г смеси
 $x = 270 \cdot 342/360 = 256,5$; $y = 270 \cdot 18/360 = 13,5$.

2-й способ (через количество вещества). Пусть в реакцию вступило x моль сахарозы, тогда образовалось по x моль глюкозы и фруктозы. Масса смеси равна: $270 = m(\text{глюкозы}) + m(\text{фруктозы}) = 180x + 180x = 360x$, откуда $x = 0,75$.

$m(\text{сахарозы}) = \nu \cdot M = 0,75 \cdot 342 = 256,5$ г.

Согласно уравнению реакции масса воды равна массе полученной смеси за вычетом массы сахарозы: $m(\text{H}_2\text{O}) = 270 - 256,5 = 13,5$ г.

Ответ. 256,5 г сахарозы, 13,5 г воды.

Задача 31-5. Установите формулу сложного эфира, образованного целлюлозой и азотной кислотой, если известно, что он содержит 6,76% азота по массе.

Решение. Запишем формулу целлюлозы в виде $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3)_n$. В реакции этерификации с азотной кислотой от одной до трех групп $-\text{OH}$ могут превращаться в группы $-\text{ONO}_2$. Пусть число превращенных групп равно x , тогда общая формула сложного эфира: $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_{3-x}(\text{ONO}_2)_x)_n$.

Мономерное звено $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_{3-x}(\text{ONO}_2)_x$ содержит такую же долю азота, что и вся макромолекула. Рассмотрим один моль мономерных звеньев. Его масса равна молярной массе: $6 \cdot 12 + 7 + 2 \cdot 16 + (3-x) \cdot 17 + x \cdot 62 = 162 + 45x$ г. В нем содержится x моль атомов азота массой $14x$ г. По условию массовая доля азота равна 6,76%:

$$14x/(162 + 45x) = 0,0676,$$

откуда $x = 1$. Сложный эфир — мононитрат целлюлозы $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_2(\text{ONO}_2))_n$.

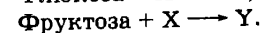
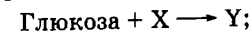
Ответ. $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_2(\text{ONO}_2))_n$.

§ 31.2. Задачи и упражнения

31-1. Приведите уравнение реакции, с помощью которой можно различить глюкозу и фруктозу.

31-2. Какая реакция, характерная для альдегидов, не свойственна глюкозе?

31-3. Напишите уравнения реакций по следующей схеме:



Определите неизвестные вещества X и Y.

3. Органическая химия

31-4. С помощью каких реакций можно доказать наличие в молекуле глюкозы: а) альдегидной группы; б) пяти гидроксильных групп?

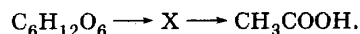
31-5. Напишите уравнение реакции брожения глюкозы, при котором не выделяются газообразные продукты.

31-6. Как можно получить из глюкозы шесть разных калиевых солей, в состав которых входит углерод?

31-7. Полученное из глюкозы соединение $C_6H_{14}O_6$ в реакции с натрием образует соединение состава $C_6H_8Na_6O_6$, с гидроксидом меди (II) — комплексное соединение сине-фиолетового цвета. Напишите структурную формулу этого соединения и уравнения упомянутых реакций.

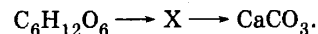
31-8. Полученное из глюкозы соединение $C_3H_6O_3$ в реакции с натрием образует соединение состава $C_3H_4Na_2O_3$, с карбонатом кальция — $C_6H_{10}CaO_6$, с этанолом в присутствии серной кислоты — $C_5H_{10}O_3$. Назовите это соединение и напишите уравнения реакций.

31-9. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



Определите неизвестное вещество X.

31-10. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



Определите неизвестное вещество X.

31-11. Дезоксиуглеводы — это аналоги углеводов, в которых одна группа —ОН заменена на атом водорода. Определите молекулярную формулу дезоксирибозы. Напишите уравнения ее реакций с водородом и аммиачным раствором оксида серебра.

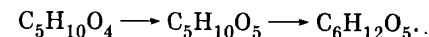
31-12. Как распознать при помощи одного реактива глицерин, уксусный альдегид, уксусную кислоту, глюкозу? Напишите уравнения реакций.

31-13. Напишите общую молекулярную формулу гомологического ряда фруктозы. Приведите структурную формулу одного из членов ряда, содержащего 16 атомов водорода в молекуле.

*31-14. Имея в своем распоряжении из органических веществ только глюкозу, получите два сложных эфира, молекулы которых содержат по пять атомов углерода.

Глава 31. Углеводы

*31-15. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений (каждая стрелка — одна реакция):



Напишите структурные формулы реагентов и укажите условия проведения реакций.

*31-16. Моносахарид ксилоза отличается от рибозы расположением гидроксильной группы у третьего углеродного атома. Приведите схему, показывающую образование циклической формы ксилозы (α и β) из линейной.

31-17. Раствор глюкозы массой 200 г вступил в реакцию с избытком аммиачного раствора оксида серебра; при этом образовалось 8,64 г осадка. Вычислите массовую долю глюкозы в растворе.

31-18. При брожении глюкозы получено 11,5 г этанола. Какой объем углекислого газа (н. у.) при этом выделился?

31-19. Дерево при максимальной интенсивности фотосинтеза способно превращать за сутки 50 г оксида углерода (IV) в углеводы. Сколько литров кислорода (н. у.) при этом выделяется?

*31-20. Рассчитайте плотность по воздуху смеси газов, образующихся при маслянокислом брожении глюкозы.

31-21. Сколько граммов глюкозы требуется для получения этилового спирта, если известно, что при нагревании полученного спирта с концентрированной серной кислотой образуется 10 мл диэтилового эфира (плотность 0,925 г/мл) с выходом 50%?

31-22. Вычислите массу 10%-ного раствора глюкозы, подвергшегося брожению, если известно, что при этом выделилось столько же газа, сколько его образуется при полном сгорании 35 мл этанола (плотность 0,8 г/мл).

*31-23. Какую массу полного уксуснокислого сложного эфира можно получить из 20 г фруктозы? Какой реактив для этого понадобится?

31-24. Некоторое количество глюкозы разделили на две части в соотношении 1 : 2. Меньшую часть окислили аммиачным раствором оксида серебра и получили 21,6 г осадка. Какую массу шестиатомного спирта можно получить при восстановлении второй части глюкозы, если выход этой реакции составляет 75%?

*31-25. Определите возможное строение кислородсодержащего органического соединения, 18 г которого могут прореагировать с 23,2 г оксида серебра (аммиачный раствор), а объем кислорода, необходимый для сжигания такого же количества этого вещества, равен объему образующегося при его сгорании оксида углерода (IV).

*31-26. Смесь ацетальдегида и глюкозы общей массой 2,68 г растворили в воде и полученный раствор прибавили к аммиачному рас-

твору оксида серебра, приготовленному из 36 мл 34%-ного раствора нитрата серебра (плотность 1,4 г/мл). Выпавший при легком нагревании осадок отфильтровали и к нейтрализованному азотной кислотой фильтрату прибавили избыток раствора хлорида калия. При этом выпало 5,74 г осадка. Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси. Напишите необходимые уравнения реакций.

*31-27. При реакции образца углевода с избытком уксусного ангидрида в пиридине образовалось 7,80 г сложного эфира и 5,40 г уксусной кислоты. Такой же образец углевода обработали избытком нитрата серебра в аммиачном растворе и получили 6,48 г осадка. Установите молекулярную формулу углевода и напишите его возможные структуры в линейной и фуранозной формах.

31-28. Напишите общие молекулярные формулы дисахаридов и трисахаридов, образованных гексозами.

31-29. Приведите структурную формулу мальтозы, которая представляет собой дисахарид, образованный двумя остатками α -глюкозы, связанными между собой через первый и четвертый атомы углерода.

*31-30. Целлобиоза — это изомер сахарозы, образованный двумя остатками β -глюкозы, которые связаны между собой через первый и четвертый атомы углерода. Напишите структурные формулы целлобиозы и продукта ее взаимодействия с метиловым спиртом в присутствии хлороводорода. Могут ли эти соединения вступать в реакцию «серебряного зеркала»?

*31-31. Сколько гидроксильных групп содержится в молекулах: а) сахарозы; б) мальтозы? Сколько из них могут реагировать с метанолом в присутствии соляной кислоты?

31-32. Соединение А — бесцветные кристаллы сладкого вкуса, хорошо растворимые в воде. При гидролизе А образуются два вещества с одинаковой относительной молекулярной массой, одно из которых — В — вступает в реакцию «серебряного зеркала», превращаясь в С, а другое — нет. Приведите возможные формулы веществ А, В, С и уравнения реакций.

31-33. Соединение А — белый нерастворимый в воде порошок, набухающий в горячей воде с образованием клейстера. Конечным продуктом гидролиза является вещество В, которое под действием фермента молочнокислых бактерий образует соединение С с двойственной химической функцией, накапливающееся при скисании молока. Приведите формулы веществ А, В, С и уравнения реакций.

31-34. Соединение А — твердое волокнистое вещество, не растворяющееся ни в воде, ни в обычных органических растворителях. Под действием избытка азотной кислоты соединение А переходит в сложный эфир В, а под действием избытка уксусного ангидрида —

в сложный эфир С. Приведите формулу вещества А и возможные формулы веществ В и С, а также уравнения реакций.

31-35. Как можно убедиться в том, что сахароза в стакане сладкого чая не гидролизуется?

31-36. Предложите способ получения этилацетата из сахарозы. Напишите уравнения необходимых реакций.

31-37. Из сахарозы, не используя других углеродсодержащих соединений, получите пентаацетат глюкозы.

31-38. Приведите примеры реакций этерификации с участием целлюлозы (не менее двух).

31-39. Какие продукты могут образоваться при частичном и полном гидролизе крахмала?

31-40. Напишите схемы основных реакций, протекающих в процессе приготовления самогона из картофеля.

31-41. Каким образом из древесных отходов можно получить искусственный каучук? Приведите уравнения реакций.

*31-42. Установите простейшую формулу углевода, который содержит 49,4% кислорода по массе.

31-43. Какой объем углекислого газа (при температуре 15 °С и давлении 96 кПа) образуется при сжигании 85,5 г сахарозы?

31-44. В каком соединении массовая доля углерода больше: в глюкозе или в сахарозе? Постарайтесь ответить качественно, не используя расчетов.

31-45. Сколько звеньев $C_6H_{10}O_5$ содержится в целлюлозе: а) льняного волокна ($M_r = 5,9$ млн); б) хлопкового волокна ($M_r = 1,75$ млн)?

31-46. Массовая доля крахмала в картофеле составляет 20%. Какую массу глюкозы можно получить из 1620 кг картофеля, если выход продукта реакции составляет 75% от теоретического?

31-47. Сколько граммов спирта можно получить из 1 кг кукурузных зерен, которые содержат 70% крахмала по массе?

31-48. Из чего можно получить больше этилового спирта: из 1 кг глюкозы или 1 кг крахмала при условии, что все реакции протекают количественно? Ответ обоснуйте, не прибегая к расчетам.

31-49. Какая масса целлюлозы потребуется для получения 356,4 кг тринитроцеллюлозы?

31-50. Установите формулу сложного эфира, образованного целлюлозой и азотной кислотой, если известно, что он содержит 14,14% азота по массе.

*31-51. При полном гидролизе 198 г полисахарида образовалось 225 г моносахарида. Определите молекулярную формулу моносахарида. Найдите среднюю степень полимеризации, если известно, что в реакцию вступило 10^{20} молекул полисахарида.

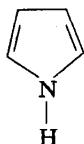
ГЛАВА 32

Азотсодержащие гетероциклические соединения. Нуклеиновые кислоты

В азотсодержащих гетероциклических соединениях атом азота входит в состав цикла. В зависимости от числа атомов в цикле различают пяти- и шестичленные гетероциклы. Важнейший пятичленный гетероцикл — пиррол, шестичленный — пиридин:



пиридин

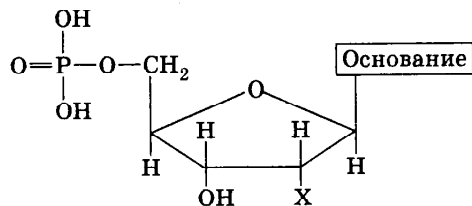


пиррол

В молекуле пиррола неподеленная пара электронов атома азота входит в состав ароматической π -электронной системы, поэтому пиррол лишен основных свойств. Напротив, неподеленная пара электронов атома азота в пиридине свободна, поэтому пиридин проявляет свойства слабого основания.

Нуклеиновые кислоты — это природные высокомолекулярные соединения, *полинуклеотиды*, которые играют огромную роль в хранении и передаче наследственной информации. Молекулярная масса нуклеиновых кислот может меняться от 100 тыс. до 100 млн. Мономерной единицей нуклеиновых кислот являются *нуклеотиды*.

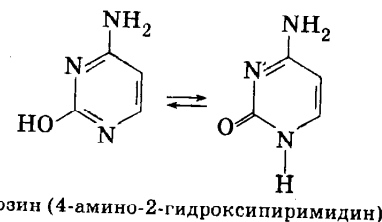
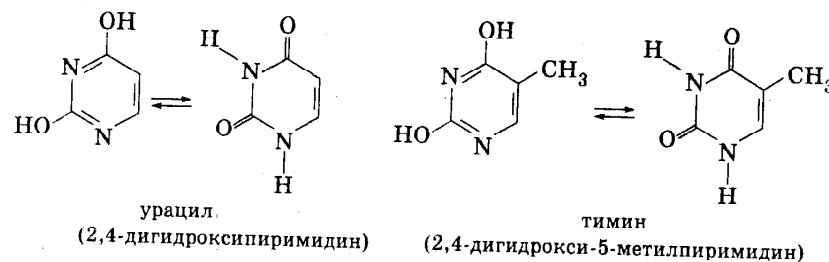
В состав нуклеотидов входят азотистые основания, углеводы (β -рибоза или β -деоксирибоза) и фосфорная кислота. Общая формула нуклеотидов:



где X = OH для рибонуклеотидов, построенных на основе рибозы, и X = H для дезоксирибонуклеотидов, построенных на основе дезоксирибозы. Нуклеиновые кислоты, состоящие из рибонуклеотидов, на-

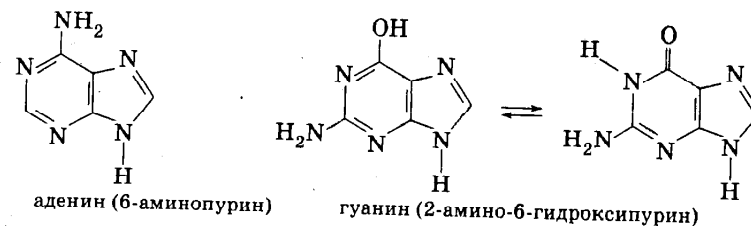
зываются *рибонуклеиновыми кислотами (РНК)*. Нуклеиновые кислоты, состоящие из дезоксирибонуклеотидов, называются *дезоксирибонуклеиновыми кислотами (ДНК)*.

Азотистые основания, входящие в состав нуклеиновых кислот, делят на два класса — пиримидиновые и пуриновые основания. Пиримидиновые основания — это производные пиридина: *урацил, тимин, цитозин*.



Каждое из этих оснований может существовать в двух формах. В свободном состоянии эти основания существуют в ароматической форме, а в состав нуклеиновых кислот они входят в NH-форме.

Пуриновые основания — это производные пурина: *аденин, гуанин*.



В состав РНК входят аденин, гуанин, цитозин и урацил. В состав ДНК входят эти же основания, за исключением урацила, которого заменяет тимин.

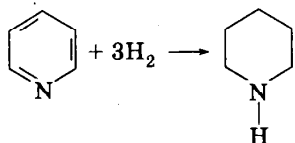
Биологическая роль нуклеиновых кислот заключается в том, что ДНК хранит наследственную информацию организма в виде последовательности дезоксирибонуклеотидов, различающихся азотистыми основаниями. В ДНК в закодированном виде записан состав всех белков организма. Каждой аминокислоте, входящей в состав белков, соответствует свой код в ДНК, а именно — три конкретных нуклеотида. Молекулы РНК переносят информацию от ДНК к местам клетки, где происходит синтез белка.

Рекомендуемая литература: [Кузьменко, Дрофа, 1997, § 27], [Кузьменко, ФКК, 1998, гл. 31], [Фримантл, т. 2, гл. 20.2], [Еремина, 1998, § 28], [Потапов, гл. 21, 22].

§ 32.1. Типовые задачи с решениями

Задача 32-1. Какой объем водорода понадобится для каталитического гидрирования 100 г пиридина при температуре 200 °С и давлении 500 кПа?

Решение. Для гидрирования пиридина необходимо трехкратное количество водорода, при этом ароматическая система разрушается и образуется циклический вторичный амин:

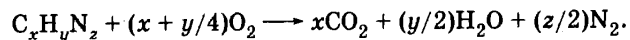


Количество вещества $\nu(\text{C}_5\text{H}_5\text{N}) = m/M = 100/79 = 1,27$ моль, $\nu(\text{H}_2) = 3 \cdot \nu(\text{C}_5\text{H}_5\text{N}) = 3,81$ моль. Объем водорода можно найти по уравнению Клапейрона—Менделеева: $V = \nu RT/P = 3,81 \cdot 8,31 \cdot 473/500 = 30,0$ л.

Ответ. 30,0 л H_2 .

Задача 32-2. При сжигании образца азотсодержащего гетероциклического соединения, не содержащего заместителей в кольце, образовалось 1,2 л углекислого газа, 0,75 л паров воды и 0,15 л азота (объемы измерялись при одинаковых условиях). Установите возможную структуру этого соединения.

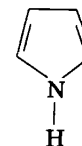
Решение. Общая формула азотсодержащего гетероциклического соединения, не содержащего заместителей в кольце, — $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z$. Уравнение сгорания имеет вид:



По закону Авогадро отношение объемов продуктов реакции равно отношению коэффициентов в уравнении реакции, поэтому

$$x : y/2 : z/2 = 1,2 : 0,75 : 0,15 = 8 : 5 : 1.$$

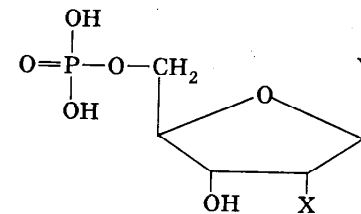
Минимальные значения x, y, z , удовлетворяющие этому соотношению, равны: $x = 4, y = 5, z = 1$. Молекулярная формула гетероцикла — $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$. Это — пиррол:



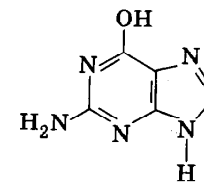
Ответ. $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$ — пиррол.

Задача 32-3. Установите структуру нуклеотида, имеющего молекулярную формулу $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_5\text{O}_8\text{P}$.

Решение. Общая формула нуклеотидов:



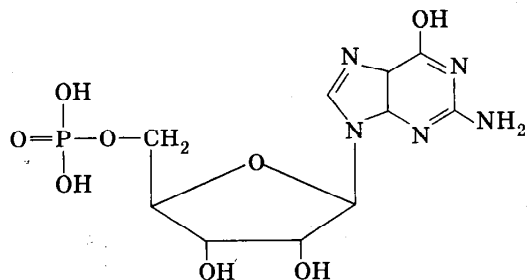
где X — H (для дезоксирибонуклеотидов) или —OH (для рибонуклеотидов), Y — азотистое основание. Согласно молекулярной формуле нуклеотида, в состав основания Y входят пять атомов азота, пять атомов углерода (другие пять атомов углерода входят в состав остатка углевода — рибозы или дезоксирибозы) и один или два атома кислорода. Единственное азотистое основание, удовлетворяющее этим требованиям, — гуанин:



Поскольку в состав нуклеотида входят 8 атомов кислорода, а в состав остатков фосфорной кислоты и основания — пять (четыре из

кислоты и один из оснований), то остаток углевода должен содержать три атома кислорода, т. е. $X = \text{OH}$; углевод — рибоза.

Искомый нуклеотид построен из остатков рибозы, гуанина и фосфорной кислоты. Его структурная формула:



О т в е т. Нуклеотид построен из остатков рибозы, гуанина и фосфорной кислоты.

§ 32.2. Задачи и упражнения

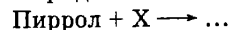
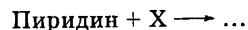
32-1. Сколько электронов содержит ароматическая система: а) пиридина; б) пиррола? Сколько из них принадлежали атому азота?

32-2. Напишите общие формулы гомологических рядов пиррола и пиридина.

32-3. Сколько ближайших гомологов имеет пиридин? Напишите их структурные формулы.

32-4. Напишите уравнения реакций, доказывающих сходство пиридина с аммиаком.

32-5. Напишите уравнения реакций по следующей схеме:



Определите неизвестное вещество X.

32-6. Напишите структурные формулы всех возможных диметилпиридинов.

32-7. Некоторое производное пиридина имеет молекулярную формулу $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$. Известно, что это вещество реагирует с гидрокарбонатом натрия. Установите его возможную структурную формулу.

32-8. Напишите формулы всех изомерных соединений, имеющих в своем составе только пиррольное кольцо и два метильных радикала.

32-9. Напишите структурную формулу одного из вторичных аминов, изомерных этилпиридину.

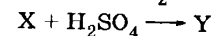
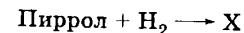
32-10. Объясните, почему продукт полного гидрирования пиррола — пирролидин — имеет свойства достаточно сильного основания.

32-11. Вещество А — бесцветная жидкость, неограниченно растворимая в воде, содержится в каменноугольной смоле. Вещество А обладает слабоосновными свойствами. Продукт гидрирования вещества А — вещество В — основание, которое с соляной кислотой образует соль С. Что собой представляют вещества А, В, С? Напишите уравнения реакций.

32-12. Приведите по одному примеру реакций замещения и присоединения с участием пиридина.

32-13. Приведите по одному примеру реакций замещения и присоединения с участием пиррола.

32-14. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



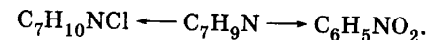
32-15. При сжигании образца азотсодержащего гетероциклического соединения, не содержащего заместителей в кольце, образовалось 7,5 л углекислого газа, 3,75 л паров воды и 0,75 л азота (объемы измерены при одинаковых условиях). Установите структуру исходного соединения.

32-16. При взаимодействии 115 г бензольного раствора пиррола с металлическим калием выделилось 1,12 л газа (н. у.). Вычислите массовые доли веществ в исходном растворе.

32-17. Образец гомолога пиридина массой 7,49 г может полностью прореагировать с 25,6 г 10%-ной соляной кислоты. Определите молекулярную формулу гомолога и напишите структурные формулы четырех его изомеров.

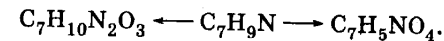
32-18. Даны образцы пиррола и пиридина равной массы. Какой образец может присоединить больше водорода?

*32-19. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



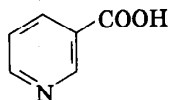
Напишите структурные формулы реагентов.

*32-20. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



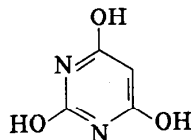
Напишите структурные формулы реагентов.

32-21. Предскажите химические свойства ценного фармацевтического сырья — никотиновой кислоты:



Напишите по одному уравнению реакций, характеризующих свойства функциональной группы, гетероатома и ароматической системы.

32-22. Предскажите химические свойства барбитуровой кислоты:



производные которой применяются в качестве снотворных средств. Напишите по одному уравнению реакций, характеризующих свойства гетероатомов, функциональных групп и ароматической системы.

*32-23. Органическое соединение А с молекулярной формулой C_6H_7ON при действии избытка хлороводорода образует вещество В состава $C_6H_7NCl_2$. При каталитическом гидрировании А превращается в соединение В состава $C_6H_{13}ON$, а при кипячении с нейтральным раствором перманганата калия дает вещество Г состава $C_6H_4O_2NK$. При действии ацетилхлорида исходное соединение А превращается в соединение Д состава $C_8H_{10}O_2NCl$, которое при действии гидрокарбоната калия превращается в соединение Е состава $C_8H_9O_2N$. Предложите возможные структурные формулы веществ А — Е и напишите уравнения проведенных реакций.

*32-24. Как изменится масса трубки с раскаленным оксидом меди (II) после пропускания через нее водорода, полученного при взаимодействии металлического калия с 15 г смеси глицерина, фенола и пиррола с мольным соотношением веществ 1 : 2 : 3 соответственно?

*32-25. Смесь пиррола, 3-метилпиридина и бутанола-2 реагирует с избытком калия с выделением 6,01 л водорода (измерено при 20 °С и давлении 1 атм). Такое же количество смеси после исчерпывающего каталитического гидрирования может прореагировать с 76,0 г 36% -ной соляной кислоты. Найдите массу 3-метилпиридина в исходной смеси. Все реакции идут количественно.

32-26. Перечислите основные отличия РНК от ДНК.

32-27. Какие продукты образуются при: а) частичном; б) полном гидролизе нуклеиновых кислот?

32-28. Какой из нуклеозидов имеет наименьшее число атомов кислорода в молекуле? Напишите его структурную формулу.

32-29. Какой из нуклеотидов имеет наибольшее число атомов кислорода в молекуле? Напишите его структурную формулу.

32-30. Установите структуру нуклеотида, имеющего молекулярную формулу $C_{10}H_{14}N_5O_6P$.

32-31. Установите структуру нуклеотида, имеющего молекулярную формулу $C_9H_{14}N_3O_8P$.

32-32. В одной из цепей ДНК аденина 29% (мольная доля), гуанина 26%, тимина 21%. Определите мольное содержание оснований в комплементарной цепи.

*32-33. Органическое основание Х образуется при гидролизе некоторых нуклеотидов. При полном сгорании 1,68 г этого основания образовалась газовая смесь, которую пропустили через трубку с негашеной известью (оксидом кальция). Масса трубки увеличилась на 3,18 г. Содержимое трубки промыли большим количеством воды. Масса нерастворившегося остатка составила 6,00 г. Установите структурную формулу вещества Х и приведите два уравнения реакций, характеризующих его химические свойства.

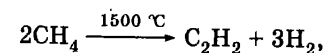
*32-34. При обработке продуктов гидролиза 4,83 г дезоксирибонуклеотида, содержащего 8,70% азота по массе, избытком известковой воды выпало 2,325 г осадка. Установите структурную формулу дезоксирибонуклеотида и напишите уравнения реакций.

ГЛАВА 33

Природные источники и промышленные способы получения органических веществ

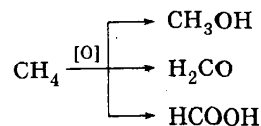
Все органические вещества, используемые в быту, в промышленности и в лабораториях, получают из углеводородов, которые содержатся в трех основных природных источниках: природном газе, нефти и каменном угле.

Природный газ содержит в основном метан с небольшими добавками этана, пропана, бутана. При его промышленной переработке получают ацетилен:

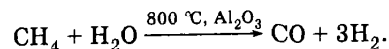


3. Органическая химия

простейшие кислородсодержащие соединения:



и синтез-газ:

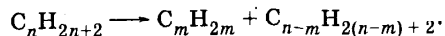


Главное преимущество природного газа — низкая себестоимость.

Каменный уголь — ценный природный источник ароматических соединений. При его коксовании образуются кокс, коксовый газ и каменноугольная смола, содержащая бензол, пиридин, фенол, нафталин и их гомологи.

Важнейший источник органических соединений — нефть, которая представляет собой сложную смесь углеводородов: алканов, циклоалканов и ароматических углеводородов. Соотношение этих компонентов может меняться в достаточно широком диапазоне в зависимости от типа месторождения. Нефть перерабатывают физическим и химическим способами. Физический способ — это разделение смеси на фракции путем перегонки. При этом получают разные виды топлива: бензин, лигроин, керосин, дизельное топливо, а также мазут.

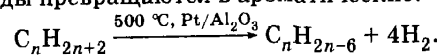
Наиболее ценные продукты получают при химической переработке нефти: крекинге, пиролизе и ароматизации. Крекинг — это разложение высших углеводородов на более простые, которое происходит при сильном нагревании нефти (~500 °C) с катализаторами (каталитический крекинг) или в их отсутствие (термический крекинг):



При крекинге образуются предельные и непредельные углеводороды, причем в присутствии катализаторов они имеют преимущественно разветвленную структуру.

При более сильном нагревании (700—900 °C) происходит пиролиз нефти, т. е. более глубокий, чем при крекинге, распад с образованием простейших углеводородов, в частности этилена, бензола и толуола.

Ароматизация нефти происходит при сильном нагревании без доступа воздуха и в присутствии катализаторов. При этом предельные углеводороды превращаются в ароматические:



Полученные из первичных источников углеводороды используют дальше в химической промышленности для синтеза следующих

Глава 33. Природные источники и промышленные способы получения

веществ: пластмасс, синтетического каучука, химических волокон, синтетического топлива, красителей, фармацевтических препаратов, химических реактивов. В настоящее время из нефти получают 90% всех органических соединений.

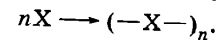
Промышленные методы синтеза органических соединений часто отличаются от лабораторных. Основное требование к промышленному процессу — низкая себестоимость продукта, поэтому в промышленности используют дешевые и доступные в больших количествах вещества: кислород, водород, воду, уголь и т. д. Кроме того, в промышленных синтезах довольно часто в качестве реагентов используют не индивидуальные вещества, а смеси.

Другое отличие промышленных методов синтеза от лабораторных заключается в том, что в промышленных масштабах легче создавать жесткие условия проведения реакций: высокие температуры, давление, специальные катализаторы.

В последнее время все более важное значение приобретают проблемы экологии, поэтому при разработке промышленных процессов особое внимание уделяют проблеме утилизации токсичных отходов.

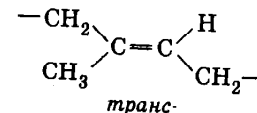
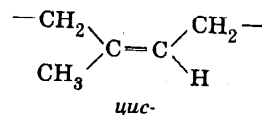
Из перечисленных выше продуктов промышленности органического синтеза мы кратко рассмотрим только те, которые относятся к полимерам. Полимеры — это соединения с большой молекулярной массой, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся фрагментов. Полимеры получают с помощью реакций двух основных типов — полимеризации и поликонденсации.

Полимеризация протекает по общему уравнению:



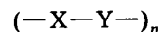
Молекула X называется мономером. Реакции полимеризации идут в результате присоединения по кратным связям или за счет раскрытия циклов. При полимеризации получают пластмассы (полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид) и синтетический каучук (бутадиеновый и изопреновый).

Свойства полимеров зависят от их строения, которое, в свою очередь, определяется условиями синтеза. Наиболее ценными свойствами обладают полимеры с регулярным, т. е. строго повторяющимся, строением. Например, мономерное звено изопренового каучука (синтетического или натурального) содержит двойную связь и может иметь *цис*- или *транс*-конфигурацию:

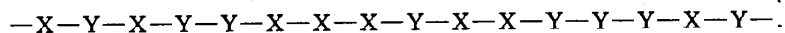


В натуральном каучуке почти все звенья имеют одну и ту же *цис*-конфигурацию. Чем выше доля таких звеньев в синтетическом каучуке, тем ближе он по свойствам к натуральному.

Для управления свойствами пластмасс и каучуков иногда используют сополимеризацию, т. е. реакцию, в которой участвуют несколько мономеров одновременно. Образующийся сополимер может иметь регулярное строение, при котором элементарные звенья строго чередуются:

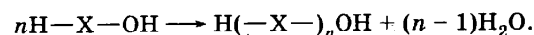


или нерегулярное строение с беспорядочно чередующимися звеньями:



Примером данной реакции может служить сополимеризация бутадиена и стирола с образованием бутадиенстирольного каучука.

В реакциях поликонденсации участвуют мономеры, имеющие две или более функциональные группы, которые могут реагировать друг с другом с выделением простой молекулы (обычно воды). При реакции поликонденсации из n молекул мономера выделяется $(n-1)$ молекул воды, например:

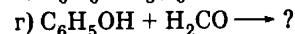
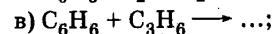
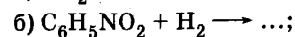


Эти реакции используют для синтеза пластмасс (в частности, фенолоформальдегидных смол) и синтетических волокон.

Рекомендуемая литература: [Кузьменко, ФКК, 1998, § 19.7; гл. 32], [Фримантл, т. 2, гл. 18.3; гл. 20.3, 20.4].

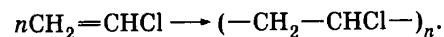
§ 33.1. Типовые задачи с решениями

Задача 33-1. Какие ценные промышленные материалы можно получить в результате следующих реакций:

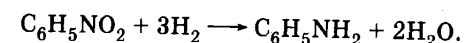


Напишите полные уравнения реакций.

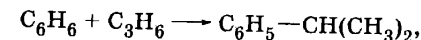
Решение. а) Полимеризацией винилхлорида получают ценную пластмассу — поливинилхлорид:



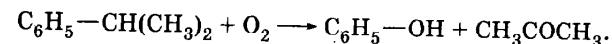
б) Восстановлением нитробензола получают анилин, который используют для производства красителей:



в) Реакцией бензола с пропеном в присутствии кислотных катализаторов получают изопропилбензол (кумол):



при окислении которого кислородом воздуха образуются сразу два ценных продукта — фенол и ацетон:

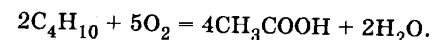


г) Реакция фенола с формальдегидом приводит к образованию фенолоформальдегидных смол — ценных термореактивных пластмасс. Уравнение реакции линейной поликонденсации — см. ниже, в задаче 33-4.

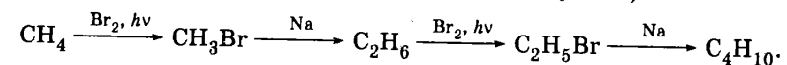
Задача 33-2. Предложите схемы получения уксусной кислоты:

а) из природного газа; б) из нефти.

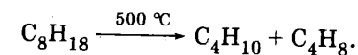
а) Уксусную кислоту в промышленности получают окислением бутана кислородом воздуха:



Бутан из метана можно получить, используя реакции бромирования и удвоения цепи по следующей схеме (см. задачу 22-5):



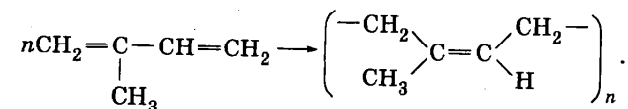
б) Крекингом октана, который входит в бензиновую фракцию нефти, можно получить бутан:



Далее бутан окисляют в уксусную кислоту, как и в п. а).

Задача 33-3. Определите среднюю степень полимеризации в образце природного каучука, средняя молярная масса которого равна 200 000 г/моль. Изобразите структуру мономерного звена.

Решение. Природный каучук представляет собой полиизопрен, в котором большинство звеньев находится в *цис*-конфигурации. Получение каучука из изопрена можно представить как 1,4-присоединение:

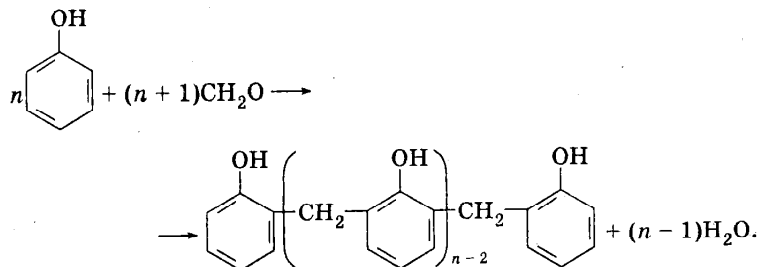


Каждое мономерное звено имеет молекулярную формулу C_5H_8 и молярную массу 68 г/моль. В одной молекуле полимера в среднем содержится $200\,000/68 = 2940$ мономерных звеньев.

О т в е т. Степень полимеризации — 2940.

Задача 33-4. 28,2 г фенола нагрели с избытком формальдегида в присутствии кислоты. При этом образовалось 5,116 г воды. Определите среднюю молярную массу полученного высокомолекулярного продукта реакции, считая, что поликонденсация протекает только линейно и фенол полностью вступает в реакцию.

Р е ш е н и е. Уравнение линейной поликонденсации фенола и формальдегида можно записать следующим образом:



Согласно этому уравнению отношение количеств воды и фенола равно $(n-1)/n$, что позволяет найти значение n . Количество вещества $\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 28,2/94 = 0,300$ моль, $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 5,116/18 = 0,2842$ моль.

$$\nu(\text{H}_2\text{O})/\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,2842/0,300 = (n-1)/n,$$

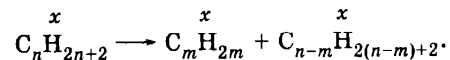
откуда $n = 19$. Молярная масса продукта конденсации равна:

$$M = M(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}) + 17 \cdot M(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH}) + M(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}) = 93 + 17 \cdot 106 + 107 = 2002 \text{ г/моль.}$$

О т в е т. 2002 г/моль.

***Задача 33-5.** При крекинге предельного углеводорода образовалась смесь трех газов, плотность которой в 1,5 раза меньше плотности исходного углеводорода. С каким выходом прошел крекинг?

Р е ш е н и е. При крекинге образовалась смесь трех газов: двух продуктов и непрореагировавшего алкана. Поэтому крекинг можно описать единственным уравнением:



Возьмем один моль исходного алкана. Пусть выход реакции равен x , т. е. в реакцию вступило x моль алкана C_nH_{2n+2} и образовалось по x моль алкена C_mH_{2m} и низшего алкана $C_{n-m}H_{2(n-m)+2}$. В полученной смеси: $\nu(C_nH_{2n+2}) = 1-x$, $\nu(C_mH_{2m}) = x$, $\nu(C_{n-m}H_{2(n-m)+2}) = x$. Плотность газов прямо пропорциональна молярной массе, следовательно, средняя молярная масса конечной смеси в 1,5 раза меньше молярной массы исходного алкана:

$$\frac{(14n+2) \cdot (1-x) + 14mx + (14n-14m+2) \cdot x}{(1-x) + x + x} = \frac{14n+2}{1,5}$$

Если раскрыть скобки в числителе левой дроби, то окажется, что он равен числителю правой дроби. Это и понятно: ведь в числителе находится общая масса веществ, которая в результате крекинга не изменяется, поскольку все газы остаются в системе. Раз равны числители, то равны и знаменатели:

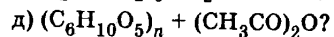
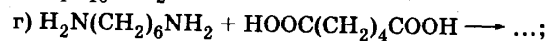
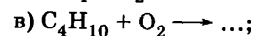
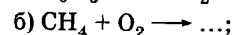
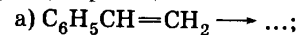
$$1+x=1,5,$$

откуда $x = 0,5$. Выход реакции крекинга — 50%.

О т в е т. 50%.

§ 33.2. Задачи и упражнения

33-1. Какие ценные вещества можно получить в результате следующих реакций:



Напишите полные уравнения реакций.

33-2. Углеводород неразветвленного строения А изомеризуется в вещество В, которое при дегидрировании образует соединение С, применяемое в синтезе каучука. Приведите формулы веществ А, В и С. Напишите уравнения реакций.

33-3. При крекинге углеводорода А образуются два других углеводорода с одинаковым числом углеродных атомов. Углеводород с меньшей относительной молекулярной массой В при дегидрировании образует вещество С, которое используют в синтезе каучука. Приведите формулы веществ А, В, С. Напишите уравнения реакций.

33-4. Углеводород А, который легче воздуха, присоединяет в присутствии хлорида ртути (II) хлороводород и превращается при этом в вещество В, которое при определенных условиях образует вещество С, имеющее тот же качественный и количественный состав, но гораздо большую относительную молекулярную массу. Приведите формулы веществ А, В, С. Напишите уравнения реакций.

33-5. Углеводород А, подвергающийся полимеризации с образованием каучука, в реакции с избытком брома образует соединение состава $C_5H_8Br_4$, а при гидрировании превращается в разветвленный углеводород C_5H_{12} . Назовите соединение А и напишите уравнения реакций.

33-6. Предложите схемы получения из природного газа следующих веществ: а) щавелевой кислоты $H_2C_2O_4$; б) анилина; в) бутадиена.

33-7. Составьте уравнение реакции полимеризации углеводорода C_4H_8 с разветвленным углеродным скелетом.

33-8. Напишите уравнение между бутадиеном и стиролом, приводящее к образованию полимера регулярного строения.

33-9. Исходя из неорганических веществ, получите полимер с четырьмя атомами углерода в элементарном звене.

33-10. Предложите способы получения из этанола двух полимеров с разным числом атомов углерода в элементарном звене.

33-11. Органическое стекло представляет собой полимер метилового эфира метакриловой кислоты — простейшей непредельной карбоновой кислоты с разветвленным скелетом. Напишите уравнение реакции образования оргстекла.

33-12. Имеются два образца топлива. Один получен прямой перегонкой нефти, другой — крекингом нефти. Как различить эти два образца?

33-13. Один из сортов нефти содержит 0,5% S по массе. Считая, что вся сера содержится только в сероводороде, определите массовую долю последнего в нефти.

33-14. Определите среднюю формулу нефти, если считать, что она состоит только из алифатических предельных углеводородов.

*33-15. В одном из сортов нефти массовая доля углерода превосходит массовую долю водорода в 5,7 раз. Считая, что этот сорт состоит только из алканов и циклоалканов и что среднее число атомов углерода в молекулах углеводородов равно 12, определите мольную долю алканов.

33-16. Какую массу каучука можно получить из 100 кг 96% -ного этанола, если выход реакции Лебедева составляет 60%, а реакции полимеризации — 80%?

33-17. Определите среднюю степень полимеризации в образце бутадиенового каучука, средняя молярная масса которого равна 100 000 г/моль. Изобразите структуру мономерного звена.

33-18. Сравните массовые доли углерода в полимере и мономере, если полимер получен в результате реакции: а) полимеризации; б) поликонденсации с выделением воды. Ответ мотивируйте.

33-19. Определите строение непредельного углеводорода с открытой цепью углеродных атомов, на полное каталитическое гидрирование 1,62 г которого потребовалось 1,34 л водорода (н. у.). Исходный углеводород широко используется в промышленности для производства каучука.

33-20. К 1,12 л бесцветного газа (н. у.), полученного из карбида кальция, присоединили хлороводород, образовавшийся при действии концентрированной серной кислоты на 2,93 г поваренной соли. Продукт присоединения хлороводорода полимеризовался с образованием 2,2 г полимера. Какой полимер был получен? Каков выход превращения мономера в полимер (в % от теоретического)?

*33-21. При крекинге предельного углеводорода образовалась смесь трех газов, плотность которой в 1,7 раза меньше плотности исходного углеводорода. С каким выходом (в %) прошел крекинг?

4

Химия на вступительных экзаменах в вуз

ГЛАВА 34

Варианты билетов на вступительных экзаменах по химии 1998 г.

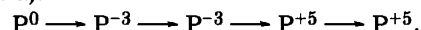
§ 34.1. Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Химический факультет

Вариант СО-98-1

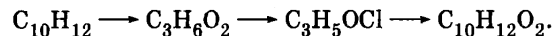
1. Приведите пример химической реакции, в которой при взаимодействии соли с кислотой образуется другая соль и основание (1 балл).

2. Напишите уравнения реакций, иллюстрирующих схему превращений (2 балла):



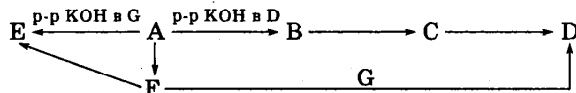
3. Напишите уравнения реакций окисления бромида хрома (III) пероксидом водорода в кислой и щелочной средах (2 балла).

4. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



В уравнениях укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций (3 балла).

5. Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Определите неизвестные вещества (4 балла).

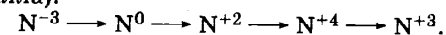
6. Смешали по три моля веществ А, В, С. После установления равновесия $A + B = 2C$ в системе обнаружили пять молей вещества С. Рассчитайте константу равновесия. Определите равновесный состав смеси (в мольных %), полученной смешением веществ А, В, С в мольном соотношении 3 : 2 : 1 при той же температуре (4 балла).

7. При сжигании образца вещества массой 10,7 г получили 30,8 г CO_2 , 8,1 г H_2O и 1,4 г N_2 . Для полного гидрирования образца такой же массы при температуре 227 °С и давлении 138,5 кПа потребовалось 9,0 л водорода. При полном испарении образца этого вещества массой 3,21 г получен газ объемом 1,25 л при температуре 227 °С и давлении 99,7 кПа. Определите возможную структурную формулу вещества и приведите структурные формулы четырех его изомеров (4 балла).

Вариант СО-98-2

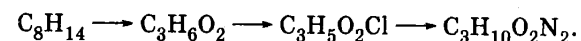
1. Приведите пример химической реакции, в которой при взаимодействии двух солей образуются кислота, основание и другая соль (1 балл).

2. Напишите уравнения реакций, иллюстрирующих схему превращений (2 балла):



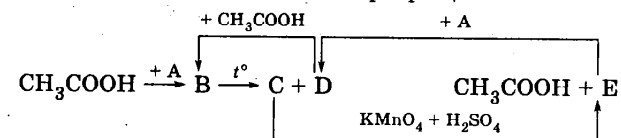
3. Напишите уравнения реакций окисления бромида железа (II) пероксидом водорода в кислой и щелочной средах (2 балла).

4. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



В уравнениях укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций (3 балла).

5. Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Определите неизвестные вещества (4 балла).

6. Смешали по три моля веществ А, В, С. После установления равновесия $2A = B + C$ в системе обнаружили четыре моля вещества С. Рассчитайте константу равновесия. Определите равновесный состав смеси (в мольных %), полученной смешением веществ А, В, С в мольном соотношении 4 : 3 : 1 при той же температуре (4 балла).

7. При сжигании образца вещества массой 8,1 г получили 22,0 г CO_2 , 6,3 г H_2O и 1,4 г N_2 . При взаимодействии образца такой

же массы с избытком калия при температуре 127 °С и давлении 101,3 кПа образуется 1,64 л водорода. При полном испарении образца этого вещества массой 3,24 г получен газ объемом 1,25 л при температуре 227 °С и давлении 133,0 кПа. Определите возможную структурную формулу вещества и приведите структурные формулы четырех его изомеров (4 балла).

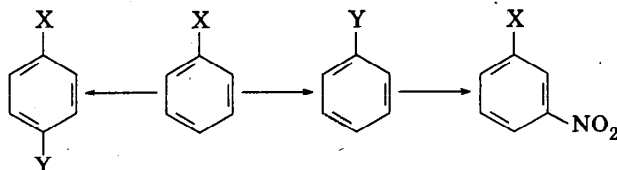
Вариант С-98-1

1. Какое вещество может вступить в окислительно-восстановительную реакцию с FeCl_3 и в обменную реакцию с AgNO_3 ? Напишите уравнения обеих реакций (2 балла).

2. Расположите перечисленные ниже вещества в порядке убывания их активности в реакциях электрофильного замещения (S_E): хлорбензол, толуол, нитробензол. Ответ мотивируйте. Напишите два уравнения реакций S_E с наименее активным веществом (2 балла).

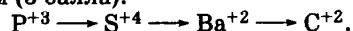
3. Энергия активации некоторой реакции в 2 раза больше, чем энергия активации другой реакции. При нагревании от T_1 до T_2 константа скорости первой реакции увеличилась в a раз. Во сколько раз увеличилась константа скорости второй реакции при нагревании от T_1 до T_2 ? (2 балла.)

4. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



Определите функциональные группы X и Y. Обязательно укажите условия протекания всех реакций (3 балла).

5. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующим превращениям (3 балла):



6. Раствор формальдегида в смеси уксусной и муравьиной кислот общей массой 2,33 г может полностью прореагировать с 18,7 мл 8,4%-ного раствора гидроксида калия (плотность раствора 1,07 г/мл), а полученный при этом раствор выделяет при нагревании с избытком водно-аммиачного раствора нитрата серебра 9,72 г осадка. Установите мольные доли компонентов в исходной смеси (4 балла).

7. Газ, полученный при действии избытка концентрированной азотной кислоты на 4,8 г меди, пропустили через 100 г 10%-ного раствора гидроксида натрия, после чего раствор подкислили. Какая

максимальная масса иода может образоваться при добавлении иодида калия к полученному раствору? (4 балла.)

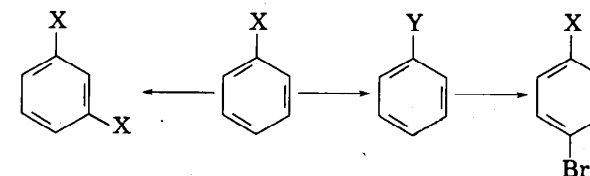
Вариант С-98-2

1. Какое вещество может вступить в окислительно-восстановительную реакцию с HNO_2 и в обменную реакцию с $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$? Напишите уравнения обеих реакций (2 балла).

2. Расположите перечисленные ниже вещества в порядке убывания их активности в реакциях нуклеофильного присоединения (A_N): ацетон, муравьиный альдегид, бензойный альдегид. Ответ мотивируйте. Напишите два уравнения реакций A_N с наиболее активным веществом (2 балла).

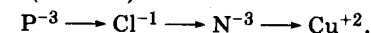
3. Энергия активации некоторой реакции в 1,5 раза больше, чем энергия активации другой реакции. При нагревании от T_1 до T_2 константа скорости второй реакции увеличилась в a раз. Во сколько раз увеличилась константа скорости первой реакции при нагревании от T_1 до T_2 ? (2 балла.)

4. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



Определите функциональные группы X и Y. Обязательно укажите условия протекания всех реакций (3 балла).

5. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующим превращениям (3 балла):



6. Раствор формальдегида в смеси уксусной и муравьиной кислот массой 1,82 г может полностью прореагировать с 18,9 мл 6,0%-ного раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,06 г/мл), а полученный при этом раствор выделяет при нагревании с избытком водно-аммиачного раствора оксида серебра 8,64 г осадка. Установите мольные доли компонентов в исходной смеси (4 балла).

7. Газ, полученный при действии избытка концентрированной азотной кислоты на 8,1 г серебра, пропустили через 120 г 8,0%-ного раствора гидроксида натрия, после чего раствор подкислили. Какая максимальная масса иода может образоваться при добавлении иодида калия к полученному раствору? (4 балла.)

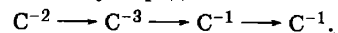
Биологический факультет

Вариант В-98-1

1. Приведите два примера окислительно-восстановительных реакций соединения (1 балл).

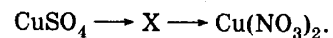
2. Степень диссоциации пропионовой кислоты и молочной кислоты в растворе с концентрацией 0,1 моль/л равна соответственно 1,1 и 3,6%. Вычислите концентрацию ионов водорода в каждом из растворов. Найдите отношение констант диссоциации этих кислот (2 балла).

3. Напишите уравнения реакций, в результате которых степень окисления одного из атомов углерода изменяется следующим образом:



В уравнениях используйте структурные формулы и укажите искомым атом углерода (2 балла).

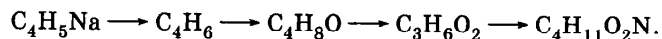
4. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



Рассмотрите три случая:

- обе реакции — окислительно-восстановительные;
- окислительно-восстановительной является только первая реакция;
- окислительно-восстановительной является только вторая реакция (3 балла).

5. Напишите уравнения реакций (с указанием условий проведения), соответствующие следующей последовательности превращений:



В уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций (4 балла).

6. Оловянную пластинку массой 16,9 г опустили в 435,5 г 20%-ного раствора бромида железа (III). После некоторого выдерживания пластинки в растворе ее вынули, при этом оказалось, что массовая доля бромида железа (III) стала равной массовой доле соли олова (II). Определите массу пластинки после того, как ее вынули из раствора (4 балла).

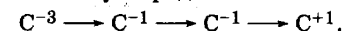
7. При реакции образца углевода с избытком уксусного ангидрида в пиридине образовалось 7,80 г сложного эфира и 5,40 г уксусной кислоты. Такой же образец углевода обработали избытком нитрата серебра в аммиачном растворе и получили 6,48 г осадка. Установите молекулярную формулу углевода и напишите его возможные структуры в линейной и пиранозной формах (4 балла).

Вариант В-98-2

1. Приведите по одному примеру реакций разложения, протекающих: а) с изменением степени окисления; б) без изменения степени окисления (1 балл).

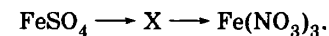
2. Степень диссоциации уксусной и монохлоруксусной кислот в растворах с концентрацией 0,1 моль/л равна соответственно 1,3% и 11,1%. Вычислите концентрацию ионов водорода в каждом из растворов. Найдите отношение констант диссоциации этих кислот (2 балла).

3. Напишите уравнения реакций, в результате которых степень окисления одного из атомов углерода изменяется следующим образом:



В уравнениях используйте структурные формулы и укажите искомым атом углерода (2 балла).

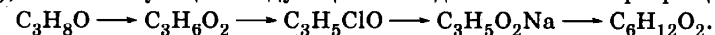
4. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



Рассмотрите три случая:

- обе реакции — окислительно-восстановительные;
- окислительно-восстановительной является только первая реакция;
- окислительно-восстановительной является только вторая реакция (3 балла).

5. Напишите уравнения реакций (с указанием условий проведения), соответствующие следующей последовательности превращений:



В уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций (4 балла).

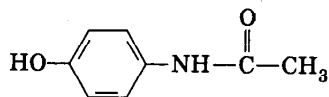
6. Никелевую пластинку массой 25,9 г опустили в 555 г 10%-ного раствора сульфата железа (III). После некоторого выдерживания пластинки в растворе ее вынули, при этом оказалось, что массовая доля сульфата железа (III) стала равной массовой доле соли никеля (II). Определите массу пластинки после того как ее вынули из раствора (4 балла).

7. При реакции образца углевода с избытком уксусного ангидрида в пиридине образовалось 7,38 г сложного эфира и 5,40 г уксусной кислоты. Такой же образец углевода обработали избытком нитрата серебра в аммиачном растворе и получили 6,48 г осадка. Установите молекулярную формулу углевода и напишите его возможные структуры в линейной и фуранозной формах (4 балла).

Факультет фундаментальной медицины

Вариант М-98-1

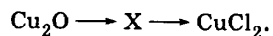
1. Напишите электронную конфигурацию сульфид-иона в первом возбужденном состоянии (1 балл).
2. Предскажите химические свойства важного лекарственного препарата — парацетамола:



Напишите по одному уравнению реакций, характеризующих свойства каждой функциональной группы и ароматической системы (2 балла).

3. Взаимодействие простых веществ А и В при высоких температурах приводит к образованию кристаллического соединения С. При сгорании одного моля соединения С в атмосфере кислорода образуется один моль твердого кислотного оксида D и два моля газообразного кислотного оксида Е, который вызывает помутнение известковой воды. Приведите формулы веществ А — Е и напишите уравнения реакций (2 балла).

4. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



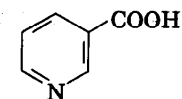
Рассмотрите три случая:

- а) обе реакции — окислительно-восстановительные;
 - б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;
 - в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция (3 балла).
5. Продукты ферментативного гидролиза клеточной ткани содержат соединение А, водный раствор которого при взаимодействии с оксидом свинца (II) образует соединение В с молекулярной формулой $\text{PbC}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_5\text{O}_8\text{P}$. Напишите структурные формулы соединений А и В. Обоснуйте свой ответ (4 балла).
6. В 40 г насыщенного водного раствора хлорида железа (II) внесли 10 г безводной соли. Полученную смесь нагрели до полного растворения, а затем охладили до исходной температуры. При этом выпало 24,3 г осадка кристаллогидрата. Установите формулу кристаллогидрата, если известно, что насыщенный раствор содержит 38,5% безводной соли (4 балла).
7. При действии на неопределенный углеводород избытка раствора хлора в четыреххлористом углероде образовалось 5,01 г дихлори-

да. При действии избытка водного раствора перманганата калия на такое же количество углеводорода избытка образовалось 3,90 г двухатомного спирта. Определите молекулярную формулу углеводорода и напишите структурные формулы четырех изомеров, отвечающих условию задачи (4 балла).

Вариант М-98-2

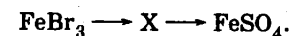
1. Напишите электронную конфигурацию иона магния в первом возбужденном состоянии (1 балл).
2. Предскажите химические свойства ценного фармацевтического сырья — никотиновой кислоты:



Напишите по одному уравнению реакций, характеризующих свойства функциональной группы, гетероатома и ароматической системы (2 балла).

3. Взаимодействие простых веществ А и В при высоких температурах приводит к образованию ядовитой жидкости С. При сгорании одного моля жидкости С в атмосфере кислорода образуется один моль газообразного кислотного оксида D и два моля газообразного кислотного оксида Е. Соединение Е обесцвечивает кислый раствор перманганата калия. Приведите формулы веществ А — Е и напишите уравнения всех реакций (2 балла).

4. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



Рассмотрите три случая:

- а) обе реакции — окислительно-восстановительные;
 - б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;
 - в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция (3 балла).
5. Продукты ферментативного гидролиза клеточной ткани содержат соединение А, водный раствор которого при взаимодействии с оксидом меди (II) образует соединение В с молекулярной формулой $\text{CuC}_9\text{H}_{12}\text{N}_3\text{O}_7\text{P}$. Напишите структурные формулы соединений А и В. Обоснуйте свой ответ (4 балла).
6. В 80 г насыщенного водного раствора бромида кальция внесли 20 г безводной соли. Полученную смесь нагрели до полного растворения, а затем охладили до исходной температуры. При этом вы-

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

пало 41,5 г осадка кристаллогидрата. Установите формулу кристаллогидрата, если известно, что насыщенный раствор содержит 58,7% безводной соли (4 балла).

7. При действии на неопределенный углеводород избытка раствора хлора в четыреххлористом углероде образовалось 22,95 г дихлорида. При действии избытка водного раствора перманганата калия на такое же количество углеводорода образовалось 17,4 г двухатомного спирта. Определите молекулярную формулу углеводорода и напишите структурные формулы четырех его изомеров, отвечающих условию задачи (4 балла).

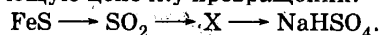
Факультет почвоведения

Вариант Р-98-1

1. Напишите уравнение реакции металлического серебра с концентрированной серной кислотой (1 балл).

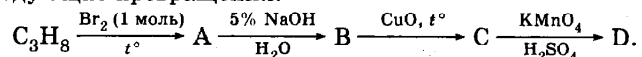
2. Приведите три уравнения реакций, с помощью которых можно получить бромид железа (II). Укажите условия проведения этих реакций (2 балла).

3. Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую цепочку превращений:



Укажите условия проведения этих превращений (3 балла).

4. Напишите уравнения реакций, которые позволят осуществить следующие превращения:



Приведите структурные формулы соединений А — D (2 балла).

5. Предскажите физические и химические свойства селенида натрия. Напишите уравнения трех реакций, в которые должно вступать это соединение. Ответ мотивируйте (4 балла).

6. При сгорании смеси паров метанола и этиламина в необходимом количестве кислорода образовалось 43,2 г воды и 4,48 л (н. у.) газа, не поглощаемого раствором гидроксида натрия. Напишите уравнения проведенных реакций и вычислите массовую долю этиламина в исходной смеси (3 балла).

7. К 50 мл раствора карбоната калия с концентрацией 3 моль/л и плотностью 1,30 г/мл медленно добавлено 35,7 мл 17 %-ного раствора хлорида цинка с плотностью 1,12 г/мл. Выпавший осадок отфильтрован. Вычислите массовые доли соединений, содержащихся в полученном фильтрате (5 баллов).

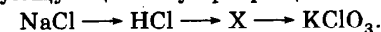
Глава 34. Варианты билетов на вступительных экзаменах по химии 1998 г.

Вариант Р-98-2

1. Напишите уравнение реакции металлической меди с концентрированной азотной кислотой (1 балл).

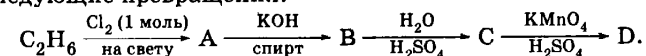
2. Приведите три уравнения реакций, с помощью которых можно получить хлорид железа (III). Укажите условия проведения этих реакций (2 балла).

3. Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую цепочку превращений:



Укажите условия проведения этих превращений (3 балла).

4. Напишите уравнения реакций, которые позволят осуществить следующие превращения:



Приведите структурные формулы соединений А — D (2 балла).

5. Предскажите физические и химические свойства селенита калия. Напишите уравнения трех реакций, в которых должно вступать это соединение. Ответ мотивируйте (4 балла).

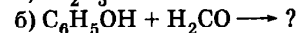
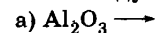
6. При сгорании смеси фенола и изопропиламина в необходимом количестве кислорода образовалось 13,5 г воды и 1,12 л (н. у.) газа, не поглощаемого раствором гидроксида натрия. Напишите уравнения проведенных реакций и вычислите массовую долю изопропиламина в исходной смеси (3 балла).

7. К 50 мл раствора карбоната натрия с концентрацией 2 моль/л и плотностью 1,22 г/мл медленно добавлено 45,5 мл 8 %-ного раствора сульфата меди с плотностью 1,10 г/мл. Выпавший осадок отфильтрован. Вычислите массовые доли соединений, содержащихся в полученном фильтрате (5 баллов).

Высший колледж наук о материалах

Вариант ЮД-98-1

1. Какие ценные промышленные материалы можно получить в результате следующих реакций:

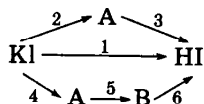


Напишите полные уравнения реакций (1 балл).

2. Смешали по 3 моль веществ А, В, С. После установления равновесия $2\text{A} = \text{B} + \text{C}$ в системе обнаружили 3,5 моль вещества С. Найдите константу равновесия (2 балла).

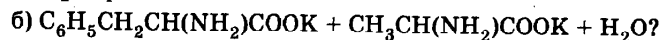
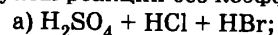
3. В трех пронумерованных сосудах без надписей находятся ацетальдегид, гексен-1 и толуол. С помощью каких химических реакций и по каким признакам можно различить эти три соединения? Напишите уравнения соответствующих реакций (2 балла).

4. Напишите полные уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



Разным номерам соответствуют разные реакции. Определите неизвестные вещества (3 балла).

5. Какие вещества вступили в реакцию и при каких условиях, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без коэффициентов):



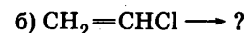
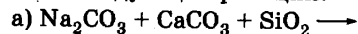
Предложите по два варианта решения для каждой правой части. Напишите полные уравнения реакций (4 балла).

6. При нагревании смеси 1,8 моль брома с избытком бутана образовалось два монобромпроизводных и поглотилось 19,0 кДж. При нагревании такого же количества исходной смеси до более высокой температуры поглотилось 19,4 кДж. В обоих случаях бром прореагировал полностью. Известно, что при образовании 1-бромбутана из простых веществ выделяется на 4,0 кДж/моль меньше, чем при образовании 2-бромбутана. Найдите теплоты обеих реакций и выход 1-бромбутана во второй реакции, если в первой реакции он составил 38,9%. Теплоты реакций можно считать не зависящими от температуры (4 балла).

7. Сколько нужно взять воды и кристаллогидрата состава $KL \cdot 10H_2O$ ($M_r = 400$) для получения насыщенного при 90 °C раствора, при охлаждении которого до 40 °C выпадает 0,5 моль кристаллогидрата состава $KL \cdot 6H_2O$? Растворимость безводной соли KL: 90 г при 90 °C, 60 г при 40 °C (4 балла).

Вариант ЮД-98-2

1. Какие ценные промышленные материалы можно получить в результате следующих реакций:

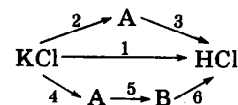


Напишите полные уравнения реакций (1 балл).

2. Смешали по 3 моль веществ А, В, С. После установления равновесия $A + B = 2C$ в системе обнаружили 5 моль вещества С. Рассчитайте константу равновесия (2 балла).

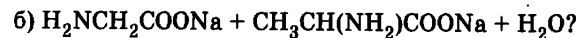
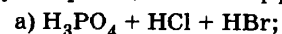
3. В трех пронумерованных сосудах без надписей находятся бензол, этилбензол и винилбензол (стирол). С помощью каких химических реакций и по каким признакам можно различить эти три соединения? Напишите уравнения реакций (2 балла).

4. Напишите полные уравнения реакций, соответствующие следующей схеме:



Разным номерам соответствуют разные реакции. Определите неизвестные вещества (3 балла).

5. Какие вещества вступили в реакцию и при каких условиях, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без коэффициентов):



Предложите по два варианта решения для каждой правой части. Напишите полные уравнения реакций (4 балла).

6. При нагревании смеси 1,5 моль брома с избытком пропана образовалось два монобромпроизводных и поглотилось 23,7 кДж. При нагревании такого же количества исходной смеси до более высокой температуры поглотилось 23,9 кДж. В обоих случаях бром прореагировал полностью. Известно, что при образовании 1-бромпропана из простых веществ выделяется на 2,0 кДж/моль меньше, чем при образовании 2-бромпропана. Найдите теплоты обеих реакций и выход 1-бромпропана во второй реакции, если в первой реакции он составил 40%. Теплоты реакций можно считать не зависящими от температуры (4 балла).

7. Сколько нужно взять воды и кристаллогидрата состава $AB \cdot 5H_2O$ ($M_r = 200$) для получения насыщенного при 80 °C раствора, при охлаждении которого до 40 °C выпадает 0,5 моль кристаллогидрата состава $AB \cdot 3H_2O$? Растворимость безводной соли АВ: 80 г при 80 °C, 40 г при 40 °C (4 балла).

§ 34.2. Московская медицинская академия им. И. М. Сеченова

Лечебный факультет

Вариант 1

1. Приведите для оксида кремния (IV) по одному примеру реакций со сложными веществами: реакции соединения и реакции обмена.

2. Что называют в органической химии функциональной группой?

3. Приведите структурные формулы двух соединений состава $C_6H_{14}NI$, одно из которых является солью, а другое — нет.

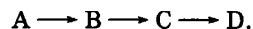
4. Имеются вода и сульфит натрия. Выберите только одну кислоту и одну соль и получите с использованием четырех веществ, а также продуктов их взаимодействия (без электролиза) следующие вещества: сульфид магния, хлорид магния, оксид серы (IV), нитрат натрия, хлорид натрия.

5. Калий образует с кислородом четыре соединения: оксид K_2O , пероксид K_2O_2 , надпероксид KO_2 и озонид KO_3 . О наличии какого из этих соединений можно достоверно судить в смеси, состоящей из нескольких соединений калия с кислородом, если массовая доля кислорода в этой смеси равна: а) 20%; б) 50%?

6. При полном кислотном гидролизе жира образовалось 55,6 г линоленовой кислоты и 9,2 г глицерина. Вычислите массу образовавшейся в ходе гидролиза олеиновой кислоты.

7. Два углеводорода имеют одинаковое число атомов углерода в молекулах, но разное число атомов водорода (в обоих углеводородах число атомов водорода меньше удвоенного числа атомов углерода). Один из углеводородов реагирует с хлороводородом и перманганатом калия в слабощелочном растворе, другой — нет. Предложите возможные структуры углеводородов. С каким веществом будут реагировать оба углеводорода? Приведите уравнения всех реакций.

8. Составьте уравнения трех окислительно-восстановительных реакций по схеме:



Среди веществ, обозначенных буквами, азотная кислота, оксид азота (IV), нитрат цинка и нитрат аммония.

9. Имея сахарозу, серную кислоту, гидроксид калия, воду и 1,5-дихлорпентан, получите сложный эфир масляной кислоты и пен-

таноло-2. Выбор катализаторов и процессов, включая электролиз, не ограничен.

10. К 1,00 мл раствора $K_2[Zn(OH)_4]$ с молярными концентрациями щелочи и комплексной соли соответственно 5,00 моль/л и 0,600 моль/л добавили 20,0 мл соляной кислоты. Молярная концентрация ионов водорода в получившемся растворе составила 0,05 моль/л. Вычислите молярную концентрацию хлороводорода в исходной соляной кислоте.

Вариант 2

1. Приведите уравнение реакции, в которой соединение алюминия является окислителем.

2. Что обуславливает основные свойства анилина?

3. Приведите структурные формулы всех циклоалканов, в молекулах которых содержится по 40 электронов.

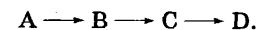
4. Имеются вода и аммиак. Выберите только две соли и получите с использованием четырех веществ следующие соединения: гидроксид железа (II), оксид азота (IV), гидроксид хрома (III), сульфат аммония, нитрат аммония.

5. Средняя молярная масса смеси двух инертных газов, элементы которых расположены в соседних периодах периодической системы, равна 50 г/моль. Вычислите массовые доли компонентов в этой смеси.

6. Смешали равные массы пропанола, пропионовой кислоты и фенола. С полученной смесью может вступить в реакцию не более чем 5,68 г питьевой соды. Какая максимальная масса гидроксида натрия может вступить во взаимодействие с такой же порцией исходных веществ?

7. Из двух углеводородов, отличающихся по составу только на два атома углерода, один вступает в реакцию с бромоводородом, другой — нет. Предложите возможные структуры углеводородов. С каким веществом будут реагировать оба углеводорода? Приведите уравнения всех реакций.

8. Составьте уравнения трех окислительно-восстановительных реакций по схеме:



Среди веществ, обозначенных буквами, бромид кальция, бром, бромид цинка, хлорид кальция.

9. Имея крахмал, акриловую кислоту, перманганат калия, бромид натрия, воду и серную кислоту, получите сложный эфир этиленгликоля и 2,3-дибромпропановой кислоты, не прибегая к электролизу. Выбор катализаторов не ограничен.

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

10. Смесь равных масс кальция и серы нагрели в отсутствие воздуха. После завершения реакции к твердому веществу добавили избыток соляной кислоты. Вычислите, во сколько раз масса нерастворившегося остатка меньше массы исходной смеси.

Вариант 3

1. Что называют ингибированием? Приведите пример ингибирования.

2. Опишите, не приводя уравнений реакций, что происходит с анилином при действии на него окислителей.

3. Приведите структурную формулу одного из углеводородов, относящегося к гомологическому ряду, представители которого в реакции с избытком хлороводорода образуют соединения состава $C_nH_{2n-2}Cl_2$.

4. Имеются вода и гидрофосфат калия. Выберите только одно основание и одну кислоту и получите с использованием четырех веществ, а также продуктов их взаимодействия следующие вещества: фосфат бария, гидрофосфат бария, нитрат бария, гидроксид калия, дигидрофосфат калия.

5. В одном моле вещества содержатся только ионы с электронной конфигурацией $1s^22s^22p^6$; их суммарное число — 3 моль. Массовая доля металла в этом веществе меньше 50%. Установите, что это за вещество.

6. Полный сложный эфир этиленгликоля образован двумя разными карбоновыми кислотами. В молекуле этого вещества число атомов углерода на один больше числа атомов кислорода. Какую массу этого сложного эфира можно подвергнуть полному гидролизу с помощью гидроксида калия массой 14,0 г, находящегося в водном растворе?

7. Два кислородсодержащих органических соединения различаются по составу только на один атом кислорода. Одно из них вступает в реакцию с перманганатом калия в подкисленном растворе и не реагирует с гидрокарбонатом калия; другое, наоборот, не вступает в реакцию с перманганатом калия в подкисленном растворе, но реагирует с гидрокарбонатом калия. Оба вещества не реагируют с хлороводородом. Предложите возможные структуры веществ и напишите уравнения реакций.

8. Составьте уравнения трех окислительно-восстановительных реакций по схеме:



Среди веществ, обозначенных буквами, нитрат меди (II), бромид меди (II), медь, бромид цинка.

Глава 34. Варианты билетов на вступительных экзаменах по химии 1998 г.

9. Имея глюкозу, метакриловую кислоту, хлор, натрий, перманганат калия и воду, получите сложный эфир бутандиола-2,3 и 3-хлор-2-метилпропановой кислоты, не прибегая к электролизу. Выбор катализаторов не ограничен.

10. Смесь равных масс алюминия и серы нагрели в отсутствие воздуха. После завершения реакции к твердому веществу добавили избыток соляной кислоты. Вычислите плотность в г/л (н. у.) выделившегося газа.

Вариант 4

1. Что называют скоростью химической реакции?

2. Какие вещества называются аминами? Приведите формулы двух любых аминов.

3. Какое простое газообразное вещество, будучи легче третьего члена гомологического ряда алканов, но тяжелее второго члена того же ряда, может вступать в реакции с этими алканами? Напишите уравнения этих реакций.

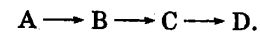
4. Имеются вода и гидрид калия. Выберите только один оксид и только одну кислоту и получите с использованием четырех веществ, а также продуктов их взаимодействия (без электролиза) следующие вещества: водород, нитрат калия, гидроксид калия, гидрокарбонат калия и карбонат калия.

5. В смеси оксида и нитрида магния количество атомов азота на 1,5 моль больше количества атомов кислорода и на 1,5 моль меньше количества атомов магния. Вычислите массу этой смеси.

6. В продуктах полного сгорания 1 моль жира количество вещества углекислого газа оказалось на 5 моль больше количества вещества воды. В каком молярном отношении этот жир будет реагировать с бромом, находящимся в водном растворе?

7. Два кислородсодержащих органических соединения различаются по составу только на два атома водорода. Одно из них вступает в реакцию с натрием и уксусной кислотой и не реагирует с оксидом серебра (в аммиачном растворе); другое, наоборот, не вступает в реакции с натрием и уксусной кислотой, но реагирует с оксидом серебра (в аммиачном растворе). Предложите возможные структуры веществ и напишите уравнения реакций.

8. Составьте уравнения трех окислительно-восстановительных реакций по схеме:



Среди веществ, обозначенных буквами, медь, бромид меди (I), оксид меди (II), хлорид меди (II).

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

9. Имея целлюлозу, 4-метилбензойную кислоту, хлороводород, перманганат калия, оксид серы (VI), гидроксид натрия и воду, получите диметилловый эфир терефталевой кислоты, не прибегая к электролизу. Выбор катализаторов не ограничен.

10. Какой объем (н. у.) оксида серы (IV) следует пропустить через 250 г 19,0%-ного раствора сульфата железа (III), чтобы молярные концентрации двух ионов железа сравнялись?

Вариант 5

1. Напишите уравнение реакции, протекающей между углекислым газом и пероксидом натрия.

2. В чем заключается разница в строении крахмала и целлюлозы?

3. Приведите формулы двух веществ состава $C_nH_{2n-2}O_2$, имеющих одинаковое значение n и только по одной альдегидной группе.

4. Имеются вода и бромид цинка. Выберите только одно основание и одно простое вещество и получите с использованием четырех веществ, а также продуктов их взаимодействия (не прибегая к электролизу) следующие вещества: бромид натрия, оксид цинка, хлорид цинка, хлороводород, хлорид натрия.

5. Раствор сульфата меди (II) массой 150 г (массовая доля соли 12%) находился в открытом сосуде. В результате испарения воды и кристаллизации пентагидрата сульфата меди масса раствора уменьшилась на 50 г, а массовая доля соли не изменилась. Вычислите массу испарившейся воды.

6. Смесь этилацетата и гексилацетата сожгли, масса образовавшейся при этом воды оказалась равной 2,70 г. Вычислите объем выделившегося при 15 °С и нормальном давлении углекислого газа.

7. Углеводород А и кислородсодержащее соединение В различаются по составу только на один атом кислорода. Одно из этих веществ вступает в реакцию с хлороводородом и не реагирует с оксидом серебра (в аммиачном растворе); другое, наоборот, не вступает в реакцию с хлороводородом, но реагирует с оксидом серебра (в аммиачном растворе). Предложите возможные структуры веществ А и В и напишите уравнения реакций.

8. Составьте уравнения трех окислительно-восстановительных реакций по схеме:



Среди веществ, обозначенных буквами, медь, иодид меди (I), бромид меди (II), сульфат меди (II).

9. Среди изомерных бромметилциклогексаниенов выберите такой, из которого в две стадии, не используя других углеродсодержащих соединений, можно получить тринитролуол.

Глава 34. Варианты билетов на вступительных экзаменах по химии 1998 г.

10. Аммиак, образовавшийся при гидролизе смеси нитрида кальция и нитрида лития, в которой массовая доля азота равнялась 30,0%, пропустили через 80 мл раствора бромоводородной кислоты. В результате реакции молярная концентрация кислоты уменьшилась с 2,8 моль/л до 1,2 моль/л (изменением объема раствора за счет поглотившегося газа можно пренебречь). Вычислите массу исходного образца смеси нитридов.

Вариант 6

1. Как изменяются свойства высших оксидов в периодах? Дайте объяснение и приведите примеры.

2. Приведите пример органического вещества, являющегося солью и не содержащего в своем составе атомов кислорода.

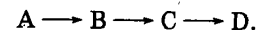
3. Приведите структурную формулу изомера глюкозы, имеющего в молекуле одну карбоксильную группу.

4. Имеются вода и сульфид натрия. Выберите только одну соль и только одну кислоту и получите с использованием четырех веществ, а также продуктов их взаимодействия (без электролиза) следующие вещества: сероводород, хлорид железа (II), хлорид натрия, сульфид железа, нитрат натрия.

5. Массовая доля безводной соли в кристаллогидрате равна 64,0%. Какую массу кристаллогидрата нужно взять для приготовления 150 г 50,0%-ного раствора соли?

6. При восстановлении одного из оксидов меди угарным газом массовая доля меди в продуктах реакции составила 74,4%. Установите, какой оксид меди вступил в реакцию.

7. Составьте уравнения реакций (с использованием структурных формул) по схеме:



Буквами зашифрованы вещества, имеющие состав: $C_6H_{12}Br_2$, C_6H_5Br , C_6H_6 , C_6H_{12} . Укажите условия протекания реакций.

8. Выберите несколько простых веществ. Используя только эти вещества, а также продукты их взаимодействия, получите с помощью только окислительно-восстановительных реакций хромит натрия.

9. Среди изомерных метилхлорциклогексаниенов выберите такой, из которого, не используя других углеродсодержащих соединений, можно получить бензиловый спирт.

10. Имеется смесь двух ближайших гомологов сложных эфиров, образованных бензойной кислотой и одноатомными спиртами. В молекуле низшего гомолога число атомов кислорода в 6 раз меньше числа атомов водорода, а в молекуле высшего гомолога число ато-

мов кислорода в 6 раз меньше числа атомов углерода. При гидролизе 54,2 г смеси этих эфиров избытком щелочи образуется 43,2 г бензоата натрия. Вычислите молярное соотношение эфиров в смеси.

Вариант 7

1. Как изменяются кислотные свойства высших оксидов в группах? Приведите примеры.

2. Как классифицируют моносахариды по характеру функциональных групп? Приведите примеры.

3. Приведите структурные формулы двух соединений, имеющих общую формулу $C_nH_{2n+3}O_2N$, но различающихся числом n .

4. Имеются вода и сульфат алюминия. Выберите только две соли. Получите с использованием четырех веществ, а также продуктов их взаимодействия (без электролиза) следующие вещества: гидроксид алюминия, гидросульфид калия, сульфат бария, хлорид алюминия, хлорид калия.

5. Какую массу воды нужно выпарить из 150 г 4,00%-ного раствора бромида магния, чтобы общее число атомов в растворе уменьшилось вдвое?

6. При растворении сульфида меди (I) в азотной кислоте при нагревании выделилось 3,36 л (н. у.) бурого газа и образовался раствор объемом 300 мл. Вычислите молярную концентрацию ионов меди в полученном растворе.

7. Составьте уравнения реакций (с использованием структурных формул) по схеме:



Буквами зашифрованы вещества, имеющие состав: C_4H_8 , $C_4H_8O_2K_2$, $C_4H_{10}O_2$, C_4H_9I . Укажите условия протекания реакций.

8. Выберите несколько простых веществ. Используя только эти вещества, а также продукты их взаимодействия, получите с помощью только окислительно-восстановительных реакций сульфат железа (II).

9. Среди изомерных метилдихлорциклогексаниенов выберите такой, из которого в две стадии, не используя других углеродсодержащих соединений, можно получить бензойную кислоту.

10. В 100 г раствора, в котором массовые доли хлороводорода и уксусной кислоты равны по 5,00%, растворили магний, при этом выделился водород объемом 1,792 л (н. у.). Вычислите массовые доли солей в образовавшемся растворе.

Вариант 8

1. Как изменяются свойства летучих водородных соединений в периодах?

2. Приведите пример углевода, состав которого не отвечает формуле $C_n(H_2O)_m$.

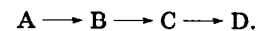
3. К каким двум классам соединений могут относиться вещества состава $C_nH_{2n+2}O$? Приведите структурные формулы двух соединений, имеющих одинаковое значение n и относящихся к разным классам.

4. Имеются вода и нитрид магния. Выберите только одну кислоту и одну соль и получите с использованием четырех веществ, а также продуктов их взаимодействия (не прибегая к электролизу) следующие вещества: бромид магния, бромид аммония, нитрат аммония, бромид железа (II), оксид железа (II).

5. Две порции декагидрата и моногидрата одной и той же соли, обе массой по 42,9 г, растворили в воде и объем каждого раствора довели до 500 мл. Молярная концентрация соли в растворе, полученном из декагидрата, составила 0,300 моль/л. Чему равна молярная концентрация соли в другом растворе?

6. Чему была равна массовая доля калия в его смеси с литием, если в результате обработки этой смеси избытком хлора образовалась смесь, в которой массовая доля хлорида калия составила 80,0%?

7. Составьте уравнения реакций (с использованием структурных формул) по схеме:



Буквами зашифрованы вещества, имеющие состав: $C_7H_6O_2$, $C_7H_5O_2Na$, C_7H_8 , C_7H_{10} . Укажите условия протекания реакций.

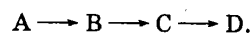
8. Выберите несколько простых веществ. Используя только эти вещества, а также продукты их взаимодействия, получите с помощью только окислительно-восстановительных реакций нитрат меди (II).

9. Среди изомерных бромхлордихлоргексаниенов выберите такой, из которого в три стадии, не используя других углеродсодержащих соединений, можно получить анилин.

10. Имеется смесь равных количеств веществ двух ближайших гомологов сложных эфиров, образованных бензиловым спиртом и одноосновными карбоновыми кислотами. В молекуле низшего гомолога число атомов водорода в 6 раз больше числа атомов кислорода, а в молекуле высшего гомолога число атомов кислорода в 6 раз меньше числа атомов углерода. Какую массу этой смеси можно подвергнуть гидролизу с помощью 11,2 г гидроксида калия, находящегося в водном растворе?

Вариант 9

1. Чем отличаются коллоидные растворы от истинных?
2. Не приводя уравнений реакций, охарактеризуйте способность глюкозы вступать в окислительно-восстановительные реакции.
3. В молекуле алкадиена числа атомов водорода и углерода различаются на 2. Приведите структурные формулы этого соединения и его изомера, не относящегося к диеновым углеводородам.
4. Имеются вода и оксид кремния (IV). Выберите только одно основание и одну соль и получите с использованием четырех веществ, а также продуктов их взаимодействия следующие вещества: углекислый газ, силикат калия, силикат кальция, гидроксид калия, гидрокарбонат калия.
5. Масса ионов железа (III) в 1,00 мл раствора сульфата железа (III) равна 0,150 г. Вычислите массу сульфат-ионов в 1,00 л такого раствора.
6. Порцию оксида железа (II) обработали избытком хлора при нагревании. На сколько процентов масса твердого остатка, полученного в результате реакции, будет больше массы исходной порции оксида железа?
7. Составьте уравнения реакций (с использованием структурных формул) по схеме:



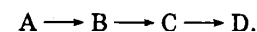
Буквами зашифрованы вещества, имеющие состав: C_7H_8 , $C_7H_7O_2N$, $C_7H_5O_4N$, C_7H_{14} . Укажите условия протекания реакций.

8. Выберите несколько простых веществ. Используя только эти вещества, а также продукты их взаимодействия, получите с помощью только окислительно-восстановительных реакций нитрат аммония.
9. Среди изомерных нодциклогексадиенов выберите такой, из которого в две стадии, не используя других углеродсодержащих соединений, можно получить гексахлорциклогексан.
10. Жир, в состав которого входят остатки только олеиновой кислоты, подвергли частичному гидролизу. Масса образовавшейся смеси сложных эфиров глицерина составила 58,19% от массы исходного жира. Вычислите, какое количество вещества водорода может присоединить 1 кг такой смеси продуктов частичного гидролиза жира.

Вариант 10

1. Что называют адсорбцией? Приведите пример адсорбции.
2. Приведите пример реакции присоединения для метаналя.

3. При хлорировании смеси двух изомерных пентанов было выделено всего четыре разных моногалогеналкана. Какие изомеры пентана подвергли хлорированию?
4. Имеются вода и сульфат хрома (III). Выберите только одно основание и одно простое вещество и получите с использованием четырех веществ, а также продуктов их взаимодействия (не прибегая к электролизу) следующие вещества: хромат натрия, бромид натрия, оксид хрома (III), сульфат натрия, хромит натрия.
5. В одном объеме жира, имеющего плотность 0,85 г/мл, при нормальных условиях растворяется один объем углекислого газа. Вычислите массовую долю углекислого газа в получившемся растворе.
6. Объемная доля неона в смеси с аммиаком равна 10,0%. Чему будет равна объемная доля неона после разложения всего аммиака?
7. Составьте уравнения реакций (с использованием структурных формул) по схеме:



Буквами зашифрованы вещества, имеющие состав: $C_2H_7O_2N$, $C_5H_{11}O_2N$, C_2H_6O , $C_2H_4O_2$. Укажите условия протекания реакций.

8. Выберите несколько оксидов. Используя только эти вещества, а также продукты их взаимодействия, получите с помощью только окислительно-восстановительных реакций нитрат железа (III).
9. Из пропанола, серной кислоты и бромида калия, не расходуя никаких других соединений, получите два изомерных алкана.
10. При полном гидролизе сложного эфира рибозы образовалась смесь калиевых солей муравьиной и масляной кислот. Массовая доля калия в этой смеси солей оказалась больше 40,0%. Установите состав сложного эфира и его возможное строение (два изомера).

Вариант 11

1. Приведите пример использования углеводов в медицине.
2. Приведите пример зависимости скорости реакции от поверхности реагирующих веществ.
3. Напишите уравнение реакции в ионной форме, протекающей при взаимодействии избытка сильнощелочного раствора хлората калия с алюминием.
4. Треонин является α -аминокислотой, ближайшим гомологом серина с большим числом углеродных атомов (функциональные группы расположены у соседних атомов C). Напишите уравнения реакций этой аминокислоты с избытком гидросульфата натрия в водном растворе.

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

5. В смеси двух сульфатов железа на 2 атома железа приходится 11 атомов кислорода. Вычислите массовую долю кислорода в этой смеси.

6. Какое количество вещества уксусной кислоты следует взять для проведения этерификации с 3,1 г этиленгликоля, чтобы получить смесь двух эфиров в молярном соотношении 1 : 4 (тяжелого соединения больше)?

7. Соединение X имеет состав $C_6H_8O_6$. Оно реагирует с гидроксидом натрия в водном растворе в мольном соотношении 1 : 3 и с оксидом серебра в аммиачном растворе в том же мольном соотношении. X не реагирует с гидрокарбонатом натрия. Установите возможную структуру X и напишите уравнения упомянутых реакций, применяя структурные формулы веществ.

8. Составьте уравнения в соответствии со схемой (достаточно привести один вариант):

1. Соль А + вода \rightarrow X + ...;
2. Соль В + кислота \rightarrow Y + ...;
3. X + Y (при нагревании) \rightarrow вода + ...

9. Из бензола получите в три стадии соединение, содержащее только углерод, водород, азот и бром. Обязательно используйте две реакции, протекающие по механизму S_E .

10. Смешали 1,58% раствор перманганата калия и 1,58% раствор сульфата калия в соотношении по массе 2 : 3. Вычислите массовую долю ионов калия в растворе после окончания реакции и отделения осадка.

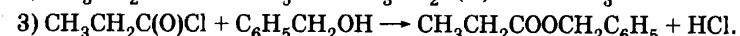
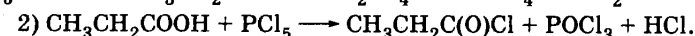
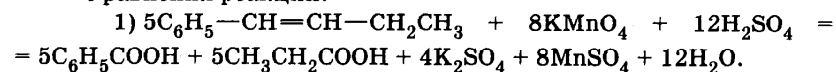
§ 34.3. Решения избранных вариантов билетов на вступительных экзаменах по химии в МГУ и ММА

Решение варианта СО-98-1

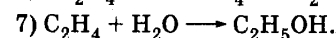
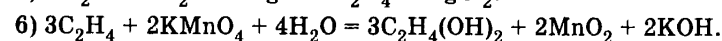
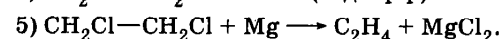
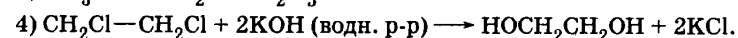
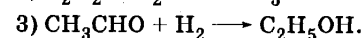
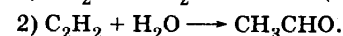
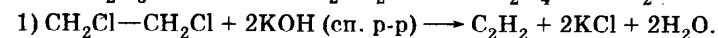
1. $K[Al(OH)_4] + H_2S = KHS + Al(OH)_3 + H_2O$.
- 2) $3Ca + 2P = Ca_3P_2$; 2) $Ca_3P_2 + 6HCl = 3CaCl_2 + 2PH_3 \uparrow$;
3) $PH_3 + 2O_2 = H_3PO_4$; 4) $H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O$.
- 3) 1) $2CrBr_3 + 3H_2O_2 + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3Br_2 + 6H_2O$,
2) $2CrBr_3 + 3H_2O_2 + 10KOH = 2K_2CrO_4 + 6KBr + 8H_2O$.
4. $C_6H_5-CH=CH-CH_2CH_3 \rightarrow CH_3CH_2COOH \rightarrow CH_3CH_2C(O)Cl \rightarrow CH_3CH_2COOCH_2C_6H_5$.

Глава 34. Варианты билетов на вступительных экзаменах по химии 1998 г.

Уравнения реакций:



5. Возможный вариант: А — CH_2Cl-CH_2Cl , В — C_2H_2 , С — CH_3CHO , D — C_2H_5OH , Е — $HOCH_2CH_2OH$, F — C_2H_4 , G — H_2O .

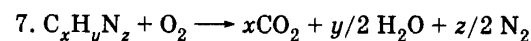


$$6. A + B = 2C, K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{25}{2 \cdot 2} = 6,25.$$

Во втором случае:

$$A + B = 2C, K = \frac{(1 + 2x)^2}{(3 - x)(2 - x)} = 6,25, x = 1,115.$$

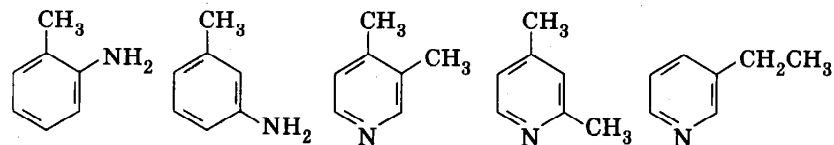
$$\phi(A) = (3 - 1,115)/6 = 0,314; \phi(B) = (2 - 1,115)/6 = 0,148; \phi(C) = 0,538.$$



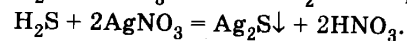
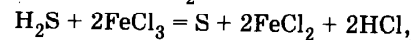
1) $x : y/2 : z/2 = (30,8/44) : (8,1/18) : (1,4/28) = 7 : 4,5 : 0,5$. Простейшая формула — C_7H_9N .

2) Молярная масса: $M = mRT/PV = 3,21 \cdot 8,31 \cdot 500 / (99,7 \times 1,25) = 107$ г/моль. Простейшая формула совпадает с истинной.

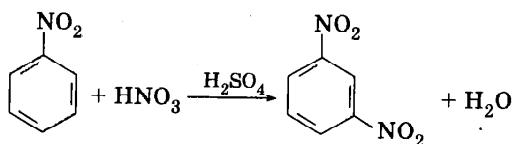
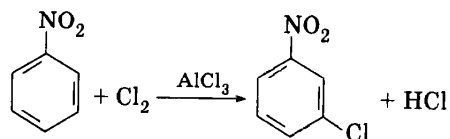
3) Присоединение водорода. $10,7/107 = 0,1$ моль вещества присоединяет $(138,5 \cdot 9,0/8,31 \cdot 500) = 0,3$ моль водорода. Это означает, что вещество может принадлежать к ароматическому ряду бензола или пиридина:



Решение варианта С-98-1

1. Вещество — H_2S .

2. Метильный радикал $-\text{CH}_3$ проявляет $+I$ -эффект, поэтому он увеличивает активность бензольного кольца в реакциях электрофильного замещения по сравнению с бензолом. Атом Cl проявляет $-I$ - и $-M$ -эффекты; он ослабляет активность кольца, но не так сильно, как нитрогруппа $-\text{NO}_2$, которая проявляет только отрицательный ($-M$) эффект.

Искомый ряд: толуол $>$ хлорбензол $>$ нитробензол.Уравнения реакций (нитрогруппа $-\text{NO}_2$ — *мета*-ориентант):

3. Для решения задачи необходимо выразить отношение двух констант с помощью уравнения Аррениуса. Для первой реакции:

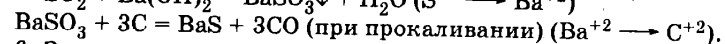
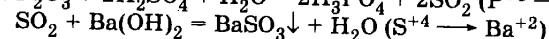
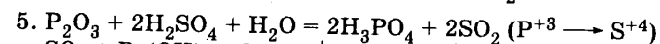
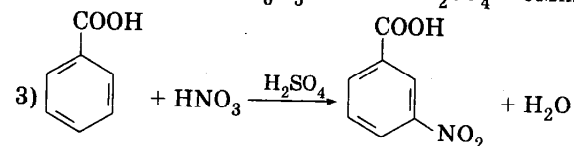
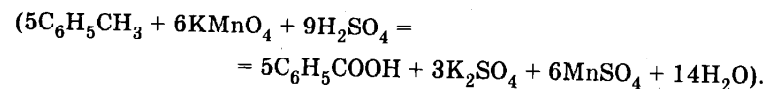
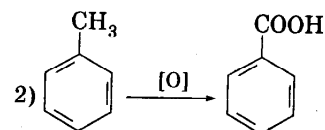
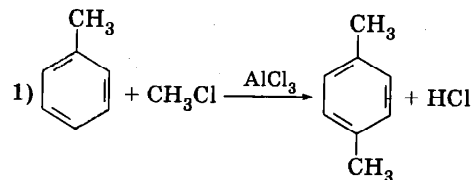
$$\frac{k_2}{k_1} = \exp\left[\frac{E_A}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right] = a.$$

Для второй реакции $E_{A'} = E_A/2$, следовательно:

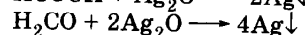
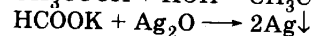
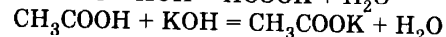
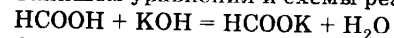
$$\frac{k_2}{k_1} = \exp\left[\frac{E_A}{2R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right] = a^{1/2}.$$

4. $\text{X} - \text{CH}_3$, $\text{Y} - \text{COOH}$.

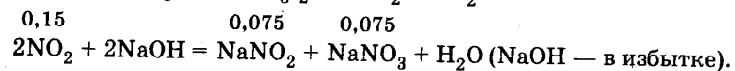
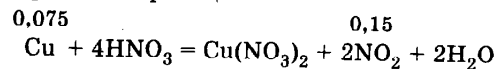
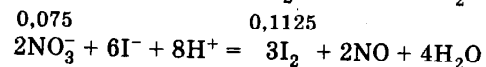
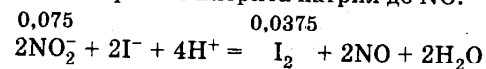
Уравнения реакций:



6. Запишем уравнения и схемы реакций:

Пусть $\nu(\text{HCOOH}) = x$, $\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = y$, $\nu(\text{H}_2\text{CO}) = z$ моль.Из реакций с KOH следует: $x + y = 18,7 \cdot 1,07 \cdot 0,084/56 = 0,03$.Из реакций с Ag_2O : $2x + 4z = 9,72/108 = 0,09$.Масса смеси: $46x + 60y + 30z = 2,33$.Решение системы трех уравнений: $x = 0,005$, $y = 0,025$, $z = 0,02$.Отв. Мольные доли: 10% HCOOH , 50% CH_3COOH , 40% H_2CO .7. $\nu(\text{Cu}) = 4,8/64 = 0,075$; $\nu(\text{NaOH}) = 100 \cdot 0,1/40 = 0,25$ моль.

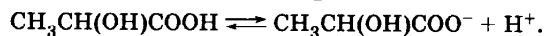
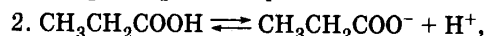
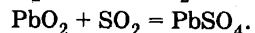
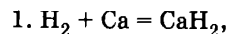
Уравнения реакций:

Максимальное количество вещества иода получится при полном восстановлении нитрата и нитрита натрия до NO :

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

$v(I_2) = 0,0375 + 0,1125 = 0,15$ моль, $m(I_2) = 0,15 \cdot 254 = 38,1$ г.
 Ответ. 38,1 г I_2 .

Решение варианта В-98-1



В обоих случаях концентрацию ионов водорода можно найти, используя определение степени диссоциации:

1) $[H^+] = \alpha C = 0,011 \cdot 0,1 = 1,1 \cdot 10^{-3}$;

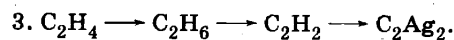
2) $[H^+] = \alpha C = 0,036 \cdot 0,1 = 3,6 \cdot 10^{-3}$.

Константа диссоциации выражается через степень диссоциации и концентрацию по закону разведения Оствальда:

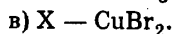
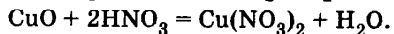
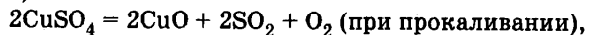
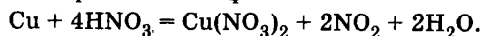
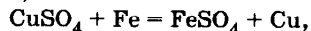
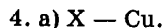
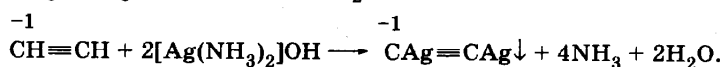
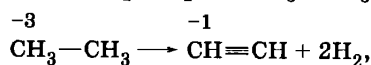
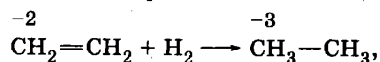
$$K = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} C.$$

Отношение констант диссоциации равно:

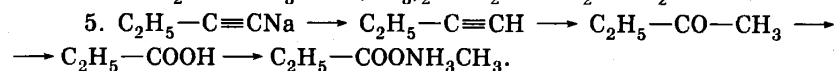
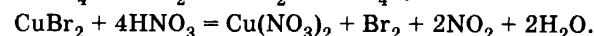
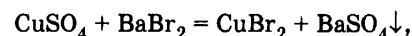
$$\frac{K(CH_3CH(OH)COOH)}{K(CH_3CH_2COOH)} = \frac{0,036^2 \cdot (1 - 0,011)}{0,011^2 \cdot (1 - 0,036)} = 11.$$



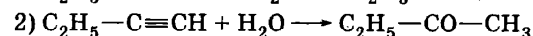
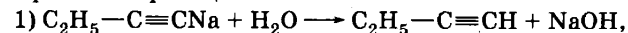
Уравнения реакций:



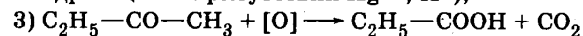
Глава 34. Варианты билетов на вступительных экзаменах по химии 1998 г.



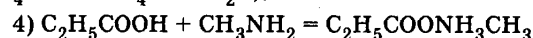
Уравнения реакций:



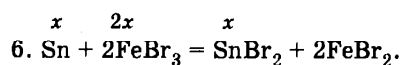
(реакция гидратации в присутствии Hg^{2+} , H^+),



(окисление кетона с разрывом углеродного скелета:
 $5C_2H_5-CO-CH_3 + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 = 5C_2H_5COOH + 5CO_2 +$
 $+ 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 17H_2O$),



(кислота + основание \rightarrow соль: пропионат метиламмония).



Пусть в реакцию вступило x моль Sn, тогда в растворе образовалось x моль $SnBr_2$ массой 279 x г. Масса оставшегося в растворе бромиды железа (III): $m(FeBr_3) = 435,5 \cdot 0,2 - 2x \cdot 296 = 87 - 592x$ г. По условию

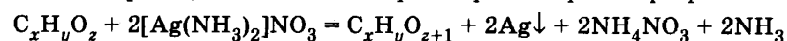
$$279x = 87 - 592x,$$

откуда $x = 0,1$.

Масса пластинки после окончания реакции равна: $m(Sn) = 16,9 - 0,1 \cdot 119 = 5,0$ г.

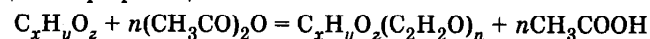
Ответ. 5,0 г.

7. Из реакции с аммиачным раствором нитрата серебра



следует, что углевод является альдегидоспиртом и что его количество вещества равно: $v(C_xH_yO_z) = v(Ag)/2 = (6,48/108)/2 = 0,03$ моль.

Пусть молекула углевода содержала n гидроксильных групп. В реакции этерификации

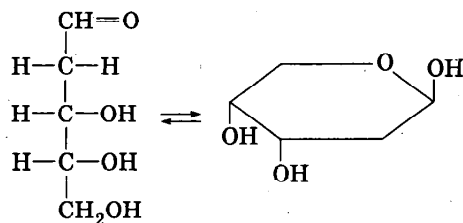


образовалось $5,40/60 = 0,09$ моль CH_3COOH . Это означает, что $n = 0,09/0,03 = 3$, т. е. углевод содержит три гидроксильные группы.

Молярная масса сложного эфира равна: $M(C_xH_yO_z(C_2H_5O)_n) = 7,80/0,03 = 260$ г/моль, откуда $M(C_xH_yO_z) = 260 - 3 \cdot M(C_2H_5O) =$

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

= 134 г/моль. Этот углевод — дезоксирибоза $C_5H_{10}O_4$. Возможные структурные формулы:



(обратите внимание, что цикл содержит *шесть* атомов).

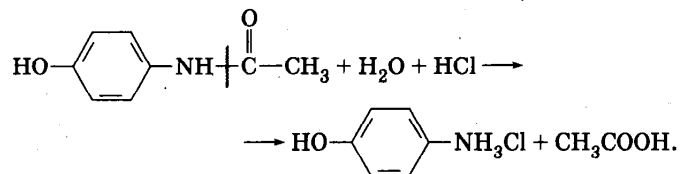
О т в е т. $C_5H_{10}O_4$.

Решение варианта М-98-1

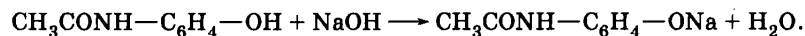
1. Ион S^{2-} : основное состояние — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

Первое возбужденное состояние — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 4s^1$.

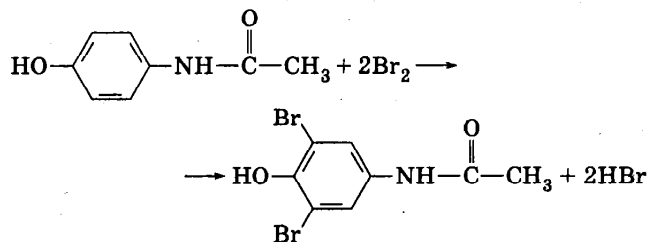
2. Парацетамол можно рассматривать как *пара*-ацетамидное производное фенола. Как ацетамид, он способен гидролизоваться в жестких условиях:



Как производное фенола, парацетамол реагирует со щелочами:



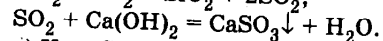
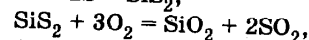
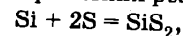
Реакции электрофильного замещения протекают преимущественно в *орто*-положениях по отношению к гидроксильной группе:



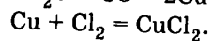
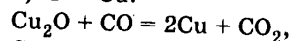
Глава 34. Варианты билетов на вступительных экзаменах по химии 1998 г.

3. А — Si, В — S, С — SiS_2 , D — SiO_2 , E — SO_2 .

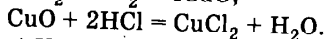
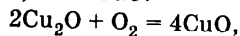
Уравнения реакций:



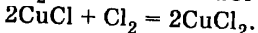
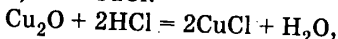
4. а) X — Cu.



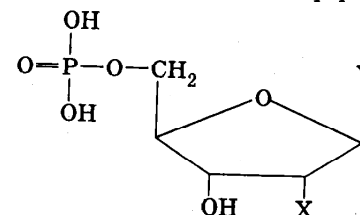
б) X — CuO.



в) X — CuCl.

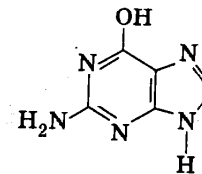


5. Соединение А — нуклеотид, общая формула которого:



где X — H (для дезоксирибонуклеотидов) или —OH (для рибонуклеотидов), Y — азотистое основание. Вещество А имеет молекулярную формулу $C_{10}H_{14}N_5O_8P$, так как два атома водорода в остатке фосфорной кислоты могут замещаться на атом свинца, давая соединение В состава $PbC_{10}H_{12}N_5O_8P$.

Согласно молекулярной формуле в состав основания Y входят пять атомов азота, пять атомов углерода (другие пять атомов входят в состав остатка углевода) и один или два атома кислорода. Единственное основание, удовлетворяющее этим требованиям, — гуанин:

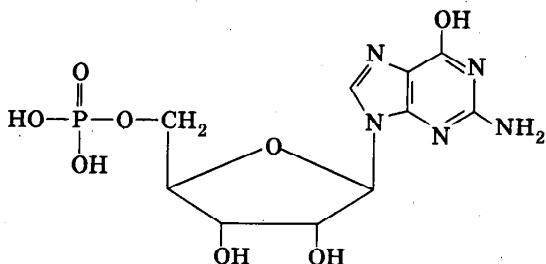


Поскольку в состав нуклеотида входит восемь атомов кислорода, а в состав остатков фосфорной кислоты и основания — пять, то ос-

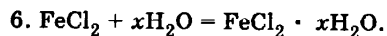
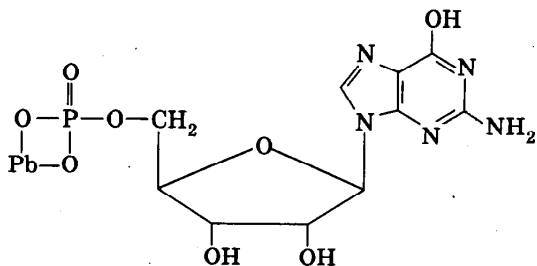
таток углевода должен содержать три атома кислорода, т. е. X = OH; углевод — рибоза.

Искомый нуклеотид (вещество А) построен из остатков рибозы и гуанина и носит название гуанозинфосфат; вещество В — его свинцовая соль:

А



В



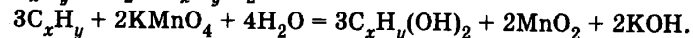
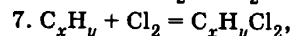
После выпадения осадка кристаллогидрата конечный раствор имел массу $40 + 10 - 24,3 = 25,7$ г и содержал $25,7 \cdot 0,385 = 9,90$ г FeCl_2 . В исходном растворе содержалось $40 \cdot 0,385 = 15,4$ г FeCl_2 , следовательно, в составе 24,3 г выпавшего кристаллогидрата было $15,4 + 10 - 9,9 = 15,5$ г FeCl_2 .

Для массовой доли FeCl_2 в кристаллогидрате $\text{FeCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ можно составить соотношение:

$$\frac{15,5}{24,3} = \frac{127}{127 + 18x}$$

откуда $x = 4$.

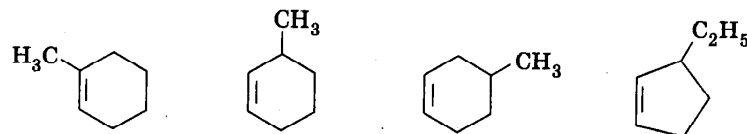
О т в е т. $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.



По условию количества вещества дихлорида и двухатомного спирта равны:

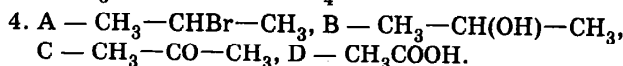
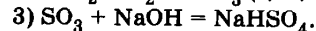
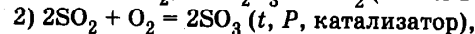
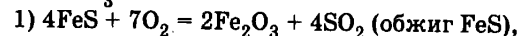
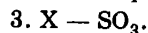
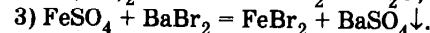
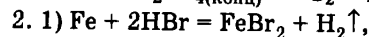
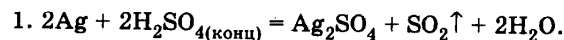
$$\frac{5,01}{12x + y + 71} = \frac{3,90}{12x + y + 34}$$

откуда $12x + y = 96$. Простым перебором находим единственное химически возможное решение этого уравнения: $x = 7$, $y = 12$. Искомый углеводород имел формулу C_7H_{12} и принадлежал гомологическому ряду $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. Судя по степени ненасыщенности, в его составе, кроме одной двойной связи, имелся один цикл. Возможные изомеры:

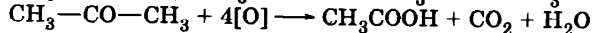
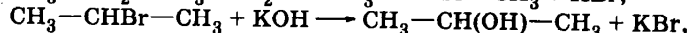
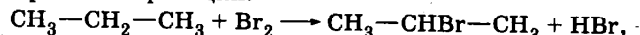


О т в е т. C_7H_{12} .

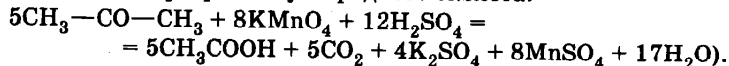
Решение варианта Р-98-1



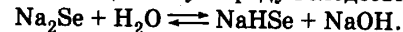
Уравнения реакций:



(окисление ацетона с разрывом углеродного скелета:

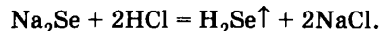


5. Селенид натрия Na_2Se по физическим и химическим свойствам — аналог сульфида натрия. Следовательно, это — твердое, достаточно тугоплавкое вещество, хорошо растворимое в воде. Водные растворы должны иметь щелочную среду вследствие гидролиза:

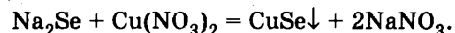


4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

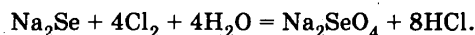
Na_2Se — соль, образованная слабой кислотой, поэтому он реагирует с сильными кислотами:



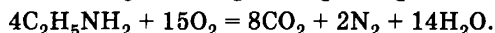
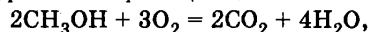
Селениды тяжелых металлов должны быть нерастворимы в воде, поэтому Na_2Se вступает в обменные реакции с солями этих металлов в водном растворе:



Наконец, Na_2Se — сильный восстановитель:



6. Запишем уравнения реакций:



Газ, не поглощаемый раствором NaOH , — азот.

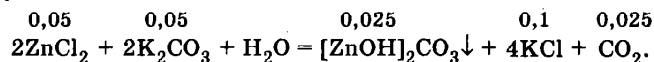
$\nu(\text{N}_2) = 4,48/22,4 = 0,2$ моль, $\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 2 \cdot 0,2 = 0,4$ моль.

$\nu_{\text{общ}}(\text{H}_2\text{O}) = 43,2/18 = 2,4$ моль. Во второй реакции образовалось $\nu_2(\text{H}_2\text{O}) = 7 \cdot \nu(\text{N}_2) = 1,4$ моль, следовательно, в первой реакции — $\nu_1(\text{H}_2\text{O}) = 2,4 - 1,4 = 1,0$ моль.

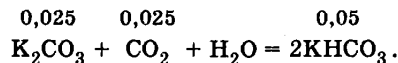
$\nu(\text{CH}_3\text{OH}) = \nu_1(\text{H}_2\text{O})/2 = 0,5$ моль. $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,4 \cdot 45/(0,5 \cdot 32 + 0,4 \cdot 45) = 0,53$.

О т в е т. 53% $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$.

7. При добавлении хлорида цинка к раствору карбоната калия образуется основная соль:



$\nu(\text{ZnCl}_2) = 35,7 \cdot 1,12 \cdot 0,17/136 = 0,05$ моль, $\nu(\text{K}_2\text{CO}_3) = 3 \cdot 0,05 = 0,15$ моль — избыток. Этот избыток реагирует с выделяющимся углекислым газом с образованием гидрокарбоната калия:



В полученном после отделения осадка фильтрате находятся: 0,1 моль KCl , 0,05 моль KHCO_3 , $(0,15 - 0,05 - 0,025) = 0,075$ моль K_2CO_3 .

Масса фильтрата равна: $m(\text{ф-та}) = m(\text{р-ра } \text{K}_2\text{CO}_3) + m(\text{р-ра } \text{ZnCl}_2) - m([\text{ZnOH}]_2\text{CO}_3) = 50 \cdot 1,30 + 35,7 \cdot 1,12 - 0,025 \cdot 224 = 99,4$ г.

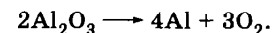
Массовые доли веществ: $\omega(\text{KCl}) = 0,1 \cdot 74,5/99,4 = 0,075$; $\omega(\text{KHCO}_3) = 0,05 \cdot 100/99,4 = 0,050$; $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,075 \cdot 138/99,4 = 0,104$.

О т в е т. 7,5% KCl , 5,0% KHCO_3 , 10,4% K_2CO_3 .

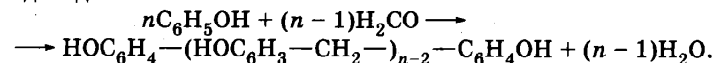
Глава 34. Варианты билетов на вступительных экзаменах по химии 1998 г.

Решение варианта ЮД-98-1

1. а) Электролизом расплава оксида алюминия получают алюминий:



б) Конденсацией фенола с формальдегидом получают фенолоформальдегидные смолы:



1. 0,5 0,5

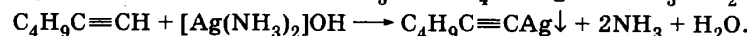
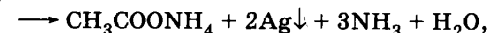
2. $2\text{A} = \text{B} + \text{C}$.

В реакции образовалось $3,5 - 3 = 0,5$ моль вещества С, следовательно, израсходован 1 моль А и образовалось также 0,5 моль В. Равновесные количества веществ: $[\text{A}] = 3 - 1 = 2$ моль, $[\text{B}] = [\text{C}] = 3 + 0,5 = 3,5$ моль.

$$K = \frac{[\text{B}][\text{C}]}{[\text{A}]^2} = \frac{3,5 \cdot 3,5}{2^2} = 3,06.$$

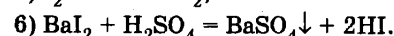
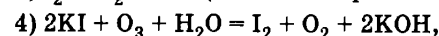
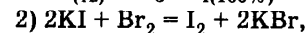
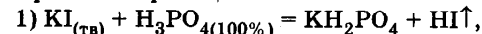
О т в е т. $K = 3,06$.

3. Все три вещества можно различить по реакции с аммиачным раствором оксида серебра. Ацетальдегид дает черный осадок, гексен-1 — белый, а толуол не реагирует:

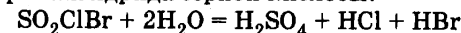


4. А — I_2 , В — BaI_2 .

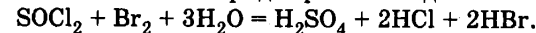
Уравнения реакций:



5. а) Данные продукты можно получить при гидролизе смешанного хлорбромангидрида серной кислоты:

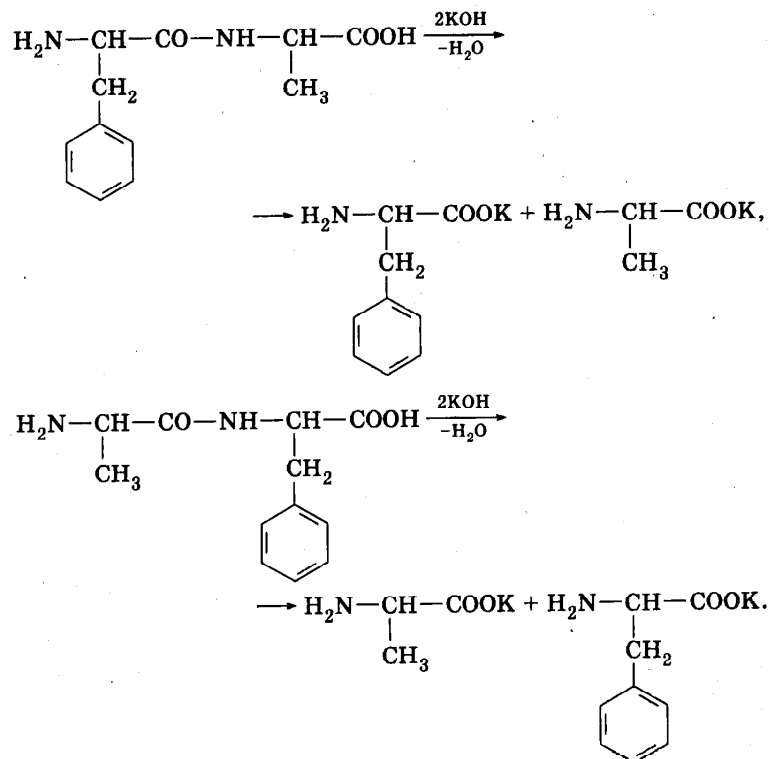


или при окислении тионилхлорида бромной водой:

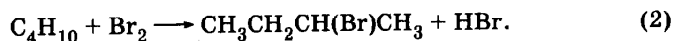
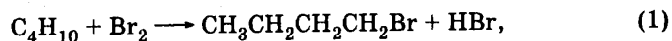


б) Смесь калиевых солей аминокислот можно получить при щелочном гидролизе дипептидов:

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз



6. Запишем уравнения реакции в следующем виде:



В первом опыте в этих реакциях образовалось $1,8 \cdot 0,389 = 0,7$ моль 1-бромбутана и $1,8 - 0,7 = 1,1$ моль 2-бромбутана.

Если обозначить молярные теплоты реакций (1) и (2) через Q_1 и Q_2 , то

$$-19 = 0,7 \cdot Q_1 + 1,1 \cdot Q_2. \quad (3)$$

Найти связь между теплотами реакций Q_1 и Q_2 можно, если заметить, что в реакциях (1) и (2) все вещества одинаковы, кроме бромбутанов. Поэтому из закона Гесса следует, что разность теплот этих ре-

Глава 34. Варианты билетов на вступительных экзаменах по химии 1998 г.

акций равна разности теплот образования 1-бромбутана и 2-бромбутана:

$$Q_1 - Q_2 = Q_{\text{обр}}(1-\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}) - Q_{\text{обр}}(2-\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}) = -4. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (3), находим: $Q_1 = -13,0$, $Q_2 = -9,0$ кДж/моль.

Пусть во втором опыте образовалось x моль 1-бромбутана и $(1,8 - x)$ моль 2-бромбутана, тогда:

$$-19,4 = x \cdot Q_1 + (1,8 - x) \cdot Q_2,$$

откуда $x = 0,8$. Выход 1-бромбутана равен $0,8/1,8 = 0,444$.

О т в е т. $-13,0$ и $-9,0$ кДж/моль; выход 44,4%.

7. Молярные массы: $M(\text{KL} \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 400$ г/моль, $M(\text{KL} \times 6\text{H}_2\text{O}) = 400 - 72 = 328$ г/моль, $M(\text{KL}) = 400 - 180 = 220$ г/моль.

Обозначим $v(\text{KL} \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = x$, $v(\text{H}_2\text{O}) = y$ и запишем условия насыщенности растворов KL при 90 и при 40 °C.

При 90 °C

$$\omega(\text{KL}) = m(\text{KL})/m(\text{p-ра}) = 220x/(400x + 18y) = 90/190.$$

При 40 °C

$$\begin{aligned}
 \omega(\text{KL}) &= m(\text{KL})/m(\text{p-ра}) = \\
 &= 220 \cdot (x - 0,5)/(400x + 18y - 0,5 \cdot 328) = \\
 &= 60/160.
 \end{aligned}$$

Решая систему, находим: $x = 1,06$, $y = 3,79$. Массы веществ: $m(\text{KL} \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1,06 \cdot 400 = 424$ г; $m(\text{H}_2\text{O}) = 3,79 \cdot 18 = 68,2$ г.

О т в е т. 424 г $\text{KL} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 68,2 г H_2O .

Решение варианта 1

1. $\text{SiO}_2 + \text{CaO} = \text{CaSiO}_3$ (реакция соединения);

$\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (реакция обмена).

2. Функциональная группа — любой атом (кроме водорода) или группа атомов (кроме углеводородных радикалов), связанная с атомом углерода.

3. $[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_3]^+$ — соль амина;

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{I})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ — амин (не соль).

4. Кислота — HCl , соль — $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$.

Способы получения веществ:

1) сульфит магния и нитрат натрия: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{MgSO}_3 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$;

2) хлорид магния и оксид серы (IV): $\text{MgSO}_3 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$;

3) хлорид натрия: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$.

5. Массовые доли кислорода в соединениях с калием равны: 17,0% в K_2O ; 29,1% в K_2O_2 ; 45,1% в KO_2 ; 55,2% в KO_3 .

Существует простая теорема о среднем значении, согласно которой массовая доля элемента в смеси соединений больше минимальной массовой доли элемента и меньше максимальной массовой доли элемента в этих соединениях. Например, в смеси K_2O_2 и KO_2 массовая доля кислорода больше 29,2% и меньше 45,1%.

Таким образом, если в смеси $\omega(\text{O}) = 20\%$, то в одном из соединений массовая доля кислорода должна быть больше 20%, а в другом — меньше 20%. Единственное соединение с $\omega(\text{O}) < 20\%$ — K_2O .

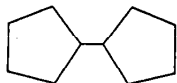
Аналогично если в смеси $\omega(\text{O}) = 50\%$, то в одном из соединений массовая доля кислорода должна быть больше 50%, а в другом — меньше 50%. Единственное соединение с $\omega(\text{O}) > 50\%$ — KO_3 .

Отв. а) K_2O ; б) KO_3 .

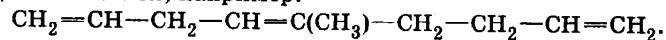
6. Количество веществ, образовавшихся при гидролизе: $\nu(\text{глицерина}) = 9,2/92 = 0,1$ моль; $\nu(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = 55,6/278 = 0,2$ моль. Количество кислоты в 2 раза превосходит количество глицерина, следовательно, в состав молекулы жира входило два остатка линоленовой кислоты. Третий остаток, согласно условию, принадлежал олеиновой кислоте $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$. $\nu(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = \nu(\text{глицерина}) = 0,1$ моль; $m(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = 0,1 \cdot 282 = 28,2$ г.

Отв. 28,2 г $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$.

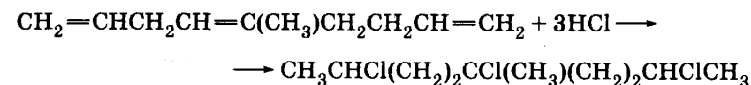
7. Предположим, что один углеводород принадлежал к ряду $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, а другой — к ряду $\text{C}_n\text{H}_{2n-4}$. Согласно условию один из углеводородов не содержал кратных связей. Пусть это был углеводород класса $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. Его молекула содержит на четыре атома водорода меньше, чем молекула алкана с тем же числом углеродных атомов; это означает, что в состав молекулы входят два цикла, например, это мог быть дициклопентил $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$:



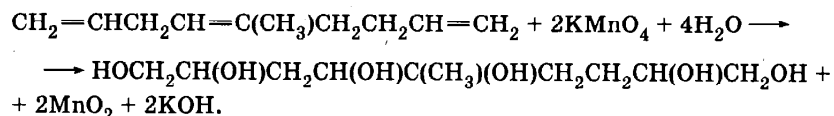
Формула второго углеводорода, реагирующего с HCl и KMnO_4 , — $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$. Это может быть любой углеводород, содержащий три двойные связи, например:



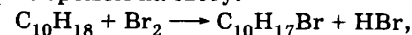
Этот углеводород присоединяет HCl по правилу Марковникова:



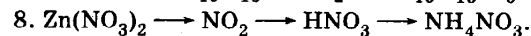
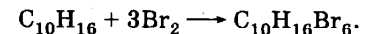
и окисляется водным раствором перманганата калия:



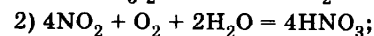
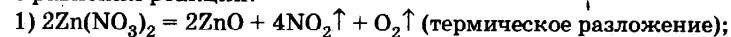
Оба углеводорода — и $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$, и $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ — реагируют с бромом, правда при разных условиях: предельный углеводород вступает в реакцию замещения с бромом на свету:



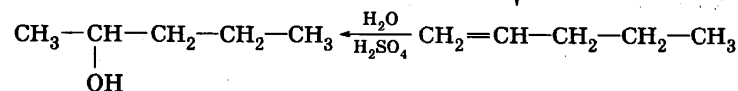
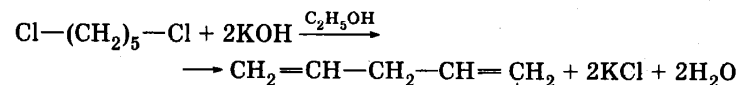
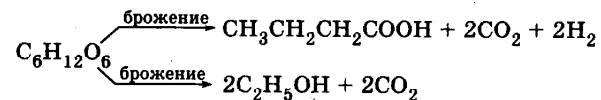
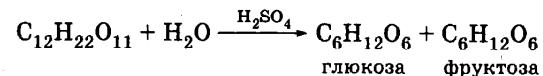
а непредельный реагирует с бромной водой, присоединяя атомы брома по двойным связям:



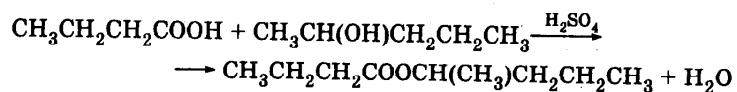
Уравнения реакций:



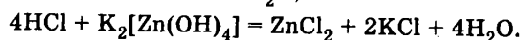
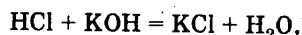
9. Схема процессов:



4. Химия на вступительных экзаменах в вуз



10. Соляная кислота реагирует со щелочью и с комплексной солью:

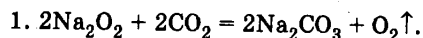


В первой реакции расходуется $\nu(\text{HCl}) = \nu(\text{KOH}) = 5 \cdot 0,001 = 0,005$ моль, а во второй — $\nu(\text{HCl}) = 4 \cdot \nu(\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 4 \cdot 0,6 \cdot 0,001 = 0,0024$ моль, всего — 0,0074 моль HCl.

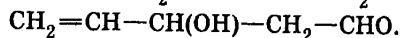
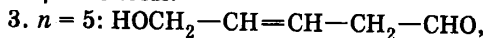
В полученном растворе объемом 21 мл = 0,021 л содержится $0,05 \cdot 0,021 = 0,00105$ моль HCl. Таким образом, в исходном растворе содержалось $0,00105 + 0,0074 = 0,00845$ моль HCl. Концентрация хлороводорода в этом растворе была равна: $C(\text{HCl}) = 0,00845/0,02 = 0,423$ моль/л.

Отв е т. 0,423 моль/л HCl.

Решение варианта 5

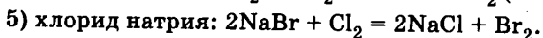
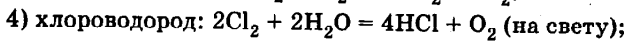
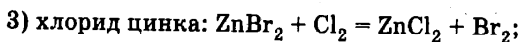
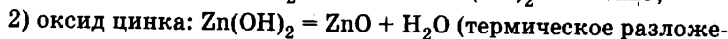
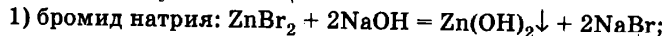


2. Крахмал образован остатками α -глюкозы, а целлюлоза — остатками β -глюкозы.



4. Основание — NaOH, простое вещество — Cl_2 .

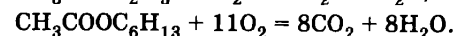
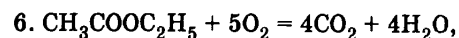
Способы получения веществ:



5. В исходном растворе находилось $150 \cdot 0,12 = 18$ г CuSO_4 , а в конечном растворе — $100 \cdot 0,12 = 12$ г CuSO_4 . В осадок выпало $18 - 12 = 6$ г CuSO_4 , что составляет $6/160 = 0,0375$ моль. $\nu(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{CuSO}_4) = 0,0375$ моль; $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,0375 \cdot 250 = 9,38$ г. Масса испарившейся воды равна $50 - 9,38 = 40,6$ г.

Отв е т. 40,6 г H_2O .

Глава 34. Варианты билетов на вступительных экзаменах по химии 1998 г.

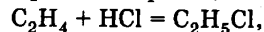


Из этих двух уравнений видно, что независимо от мольного соотношения эфиров в смеси $\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{H}_2\text{O}) = 2,7/18 = 0,15$ моль. Объем углекислого газа равен: $V(\text{CO}_2) = \nu RT/p = 0,15 \cdot 8,31 \cdot 288/101,3 = 3,54$ л.

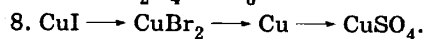
Отв е т. 3,54 л CO_2 .

7. Условию задачи удовлетворяет любой алкен и предельный альдегид с тем же числом атомов углерода, например C_2H_4 и CH_3CHO .

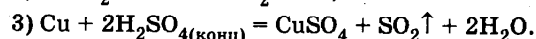
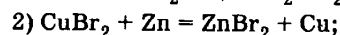
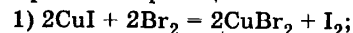
Уравнения реакций:



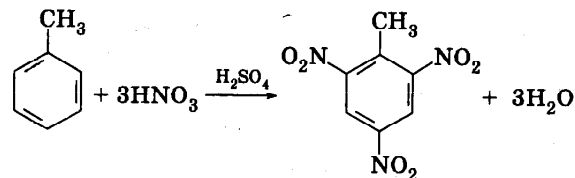
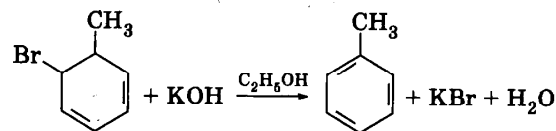
Отв е т. C_2H_4 и CH_3CHO .



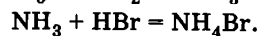
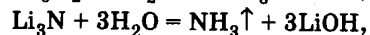
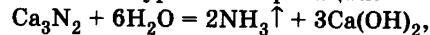
Уравнения реакций:



9. Тринитротолуол можно получить из толуола, а толуол — отщеплением бромоводорода от 5-бром-6-метилгексадиена-1,3:



10. Запишем уравнения реакций:



В реакцию с аммиаком вступило $(2,8 - 1,2) \cdot 0,08 = 0,128$ моль HBr.

Пусть в исходной смеси $\nu(\text{Ca}_3\text{N}_2) = x$ моль, $\nu(\text{Li}_3\text{N}) = y$ моль, тогда $\nu(\text{NH}_3) = 2x + y = 0,128$ моль. Массовая доля азота в исходной смеси равна: $\omega(\text{N}) = m(\text{N})/m(\text{смеси}) = 14 \cdot (2x + y)/(148x + 35y) = 0,3$.

Решая систему двух уравнений, находим: $x = 0,019$, $y = 0,09$. Масса смеси нитридов равна: $m(\text{смеси}) = m(\text{Ca}_3\text{N}_2) + m(\text{Li}_3\text{N}) = 148 \cdot 0,019 + 35 \cdot 0,09 = 5,96$ г.

Ответ. 5,96 г.

Решение варианта 9

1. В коллоидных растворах размер частиц на несколько порядков больше, чем в истинных растворах.

2. Глюкоза может проявлять свойства как окислителя, так и восстановителя.

3. $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$; $2n - 2 = n + 2$, $n = 4$. Искомый алкадиен — бутадиен: $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2$. Межклассовый изомер бутадиена — $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$.

4. Основание — $\text{Ca}(\text{OH})_2$, соль — K_2CO_3 .

Способы получения веществ:

1) углекислый газ и силикат калия: $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow$;

2) силикат кальция: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{H}_2\text{O} \uparrow$;

3) гидроксид калия: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{KOH}$;

4) гидрокарбонат калия: $\text{KOH} + \text{CO}_2 = \text{KHCO}_3$.

5. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$.

$\nu(\text{Fe}^{3+}) = 0,150 / 56 = 0,00268$ моль, $\nu(\text{SO}_4^{2-}) = 3/2 \cdot \nu(\text{Fe}^{3+}) = 0,00402$ моль. В одном литре раствора содержится в 1000 раз больше сульфат-ионов, чем в одном миллилитре: $\nu(\text{SO}_4^{2-}) = 4,02$ моль. $m(\text{SO}_4^{2-}) = 4,02 \cdot 96 = 385,7$ г.

Ответ. 385,7 г SO_4^{2-} .

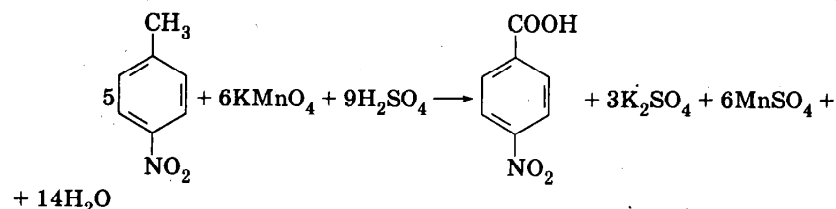
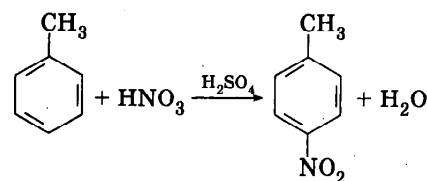
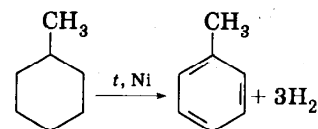
6. $2\text{FeO} + \text{Cl}_2 = 2\text{FeOCl}$.

$m(\text{FeOCl})/m(\text{FeO}) = 107,5/72 = 1,49$. Масса оксохлорида железа (III) больше массы оксида железа (II) на 49%.

Ответ. На 49%.

7. C_7H_{14} (метилциклогексан) \rightarrow C_7H_8 (толуол) \rightarrow $\text{C}_7\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ (4-нитротолуол) \rightarrow $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_4\text{N}$ (4-нитробензойная кислота).

Уравнения реакций:



8. Простые вещества: Mg, N₂, O₂, H₂.

Уравнения реакций:

1) $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$;

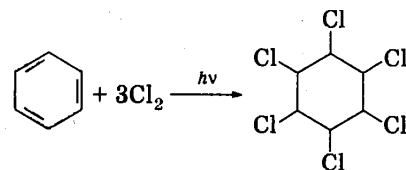
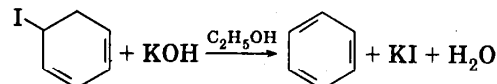
2) $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$;

3) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$;

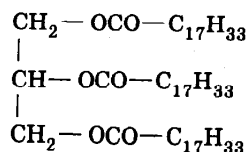
4) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$;

5) $4\text{Mg} + 10\text{HNO}_3(\text{разб}) = 4\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.

9. Гексахлорциклогексан можно получить из бензола, а бензол — отщеплением иодоводорода от 5-иод-гексадиена-1,3:



10. Пусть количество триолеата глицерина



составляло 1 моль, тогда его масса была равна 884 г. Масса смеси сложных эфиров — продуктов частичного гидролиза — составила $884 \times 0,5819 = 514,4$ г. Это смесь моноолеата глицерина ($M = 356$ г/моль) и диолеата глицерина ($M = 620$ г/моль) общим количеством 1 моль; средняя молярная масса этой смеси равна 514,4 г/моль.

Пусть в этой смеси ν (моноолеата) = x моль, ν (диолеата) = $1 - x$ моль, тогда масса смеси равна: $514,4 = 356 \cdot x + 620 \cdot (1 - x)$, откуда $x = 0,4$. Таким образом, мольная доля моноолеата равна 0,4, а диолеата — 0,6.

В смеси массой 1 кг содержится $1000/514,4 = 1,944$ моль сложных эфиров. ν (моноолеата) = $1,944 \cdot 0,4 = 0,778$ моль, ν (диолеата) = $1,944 \cdot 0,6 = 1,166$ моль. Один моль моноолеата может присоединить один моль водорода, а один моль диолеата — два моля водорода. Таким образом, 1 кг смеси моноолеата и диолеата глицерина может присоединить $\nu(\text{H}_2) = 0,778 + 2 \cdot 1,166 = 3,11$ моль.

О т в е т. 3,11 моль H_2 .

ГЛАВА 35

Ответы и указания к решениям задач гл. 1—34

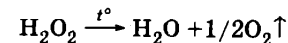
Глава 1

- 1-1. Li, He, Si, Cl, Cu, Pt, U, Xe.
1-2. Гелий, бром, бор, углерод, азот, цинк, сера, железо.
1-3. б) ; в) ; д) ; е).
1-4. а) По плотности и запаху; б) по вкусу; в) по запаху.
1-5. Порошок может быть разделен на составляющие его компоненты растворением в воде: сахар растворится, мел — нет.
1-6. Бензол, молочная кислота, железо, медь.
1-7. а) ; в) ; г).
1-8. Происходит химическая реакция образования пентагидрата сульфата меди (II) с выделением теплоты: $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + Q$.

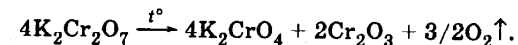
1-9. Происходит экзотермическая химическая реакция образования гидрата серной кислоты: $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + Q$.

1-10. Сублимация — физический процесс.

1-11. Химические превращения сопровождаются получением кислорода при разложении пероксида водорода



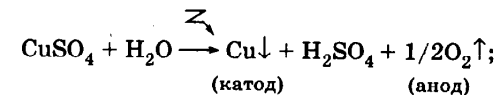
и разложении дихромата калия



1-12. б) $\text{NH}_4\text{NO}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;

в) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{t^\circ} \text{N}_2 \uparrow + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$.

1-13. В случае а) происходит электролиз раствора (химическое явление):



в случае б) — физическое явление.

1-14. Химическое превращение в случае а): $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$; в случае б) — физическое явление.

1-15. Образование другого вещества — явление химическое; перестройка ядра при неизменности электронной оболочки — явление физическое.

1-16. 78 г/моль; 100 г/моль; 158 г/моль; 250 г/моль.

1-17. а) $1,33 \cdot 10^{-22}$ г; $1,53 \cdot 10^{-22}$ г.

1-18. а) $1,59 \cdot 10^{-22}$ г; б) $4,75 \cdot 10^{-22}$ г; в) $6,11 \cdot 10^{-22}$ г.

1-19. В 3 л гелия.

1-20. В 80 г метана содержится в 2 раза больше атомов H, чем в 90 г воды.

1-21. а) $10,23 \cdot 10^{24}$; б) $6,02 \cdot 10^{23}$; в) $4,57 \cdot 10^{23}$.

1-22. а) Нет; б) да; в) да.

1-23. 1,295 кг.

1-24. $22,4 \text{ м}^3$.

1-25. $5,644 \cdot 10^{24}$ молекул O_2 .

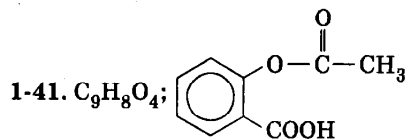
1-26. $5,02 \cdot 10^{25}$ атомов Mg; $5,8 \cdot 10^{24}$ атомов Pb.

1-27. Легче — влажный (сравните средние молярные массы).

1-28. SO_3 .

1-29. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$.

- 1-30. HCO_2 .
 1-31. Барий.
 1-32. MgCO_3 .
 1-33. Алюминий.
 1-34. H_2CrO_4 .
 1-35. C_{60} (фуллерен).
 1-36. S_8 .
 1-37. P_4 ; P_4O_6 .
 1-38. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $1,2 \cdot 10^{24}$ атомов Н.
 1-39. $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.
 1-40. $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.



- 1-42. 1,71 г.
 1-43. 80% CO .
 1-44. Атомов Fe в 1,04 раза больше.
 1-45. Атомов N в 4,5 раза больше.
 1-46. Атомов Na в 1,7 раза больше.
 1-47. Атомов O в 3 раза больше.
 1-48. 36,65% SnO_2 .

Глава 2

2-1. Электролиз растворов и расплавов; опыты с катодными лучами («электролиз газов»); открытие радиоактивности.

2-2. α -Частицы — положительно заряженные ядра гелия ${}^4_2\text{He}$, движущиеся с большими скоростями; β -частицы — это электроны, также движущиеся с высокими скоростями.

2-3. 1. Модель Томсона (1904) — это положительно заряженная сферическая частица, внутри которой распределены электроны. 2. Модель Резерфорда (1911) — планетарная (ядерная) модель строения атома. 3. Модель Бора (1913) — планетарная модель, дополненная двумя очень важными постулатами. 4. Квантовая модель (20-е гг. XX столетия) — в основе модели лежит двойственная природа электрона.

2-4. Например, наблюдавшаяся уже в 1927 г. дифракционная картина, сопровождавшая прохождение электронов через кристаллическую решетку. Французский физик Луи де Бройль (впоследствии — нобелевский лауреат) первым высказал предположение о дуализме электрона.

$$2-5. \lambda = 0,121 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 0,121 \text{ нм (нанометр)}.$$

$$2-6. v({}^4_2\text{He}) = 7,03 \cdot 10^4 \text{ м/с}.$$

2-7. 1) Главное квантовое число n определяет общую энергию электрона на данной орбитали; 2) побочное квантовое число l определяет форму электронного облака, а также момент импульса электрона при его вращении вокруг ядра (отсюда и второе название этого квантового числа — орбитальное); 3) магнитное квантовое число m_l определяет ориентацию орбитали в пространстве; 4) спиновое квантовое число s характеризует собственный момент импульса электрона.

$$2-8. {}^{135}_{56}\text{Ba} : 56 {}^1_1p + 79 {}^1_0l; {}^{136}_{56}\text{Ba} : 56 {}^1_1p + 80 {}^1_0l; {}^{137}_{56}\text{Ba} : 56 {}^1_1p + 81 {}^1_0l \text{ и } {}^{138}_{56}\text{Ba} : 56 {}^1_1p + 82 {}^1_0l.$$

2-9. Протий ${}^1_1\text{H}$, дейтерий ${}^2_1\text{D}$ (${}^2_1\text{H}$) и тритий ${}^3_1\text{T}$ (${}^3_1\text{H}$).

$$2-10. {}^{203}_{81}\text{Tl}.$$

$$2-11. A_r(\text{Si}) = 28,1.$$

$$2-12. 30,79\% {}^{203}\text{Tl}; 69,21\% {}^{205}\text{Tl}.$$

$$2-13. A_r(\text{Cu}) = 63,55.$$

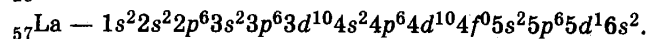
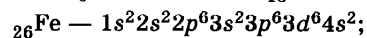
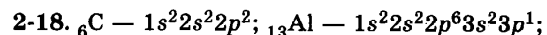
2-14. Указание. У калия два стабильных изотопа: ${}^{39}_{19}\text{K}$ и ${}^{41}_{19}\text{K}$ с распространенностью в природе 93,3% и 6,7% соответственно; аргон имеет три стабильных изотопа: ${}^{36}_{18}\text{Ar}$, ${}^{38}_{18}\text{Ar}$ и ${}^{40}_{18}\text{Ar}$, причем на долю последнего приходится 99,6%.

2-15. 1) $n = 4$; $l = 0$; $m_l = 0$, $s = +1/2$; 2) для второго электрона первые три квантовых числа те же, $s = -1/2$.

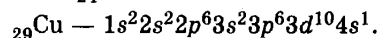
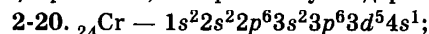
2-16. Для каждого из трех электронов $n = 3$ и $l = 1$. Поскольку спины каждого из них равны $1/2$, то в соответствии с принципом Паули магнитное квантовое число первого электрона $m_l = -1$, второго — $m_l = 0$ и третьего — $m_l = 1$.

2-17. Электрон находится на третьем уровне на одной из p -орбиталей (p_x , p_y или p_z). Форма любой из этих орбиталей — объемная восьмерка («гантель»).

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз



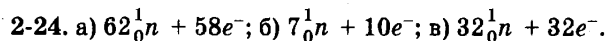
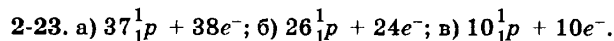
2-19. У лантаноидов и актиноидов заполняются соответственно $4f$ - и $5f$ -орбитали, которые могут содержать до 14 электронов.



Причины аномалии см., например, [Кузьменко, 1998, гл. II].

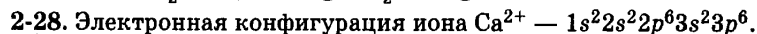
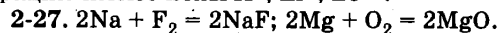
2-21. ${}_{14}\text{Si} - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$; имеется шесть электронных пар, занимающих $1s$ -, $2s$ -, $2p$ - и $3s$ -орбитали; неспаренных электронов два на $3p$ -орбитали.

2-22. ${}_{14}\text{Si}^* - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3$; имеется пять электронных пар, занимающих $1s$ -, $2s$ - и $2p$ -орбитали; неспаренных электронов четыре: один из них на $3s$ -орбитали, три других — на $3p$ -орбитали.



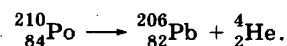
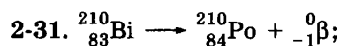
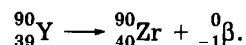
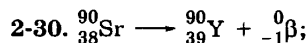
2-25. Электронная конфигурация иона $\text{P}^{5+} - 1s^2 2s^2 2p^6$. Такую же электронную конфигурацию имеет атом неона и ионы O^{2-} , F^- , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} .

2-26. Электронная конфигурация гелия — $1s^2$. Такую же конфигурацию имеют ионы H^- , Li^+ , Be^{2+} .

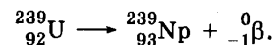
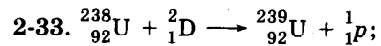
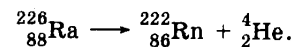
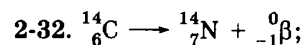


а) На $3s$ -орбитали электроны уже находятся; б) в соответствии с ограничениями, накладываемыми на квантовое число l ($l = 0, 1, \dots, n - 1$), для $n = 2$, l может принимать только значения 0 и 1 — следовательно, $2d$ -орбитали не существует в принципе (d -орбиталь — это $l = 2$); на $4p$ -орбитали (как и на любой существующей) электроны могут находиться при возбуждении.

2-29. а) Да; б) нет; в) да. См. ответ к предыдущей задаче.



Глава 35. Ответы и указания к решениям задач гл. 1—34



2-34. 65,5 лет.

2-35. $k = 4,36 \cdot 10^{-4} \text{ лет}^{-1}$; за один год распадается 0,0436% от исходного образца.

2-36. Например, установление механизма реакции *этерификации* методом «меченых атомов» с использованием стабильного изотопа ${}^{18}_8\text{O}$. Изотоп иода ${}^{131}_{53}\text{I}$ широко используется в медицинской практике.

2-37. $\text{Rb} + \text{H}_2\text{O} = \text{RbOH} + 1/2\text{H}_2 \uparrow$. Химические превращения не затрагивают ядра атомов, поэтому период полураспада ${}^{83}\text{Rb}$ в RbOH не изменится.

2-38. 10 385 лет.

2-39. $\Delta m = 0,062 \text{ а. е. м.}$; $E_{\text{связи}} = 6,5 \text{ МэВ} \cdot \text{нуклон}^{-1}$.2-40. $\Delta m = 0,319 \text{ а. е. м.}$

2-41. В реакции ядерного деления способны вступать изотопы элементов с $Z > 84$; ядерный синтез возможен для наиболее легких изотопов — дейтерия, трития.

2-42. Металлические свойства наиболее ярко выражены у элементов, занимающих положение в левом нижнем углу периодической системы, а неметаллические свойства ярче всего выражены у элементов, занимающих правый верхний угол таблицы. Ту часть таблицы, которая отделяет металлы от неметаллов, занимают элементы с промежуточными свойствами; такие элементы расположены вблизи прямой линии, проходящей от верхней средней точки таблицы к нижнему правому углу. Эти элементы, называемые *металлоидами*, включают бор, кремний, германий, мышьяк, сурьму, теллур и полоний.

Из перечисленных в задании: калий, алюминий — *металлы*; ксенон, бром, фосфор — *неметаллы*; мышьяк, кремний — *металлоиды*.

2-43. Армстронг, принимая значение атомной массы урана 180, обязан был поставить его в IV группу с Ti и Zr вместо неоткрытого тогда гафния. Следовательно, формула смолки по Армстронгу UO_2 . Берцелиус, настаивая на значении атомной массы 120, ставил уран в V группу вместо сурьмы; формула смолки по Берцелиусу U_2O_5 .

Глава 3

3-1. Ионную связь образуют элементы, один из которых достаточно легко теряет электроны с образованием катиона, а другой — приобретает, превращаясь в анион; KCl , CaBr_2 .

3-2. RbCl , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, BaSO_4 , KNO_3 .

3-3. а) H_2O , NH_3 ; б) F_2 , N_2 .

3-4. CO_2 , CCl_4 , CH_4 , BCl_3 .

3-5. NaNO_3 , BaSO_4 , KMnO_4 .

3-6. F .

3-7. ($\text{Be}-\text{I}$) 25% — полярная; ($\text{Mg}-\text{I}$) 40% полярная; ($\text{Ca}-\text{I}$) 50% — полярная; ($\text{Sr}-\text{I}$) 58% ионная; ($\text{Ba}-\text{I}$) 60% — ионная.

3-8. ($\text{Mg}-\text{O}$) 70% — ионная; ($\text{Al}-\text{O}$) 60% — ионная; ($\text{Si}-\text{O}$) 48% — полярная; ($\text{P}-\text{O}$) 35% — полярная.

3-9. NH_4NO_3 , $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$.

3-10. а) O — донор, Cg — акцептор; б) N — донор, H — акцептор; в) N — донор, B — акцептор; г) N — донор, Cu — акцептор.

3-11. а) $\text{Al} - 4$; б) $\text{Fe} - 6$; в) $\text{Ag} - 2$; г) $\text{Cu} - 4$.

3-12. Наиболее электроотрицательные элементы: F , O , Cl , N , S .

3-13. $(\text{HF})_n$; $(\text{H}_2\text{O})_n$; образование вторичной структуры белков; образование двойной спирали в ДНК; $(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ и т. д.

3-14. Низкий потенциал ионизации, свободные валентные орбитали.

3-15. Да, поскольку при образовании металлической решетки возникают МО из атомных орбиталей.

3-16. В молекуле азота N_2 тройная связь образована одной σ - и двумя π -связями (кратность связей равна 3). Такая кратность максимальна для двухатомной молекулы и согласуется с большой энергией диссоциации. Ионизация молекулы азота состоит в уходе одного электрона со связывающей орбитали, поэтому энергия диссоциации в N_2^+ уменьшается, а кратность связей равна 2,5.

3-17. Кратность связей в молекуле F_2 и ионе F_2^+ равны соответственно $\frac{8-6}{2} = 1$ и $\frac{8-5}{2} = 1,5$. В соответствии с кратностями связей энергия диссоциации F_2^+ возросла за счет того, что удаление электрона произошло с разрыхляющей орбитали $\pi^{\text{разр}}2p_z$.

3-18. Кратности связей: для $\text{O}_2 - 2$; $\text{O}_2^+ - 2,5$; $\text{O}_2^- - 1,5$. Наибольшая энергия диссоциации у O_2^+ (627 кДж/моль), наименьшая — у O_2^- (395 кДж/моль).

3-19. На связывающих орбиталях O_2 находится восемь, а на разрыхляющих — всего четыре электрона внешнего электронного слоя. Спаривание электронов, т. е. попадание двух электронов на одну орбиталь, отнюдь не является причиной образования связи — оно лишь следствие того, что электроны занимают максимальное число мест на связывающих орбиталях.

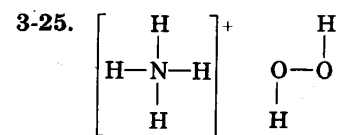
3-20. $\text{K}(\text{CO}) = 3$; $\text{K}(\text{CO}^+) = 2,5$. Энергия разрыва связей больше у молекулы CO .

3-21. В молекулах Cl_2 , Br_2 , I_2 между атомами существует дополнительное донорно-акцепторное взаимодействие между валентными электронами одного атома и вакантными d -орбиталями другого атома. В молекуле F_2 такого взаимодействия нет.

3-22. а) Число электронов на связывающих МО иона He^+ превышает число электронов на разрыхляющих орбиталях (кратность связи равна 0,5); для гипотетической молекулы He_2 число электронов на связывающих орбиталях равно числу электронов на разрыхляющих орбиталях (кратность связей равна нулю, фактической связи нет). б) Аналогичные причины.

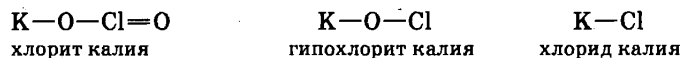
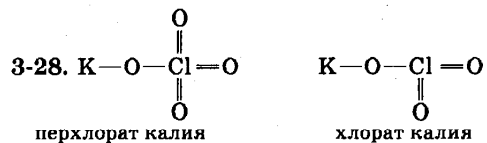
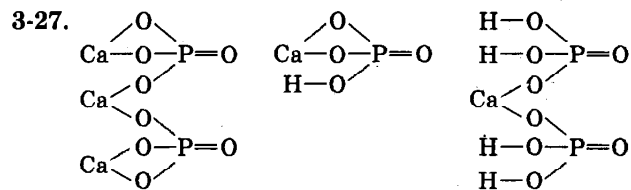
3-23. а) $E_{\text{ж}} = hc/\lambda_{\text{ж}} = 3,37 \cdot 10^{-19}$ Дж. В пересчете на 1 моль эта энергия составляет $E \cdot N_A = 203$ кДж/моль. Разорвать связь в молекуле Cl_2 (энергия связи 239 кДж/моль) невозможно; б) $E_{\text{ф}} = hc/\lambda_{\text{ф}} = 299$ кДж/моль; фиолетовым светом можно разрушить связь в молекуле Cl_2 .

3-24. $E_3 = hc/\lambda_3 = 239$ кДж/моль. Энергия диссоциации I_2 равна 149 кДж/моль. Можно.



3-26. $\text{O}=\text{C}=\text{O}$, $\text{C}\equiv\text{O}$.

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

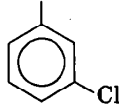
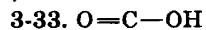


3-29. NH_4NO_3 (валентность азота в ионе аммония равна IV, степень окисления -3; в нитрат-ионе валентность азота также равна IV, степень окисления +5); O_2 (валентность - II, степень окисления - 0); H_2O_2 (валентность кислорода - II, степень окисления -1); CH_2Cl_2 (валентность углерода - IV, степень окисления - 0); F_2O_2 (валентность кислорода - II, степень окисления +1).

3-30. Азот, кислород и фтор не обладают энергетически выгодной атомной орбиталью, на которую могло бы происходить «распаривание» электронов внешнего электронного слоя.

3-31. а) K^{+1} , Cr^{+6} , O^{-2} ; б) Ca^{+2} , O^{-2} , Cl^{+1} ; в) Ca^{+2} , O^{-2} , Cl^{+1} и Cl^{-1} ; г) Ba^{+2} , H^{+1} , P^{+5} и O^{-2} ; д) N^{-3} , H^{+1} , N^{+5} и O^{-2} .

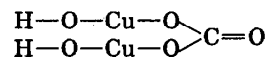
3-32. F — I; I — I, III, V, VII; Te — II, IV, VI; O — II; Kr — II, IV, VI, VIII.



3-хлорбензойная кислота

Валентности: C — IV; O — II, Cl — I.

Степени окисления: O -2; H +1, Cl -1, C₁ 0, C₃ +1, C_{2,4,5,6} -1, C +3 (в карбоксильной группе).



Гидрокарбонат меди

Валентности: H — I, O — II, Cu — II, C — IV.

Степени окисления: H +1, O -2, Cu +2, C +4.

Глава 35. Ответы и указания к решениям задач гл. 1—34

3-34. 4-Нитрофенол:



Валентности: C — IV; O (в группе —OH) — II; O (в группе —NO₂) —1,5; H — I; N — IV.

Степени окисления: O -2; H +1; N +3; C_{1,4} +1; C_{2,3,5,6} -1. Все связи ковалентные.

3-35. BF_3 — плоская молекула с углом 120° между связями; NH_3 — молекула с пирамидальной структурой; H_2S — угловая молекула с углом между связями ≈ 90°; ZnBr_2 — линейная молекула.

3-36. Наибольшее отталкивание атомов водорода происходит в молекуле H_2O (валентный угол 105°), наименьшее отталкивание — в молекуле H_2Se (валентный угол 91°); причина в увеличении атомного радиуса от кислорода к селену.

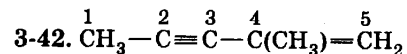
3-37. Валентный угол наибольший в молекуле NH_3 (107°), наименьший — в молекуле AsH_3 (94°).

3-38. См. решение задачи в § 3.1. См. ответы к задачам 3-35 и 3-39.

3-39. Молекула NF_3 представляет собой неправильную треугольную пирамиду с вершиной в атоме азота, грани пирамиды — равнобедренные треугольники. Пирамидальная форма ($\angle \text{FNF} = 102^\circ$) свидетельствует о том, что азот находится в состоянии sp^3 -гибридизации.

3-40. Молекула NCl_3 — треугольная пирамида с вершиной в атоме азота ($\angle \text{ClNCl} = 107^\circ$), sp^3 -гибридизация.

3-41. sp^3 -Гибридизация; форма тетраэдра у каждой молекулы с валентными углами 109°28'.



Типы гибридизации: sp — атомы углерода C₂ и C₃ главной цепи, sp^2 — C₄ и C₅, sp^3 — C₁ и атом углерода в боковой цепи.

3-43. $\lambda(\text{HBr}) = 1,625 \cdot 10^{-2}$ нм.

3-44. $3,5 \cdot 10^{-30}$ Кл · м (1,05 дебая).

3-45. Линейные.

3-46. Нет.

3-47. Рассчитайте дипольные моменты молекул. Молекула NH_3 более полярна.

3-48. $\Delta\text{ЭО}(\text{O}-\text{H}) = 2,4$ (75% ионности), $\Delta\text{ЭО}(\text{O}-\text{Cl}) = 0,3$ (<5% ионности).

Глава 4

4-1. Нет.

4-2. а) Br_2 ($T_{\text{пл}} = -7^\circ\text{C}$); б) KF ($T_{\text{пл}} = 850^\circ\text{C}$).4-3. а) LiCl ($T_{\text{пл}} = 1300^\circ\text{C}$); б) $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ ($T_{\text{пл}} = 117^\circ\text{C}$).

4-4. См. задачу 4-2 из § 4.1.

4-5. Существует общая закономерность: изомер с неразветвленной цепью имеет самую высокую температуру кипения, и чем разветвленнее цепь изомера, тем ниже его температура кипения; $T_{\text{кип}}(\text{C}_4\text{H}_{10}) = -11,7^\circ\text{C}$ (сравните с задачей 4-2 б)).

4-6. В случае с HF сильные водородные связи приводят к аномально высокой температуре кипения по сравнению с остальными галогеноводородами.

4-7. 1) $\text{SO}_3(\text{ж}) + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ ($> 17^\circ\text{C}$); 2) $\text{Cl}_2\text{O}_7(\text{ж}) + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HClO}_4$; 3) $\text{Br}_2(\text{ж}) + \text{H}_2\text{O} = \text{HBr} + \text{HBrO}$.

4-8. 1) $\text{SO}_3(\text{тв}) + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ ($< 17^\circ\text{C}$); 2) $\text{P}_2\text{O}_5(\text{тв}) + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$; 3) $\text{B}_2\text{O}_3(\text{тв}) + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{BO}_3$.

4-9. 1) $\text{SO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$; 2) $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$; 3) $3\text{NO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}\uparrow$.

4-10. $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$; $\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HBr} \rightarrow [\text{CH}_3\text{NH}_3]\text{Br}$.4-11. Последовательно уменьшается от CdF_2 к CdI_2 .

4-12. Аномальные значения температур кипения H_2O , HF и NH_3 объясняются проявлением водородных связей.

4-13. Газ, полностью подчиняющийся уравнению состояния идеального газа. благородные газы.

4-14. См. теоретическое введение.

4-15. Наличие в газе наряду с нейтральными частицами положительных ионов и несвязанных электронов. Плазма существует в верхних слоях атмосферы Земли. Солнце и звезды состоят из высокотемпературной плазмы. В лаборатории плазму можно получить при пропускании мощного электрического разряда через газовую среду.

4-16. Стекло — это аморфное вещество, которое обладает свойствами твердых веществ, а структурой жидкостей. Стекла поэтому рассматривают часто как жидкости, переохлажденные ниже температуры замерзания (плавления), но без кристаллизации.

4-17. Жидкие кристаллы (ЖК) часто рассматривают как противоположность стекол. ЖК обладают некоторыми свойствами жидкостей, например текучестью; вместе с тем они характеризуются упорядоченной структурой кристаллического типа. ЖК используют

для изготовления циферблатов электронных часов, табло калькуляторов, экранов дисплеев и т. п.

4-18. $4 \cdot 10^6$ атомов.4-19. $\Delta p = 2,26 \cdot 10^3$ кПа.4-20. $\Delta p = 0,18$ МПа.4-21. $M_r = 40$. Аргон.4-22. CO .4-23. C_3H_8 .4-24. При $T = 200^\circ\text{C}$ и $p = 100$ кПа $\rho(\text{CH}_3\text{COH}) = 1,12$ г/л.4-25. При $T = 200^\circ\text{C}$ и $p = 100$ кПа $\rho(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1,17$ г/л.4-26. При $T = 200^\circ\text{C}$ и $p = 100$ кПа $\rho(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,81$ г/л.4-27. HF .4-28. $V(\text{Ca}) = 3,17 \cdot 10^{-2}$ нм³; $R(\text{Ca}) = 0,196$ нм.4-29. $V(\text{Mg}) = 1,695 \cdot 10^{-2}$ нм³; $R(\text{Mg}) = 0,159$ нм.4-30. $V(\text{Na}) = 2,678 \cdot 10^{-2}$ нм³; $R(\text{Na}) = 0,186$ нм.4-31. Металлы Li, Na и K, у которых плотности < 1 г/см³.

4-32. Hg, Cs, Ga (найдите в справочнике их температуры плавления).

4-33. Энергия образования кристаллических решеток из газообразных ионов типа Na^+ и Cl^- составляют значения порядка сотен кДж/моль, что значительно превышает значения энергии образования молекул типа NaCl в газовой фазе.

4-34. Во-первых, тройная точка находится при давлении, намного превышающем 1 атм, а именно 5,11 атм. Следовательно, при любых давлениях ниже этого значения CO_2 не может существовать в жидком состоянии. Если твердый CO_2 нагревать при давлении 1 атм, он сублимирует при температуре 195 К (-78°C) — отсюда название «сухой лед». Во-вторых, кривая ВТ имеет наклон вправо, а не влево. Следовательно, в отличие от воды твердый CO_2 имеет большую плотность, чем жидкий. Такая особенность типична для большинства веществ.

4-35. Роса — это вода, образующаяся при охлаждении влажного воздуха, когда его температура понижается при атмосферном давлении, пересекая кривую ТС (рис. 4.3). Иней образуется в результате замерзания росы, когда температура понижается настолько, что пересекает кривую ВТ. Иней образуется из росы только в том случае, если давление пара воды превышает давление тройной точки Т, т. е. больше $6,03 \cdot 10^{-3}$ атм. Если же давление паров воды меньше этого значения, иней образуется непосредственно из влажного воздуха, без

предварительного образования росы. В таком случае он появляется, когда понижающаяся температура пересекает кривую АТ на рис. 4.3. В этих условиях образуется сухой иней.

4-36. Нужно воспользоваться уравнением Клапейрона-Менделеева; $m(\text{Hg}) = 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ г}$.

4-37. Изоморфными называют соединения, имеющие кристаллическую решетку одного типа, например NaNO_3 и CaCO_3 , которые кристаллизуются в ромбоэдрическую структуру.

4-38. Полиморфизмом называют способность одного и того же соединения существовать в разных кристаллических формах. Например, кремнезем — оксид кремния (IV) встречается в виде кварца (гексагональная структура), тридимита (ромбическая) и кристобалита (кубическая).

4-39. Способность простых веществ существовать в двух или нескольких твердых формах (кристаллических или аморфных) называют аллотропией. Аллотропы существуют приблизительно у половины всех элементов. Например, углерод существует в формах алмаза, графита, карбина и фуллерена. Фосфор и сера имеют по три аллотропа.

4-40. Всего существует 14 типов кристаллических решеток (куба, призмы, октаэдра и т. д.). Различают 4 класса решеток: металлические, ионные, молекулярные и макромолекулярные (атомные).

4-41. Mg, Zn, Ti (ГПУ); Ca, Al (ГКУ); Ba, Na, Fe (ОЦКУ).

4-42. $6,06 \cdot 10^{23}$.

4-43. NaCl, CsBr, CaF_2 , BaO.

4-44. В отличие от металлов в ионных кристаллах даже небольшие сдвиги в кристаллической решетке приближают друг к другу одноименно заряженные ионы, отталкивание между которыми приводит к разрыву ионных связей и, как результат, к появлению трещин в кристалле или даже к его полному разрушению.

4-45. а) 3,34 нм; б) 0,31 нм; в) 0,26 нм.

4-46. Иод существует в виде молекулярных кристаллов вплоть до 30 °С; лед, состоящий из молекул воды, удерживаемых в кристаллической решетке водородными связями; твердый CO_2 («сухой лед»); большинство органических соединений, например фенол.

4-47. Алмаз, графит, карборунд (SiC), кварц, нитрид бора.

4-48. Температуры плавления кристаллов с атомной структурой намного выше, чем у кристаллов с молекулярной структурой.

4-49. Плотность алмаза выше, поскольку его структура более компактна, чем у графита.

4-50. Да.

4-51. $V(\text{He}) = 2,159 \cdot 10^{-2} \text{ нм}^3$; $R(\text{He}) = 0,173 \text{ нм}$.

Глава 5

5-1. За счет разрыва и образования химических связей.

5-2. Часть материального мира, которая является предметом наблюдения или исследования.

5-3. Изолированная система не обменивается с окружающей средой ни энергией, ни веществом; закрытая — обменивается только энергией; открытая — обменивается и энергией, и веществом.

5-4. Теплота, излучение, работа.

5-5. Энергия может переходить из одного вида в другой, но не может исчезать или возникать.

5-6. См. уравнение (5.1).

5-7. В единицах энергии, например в джоулях.

5-8. См. введение. В джоулях.

5-9. В термохимическом уравнении указывается соответствующее реакции изменение энтальпии или теплоты.

5-10. См. введение.

5-11. Нулю.

5-12. См. введение.

5-13. Приобретает.

5-14. Отрицательное.

5-15. См. введение.

5-16. Член $p\Delta V$ в уравнении (5.3) мал либо практически равен нулю.

5-17. Да. См. задачу 5-1 в § 5.1.

5-18. 1 ккал = 4,184 кДж.

5-19. 241 ккал.

5-20. Нужно «потерять» 4600 кДж, для этого: а) 8,5 часов (I); б) 5 часов; в) более 2 часов.

5-21. См. ответ к задаче 5-31.

5-22. Показывают реальные количества веществ (в молях или кмольях).

5-23. Да.

5-24. -143,1 кДж/моль.

5-25. -2,3 кДж/моль.

5-26. -16,8 кДж/моль.

5-27. а) 593,6 кДж; б) 4,48 л.

5-28. -53 кДж/моль.

5-29. $Q = 157,8 \text{ ккал}$.

5-30. Реакция в). Первые две не являются таковыми, так как ни N, ни O не являются простыми веществами.

5-31. а), в).

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

- 5-32. 143 кДж.
 5-33. 1,9 кДж/моль.
 5-34. 431,5 кДж/моль.
 5-35. -297 кДж.
 5-36. Ацетилено-кислородное пламя выделяет в 1,5 раза больше теплоты.
 5-37. 182,4 г.
 5-38. 1,5 г $C_6H_{12}O_6$; 24,2 кДж.
 5-39. 204 кДж/моль.
 5-40. 332,8 кДж при обжиге FeS_2 и 85 кДж при восстановлении Fe_2O_3 .
 5-41. 245,4 кДж при обжиге CuS и 236 кДж при восстановлении CuO .
 5-42. 22,3% C_2H_5OH ; 77,7% O_2 .
 5-43. 26,8% $CH_3COOC_2H_5$; 73,2% O_2 .
 5-44. 25,6% CH_3COH ; 74,4% O_2 .
 5-45. $\Delta H_{пл, т}^{\circ}$ называют изменение энтальпии, которым сопровождается плавление одного моля вещества при его температуре плавления и давлении одна атмосфера; $\Delta H_{исп, т}^{\circ}$ — аналогичное изменение, происходящее при кипении вещества.
 5-46. Правило Трутона: $\Delta H_{исп, т}^{\circ} / T_{кип} \approx 88 \text{ Дж} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$; $T_{кип}(CCl_4) = 341 \text{ К}$.

Глава 6

- 6-1. Химическая кинетика.
 6-2. а) Единица скорости реакции (концентрация/время) — чаще всего в $\text{моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$; б) единицы констант скоростей зависят от кинетического уравнения реакции, т. е. они зависят от порядка реакции.
 6-3. Уравнения типа (6.2).
 6-4. а) с^{-1} ; б) $\text{моль}^{-1} \cdot \text{л} \cdot \text{с}^{-1}$.
 6-5. Скорость реакции не может иметь отрицательное значение — это следует из самого определения понятия скорости. Знак «минус» в (6.1) означает, что скорость реакции может рассчитываться и по убыли количества исходного вещества.
 6-6. Скорость реакции в каждый момент времени пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ (имеющихся в данный момент времени), возведенных в некоторые степени. Константа скорости k численно равна скорости, если концентрации реагирующих веществ равны единице либо произведение их

Глава 35. Ответы и указания к решениям задач гл. 1—34

- значений, возведенных в некоторые степени, равно единице; это следует из закона действующих масс (6.2).
 6-7. Порядок реакции — формальная величина. Он может быть положительным и отрицательным, целым или дробным и даже нулевым. Порядок реакции определяется только опытным путем, и предсказать его значение заранее нельзя.
 6-8. Например, данные об изменении концентрации реагирующих веществ с течением времени при постоянной температуре. Порядок реакции можно найти и по-другому — оценивая начальные скорости при различных концентрациях реагента.
 6-9. Реакция имеет первый порядок по А и второй порядок по В ($n_A = 1$, $n_B = 2$). Кинетическое уравнение: $v = k[A][B]^2$; $k = 4,0 \text{ л}^2 \cdot \text{моль}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.
 6-10. $k = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль}^{-1} \cdot \text{л} \cdot \text{с}^{-1}$.
 6-11. а) Нет — это следует из самого определения: молекулярность определяется числом молекул, одновременно сталкивающихся и приводящих к химическим превращениям; б) нет.
 6-12. $5 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$.
 6-13. Увеличится в 27 раз.
 6-14. В стехиометрическом, 2 : 1.
 6-15. В 10 раз.
 6-16. $5 \cdot 10^{-2} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$.
 6-17. Первая.
 6-18. Первая.
 6-19. Первая.
 6-20. Вторая.
 6-21. $\approx 17,3 \text{ мин}$.
 6-22. Для большинства химических реакций (за исключением тримолекулярных и ферментативных!) скорость реакции возрастает с ростом температуры.
 6-23. См. задачу 6-4 в § 6.1.
 6-24. См. уравнение (6.3). Энергия активации — это некоторое избыточное количество энергии (по сравнению со средней), необходимое для вступления молекул в реакцию.
 6-25. В $2,5^{4,5} = 61,8$ раза.
 6-26. В $3,9^{3,5} = 117,1$ раза.
 6-27. В $3^{3,5} = 46,8$ раза.
 6-28. В $3,5^{5,5} = 982,6$ раза.
 6-29. В $3,5^{3,25} = 58,6$ раза.
 6-30. В $3^6 = 729$ раз.
 6-31. 1,9 с.

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

- 6-32. 15,4 с.
 6-33. 0,96 с.
 6-34. 65,6 кДж/моль.
 6-35. 54,3 кДж/моль.
 6-36. В первом случае.
 6-37. 20 кДж/моль.

6-38. В $a^{\frac{1}{3}}$ раз.

6-39. В $a^{1,5}$ раз.

6-40. В a^3 раз.

6-41. а) Катализатор и реагирующая система находятся в одинаковом фазовом состоянии; б) катализатор и реагирующая система находятся в различных фазовых состояниях.

6-42. 5 кДж/моль.

6-43. Нет, так как они не повышают энергию активации (см. рис. 6.2). Ингибиторы просто препятствуют обычному пути протекания химической реакции, вступая в реакцию с какими-либо промежуточными веществами и удаляя их из реакционной смеси, что и затрудняет протекание многостадийной реакции.

6-44. Относительная молекулярная масса ферментов имеет значения от 10^5 до 10^7 . По своему размеру ферменты попадают в область коллоидных частиц, что не дает возможности отнести их ни к гомогенным, ни к гетерогенным катализаторам. Поэтому их и выделяют в самостоятельный класс катализаторов.

6-45. См. ответ к задаче 6-22. Ферменты обладают наибольшей эффективностью при температуре человеческого тела, т. е. \approx при 37 °С. При повышении температуры выше 50—60 °С они разрушаются и поэтому становятся неактивными — скорость реакции резко падает.

6-46. Влияние биокатализаторов в организме — см. ответ к 6-42.

6-47. См. ответ к 6-45.

6-48. В 65 000 раз.

6-49. В 90 000 раз.

6-50. 81,5 кДж/моль.

Глава 7

7-1. Поскольку при химическом равновесии два противоположно направленных процесса протекают с равными скоростями.

7-2. 1) Скорости прямой и обратной реакции должны быть одинаковыми; 2) в системе не должно происходить никаких видимых изменений; 3) система должна быть изолированной.

Глава 35. Ответы и указания к решениям задач гл. 1—34

7-3. Константа равновесия может оказаться размерной или безразмерной величиной в зависимости от вида ее математического выражения.

7-4. Процесс гетерогенный, поэтому в выражение $K_p = (p_{\text{CO}_2})_{\text{равн}}$ не входят никакие члены, относящиеся к двум твердым веществам, участвующим в реакции. Единица K_p {атм} или {Па}.

$$7-5. K_p = \frac{(p_{\text{HI}})_{\text{равн}}^2}{(p_{\text{H}_2})_{\text{равн}} (p_{\text{I}_2})_{\text{равн}}}; \text{ безразмерная величина.}$$

$$7-6. K_p = \frac{p_{\text{CS}_2} \cdot (p_{\text{H}_2\text{S}})^2}{p_{\text{CS}_2} \cdot (p_{\text{H}_2})^4}, \text{ {атм}^{-2} \text{ или } \{Па}^{-2}\};$$

$$K_p = \frac{(p_{\text{NO}})^4 \cdot (p_{\text{H}_2\text{O}})^6}{(p_{\text{NH}_3})^4 \cdot (p_{\text{O}_2})^5}, \text{ {атм} \text{ или } \{Па}\};$$

$$K_p = \frac{(p_{\text{N}_2})^2 \cdot (p_{\text{H}_2\text{O}})^6}{(p_{\text{NH}_3})^4 \cdot (p_{\text{O}_2})^3}, \text{ {атм} \text{ или } \{Па}\}.$$

$$7-7. K_p = 3,16.$$

7-8. Катализатор не оказывает влияния на значение константы равновесия и на положение равновесия. Однако он влияет на скорость установления равновесия в системе.

$$7-9. 0,67 \text{ моль.}$$

$$7-10. 57,2\%.$$

$$7-11. K = 2.$$

$$7-12. K = 2; \text{ исходные концентрации: } 0,21 \text{ моль/л } \text{N}_2, 2,6 \text{ моль } \text{H}_2.$$

$$7-13. K_{\text{дисс}} = 1,67 \cdot 10^{-2}.$$

$$7-14. K = 9.$$

$$7-15. [\text{CO}] = 0,02 \text{ моль/л}, [\text{H}_2\text{O}] = 0,32 \text{ моль/л}, [\text{CO}_2] = 0,08 \text{ моль/л}.$$

$$7-16. K_c = 2,08 \cdot 10^{-4}.$$

$$7-17. K_c = 6,25; A = 31,4\%, B = 14,8\%, C = 53,8\%.$$

$$7-18. K_c = 4; A = 17,4\%, B = 34,0\%, C = 48,6\%.$$

$$7-19. K_c = 16; A = 10,8\%, B = 57,1\%, C = 32,1\%.$$

$$7-20. K_c = 3,06; A = 22,0\%, B = 46,1\%, C = 31,9\%.$$

$$7-21. 43,8\% \text{ H}_2, 23,8\% \text{ Br}_2, 32,4\% \text{ HBr}.$$

$$7-22. 0,8 \text{ моль } \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5.$$

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

- 7-23. Выход — 52,0%. Давление уменьшится на 17,7%.
 7-24. $K = 1,3$.
 7-25. $[CO] = 1,5$ моль/л; $[Cl_2] = 1,0$ моль/л.
 7-26. а) Увеличится; б) увеличится; в) уменьшится.
 7-27. 5,55% CH_3OH ; 25% превращения CO .
 7-28. 2,23 кмоль H_2O .
 7-29. 20% C_2H_5OH ; 41,7% превращения C_2H_4 .
 7-30. 83,3%.
 7-31. Уменьшилось на 15%.
 7-32. $D_{H_2} = 7,93$.
 7-33. $K_p = 0,24$ атм.
 7-34. $pH = 6$.
 7-35. В обратном.
 7-36. В обратном.
 7-37. На равновесие системы не повлияет.
 7-38. а) Смещает равновесие влево; б) смещает равновесие вправо.
 7-39. а) Не смещает равновесия; б) смещает вправо; в) смещает влево.
 7-40. а) Увеличение температуры, уменьшение давления;
 б) увеличение температуры;
 в) уменьшение температуры.
 7-41. В реакциях б) и в).
 7-42. См. задачу 20-7 § 20.1.
 7-43. См. задачу 20-20 § 20.2.

Глава 8

- 8-1. HCl , NH_3 ; CH_4 , H_2 .
 8-2. Вода и бензол; вода и этанол.
 8-3. 0,78 моль/л KOH .
 8-4. 79,7 г KCl .
 8-5. 13,75% глюкозы.
 8-6. 1,832 г/мл.
 8-7. 5,71 моль/л HNO_3 .
 8-8. 26,5% $NaCl$.
 8-9. 228 г $AgNO_3$.
 8-10. 16,9% HCl .
 8-11. 28% сахарозы.
 8-12. 73,1% H_2SO_4 .
 8-13. 3 : 1.

Глава 35. Ответы и указания к решениям задач гл. 1—34

- 8-14. 331,5 л H_2CO .
 8-15. 3,66 М $NaCl$.
 8-16. 90,4% C_2H_5OH , 9,6% H_2O .
 8-17. 33,9 г K_2SO_4 .
 8-18. 114,2 г $MgCl_2 \cdot 6H_2O$.
 8-19. 46,6 г $MgSO_4 \cdot 7H_2O$.
 8-20. $(a - 1)/a$.
 8-21. 77,1% и 17,7 моль/л HNO_3 .
 8-22. 610 объемов HBr .
 8-23. 40,6% HCl .
 8-24. 14% и 4,1 моль/л HCl .
 8-25. 161,4 мл.
 8-26. 0,163% HCl .
 8-27. 16,6% NH_3 .
 8-28. 4,79 моль/л NH_3 .
 8-29. 16,4 г CO_2 .
 8-30. 3,37% $CuSO_4$.
 8-31. 139 г купороса и 861 г воды.
 8-32. $AgF + HCl = AgCl \downarrow + HF$.
 8-33. 30,5 г $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$.
 8-34. 36,3% $FeSO_4$.
 8-35. $CaBr_2 \cdot 3H_2O$.
 8-36. $Na_2SO_4 \cdot 7H_2O$.
 8-37. 160,8 г $XY \cdot 5H_2O$ и 38,2 г H_2O .
 8-38. 21,2 г KNO_3 .
 8-39. Осадок не выпадает.
 8-40. 29,6 г $MgSO_4 \cdot 7H_2O$.
 8-41. 1,6% Na_2CO_3 , 9,1% $NaCl$.
 8-42. 361,4 г H_2O .
 8-43. 332,7 г H_2O .
 8-44. 3,2% Na_2CO_3 .
 8-45. 0,422 моль Li .
 8-46. 20% $NaOH$.
 8-47. 31,0 г $AgNO_3$.
 8-48. 14,1 г $CaCl_2 \cdot 6H_2O$.
 8-49. 2,95% $FeCl_2$, 2,72% $ZnCl_2$, 11,46% HCl .

- 8-50. 154,6 мл H_2O .
 8-51. 1,73% Na_2S , 0,78% $NaOH$.
 8-52. 1,88% K_2HPO_4 , 0,17% K_3PO_4 .
 8-53. 27,5 г $NaHCO_3$.
 8-54. 19,8% $NaHSO_3$, 8,0% Na_2SO_3 ; 43,4 г $BaSO_3$.
 8-55. 10,0 г $KHCO_3$, 34,5 г K_2CO_3 .
 8-56. 5,0 г.
 8-57. 6,12% Na_2CO_3 , 1,94% $NaHCO_3$, 3,28% Na_2SO_4 .
 8-58. $C(Na_2S) = 0,2$ М, $C(NaHS) = 0,4$ М; 4,8 г Br_2 .
 8-59. 2,81% $Cr_2(SO_4)_3$.
 8-60. 123,1 г $CaCl_2 \cdot 6H_2O$.
 8-61. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.
 8-62. 7,0 г $CaCO_3$; 2,42% $NaHCO_3$, 5,06% $NaCl$, 1,56% $Ca(HCO_3)_2$.

Глава 9

- 9-1. Все, кроме е).
 9-2. а) Нет; б) нет; в) да; г) нет; д) да.
 9-3. $FeSO_4$.
 9-4. $(NH_4)_2CO_3$.
 9-5. Продукты: а) $CaCO_3$; б) Hf ; в) $CO_3^{2-} + H_2O$.
 9-6. 9 реакций.
 9-7. а) $+ HCl$; б) $+ AgNO_3$.
 9-8. Добавить HCl .
 9-9. Продукты: фосфат, гидрофосфат и дигидрофосфат кальция.
 9-10. $AgNO_3$.
 9-11. а) $Ba(OH)_2 + FeSO_4$; б) $BaCO_3 + H_2SO_4$; в) электролиз соляной кислоты.
 9-12. а) $BaCl_2$, $MgCl_2$; б) $AgNO_3$, $CuSO_4$; в) $AgNO_3$, Na_2SO_4 ; г) Na_3PO_4 , Na_2SO_4 .
 9-13. а) KNO_3 , $BaCl_2$; б) KCl , $Mg(NO_3)_2$; в) K_2SO_4 , KOH ; г) KCl , KOH .
 9-14. а) Три реакции; б) две реакции; в) три реакции.
 9-15. а) $(NH_4)_2S$; б) $(NH_4)_2CO_3$; в) $(NH_4)_2CO_3$.
 9-16. $CH_3COOK + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + KOH$.
 9-17. Na_3PO_4 — гидролиз; NaH_2PO_4 — кислотная диссоциация.
 9-18. $NaCN$, K_3PO_4 , NaH_2PO_4 , $FeBr_3$, CH_3COONa , NH_4Cl , $(CH_3COO)_3Al$.

- 9-19. Лакмус.
 9-20. Продукты: 1) $Al(OH)_3 + Na_2SO_4 + CO_2$; 2) $Cr(OH)_3 + (NH_4)_2SO_4 + H_2S$; 3) $Al(OH)_3 + NH_4Cl + H_2S$; 4) $Al(OH)(CH_3COO)_2 + NaCl + CH_3COOH$; 5) $[Cu(OH)]_2CO_3 + Na_2SO_4 + CO_2$; 6) $SiO_2 + NaCl + NH_3 + H_2O$; 7) $Al(OH)_3 + CH_4$; 8) $[Zn(OH)]_2CO_3 + K_2SO_4 + CO_2$.
 9-21. По цвету растворов и попарным реакциям.
 9-22. По растворимости в воде, по потере массы при прокаливании и по попарным реакциям.
 9-23. $(CH_3COO)_2Pb$ — единственный раствор, дающий осадки с тремя другими растворами.
 9-24. $AgNO_3$ дает осадки со всеми другими растворами.
 9-25. 1) $Mg_3(PO_4)_2 + H_3PO_4$; 2) $Ca(OH)_2 + KHSO_3$; 3) $NaF + H_2SO_4$; 4) $Na_2CO_3 + HBr$.
 9-26. 1) $Na_2O + H_3PO_4$; 2) $NH_4H_2PO_4 + Ba(OH)_2$; 3) $Ca(HCO_3)_2 + NaOH$; 4) $CrBr_3 + KHSO_3$; 5) $[Cu(NH_3)_2]Br + (NH_4)_2S$; 6) $[Ag(NH_3)_2]OH + HI$.
 9-27. 0,15 моль/л Ba^{2+} , 0,5 моль/л Cl^- , 0,2 моль/л K^+ .
 9-28. 0,1 моль/л Mg^{2+} , 0,5 моль/л Cl^- , 0,3 моль/л K^+ .
 9-29. 9,8% H_2SO_4 , 18,9% HNO_3 .
 9-30. 8,0% $(NH_4)_2SO_4$, 0,45% NH_3 .
 9-31. 13,3 г Na_2CO_3 , 46,2 г $NaHCO_3$.
 9-32. 0,1 моль Na_2HPO_4 , 0,2 моль Na_3PO_4 .
 9-33. 8,07% Na_2SO_4 , 3,01% Na_2CO_3 , 4,78% $NaHCO_3$.
 9-34. 0,91 г $Cr(OH)_3$.
 9-35. 1,03 г $Cr(OH)_3$.
 9-36. Увеличивается с уменьшением концентрации.
 9-37. а) Нет; б) нет; в) да.
 9-38. а) Нет; б) да.
 9-39. Да.
 9-40. $[OH^-] = 10^{-10}$ моль/л.
 9-41. $K_a(HF) = 6,9 \cdot 10^{-4}$.
 9-42. $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-3}$.
 9-43. $K_1(Al(OH)_3) = 1,7 \cdot 10^{-5}$.
 9-44. $[H^+] = 1,6 \cdot 10^{-14}$ моль/л.
 9-45. $[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2 \cdot H_2O$.
 9-46. 0,017 моль/л.

- 9-47. 0,19 г BaSO₃.
 9-48. 19,7 г CsClO₄.
 9-49. Можно, если $PP(AB_3) > 4,1 \cdot 10^{-7}$.
 9-50. HCOOH.
 9-51. $[H^+]_1 = 0,0025$ моль/л, $[H^+]_2 = 0,0229$ моль/л. $K_a(2)/K_a(1) =$
 = 106.
 9-52. В 16 раз.

Глава 10

- 10-1. F₂, O₂, Cl₂, N₂, S, P.
 10-2. Na, K, Ca, Mg, Si, C.
 10-3. SO₂, FeO, HNO₂, P₂O₃, FeBr₃, CH₃OH.
 10-4. а) Cu²⁺, MnO₄⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻; б) Fe, Cu, Cl⁻, Mn, S²⁻; в) Fe²⁺,
 Fe³⁺, Cl₂, MnO₂, N₂, NO₂⁻, SO₃²⁻.
 10-5. HClO.
 10-6. H₂SO₃, Fe(OH)₃.
 10-7. H₂S, Fe(OH)₂.
 10-8. PbO₂ + SO₂ → PbSO₄; AgNO₃ → Ag + NO₂ + O₂.
 10-9. CuO + CO → Cu + CO₂.
 10-10. KClO₃ → KCl + O₂; Cu(NO₃)₂ → CuO + NO₂ + O₂.
 10-11. S + O₂ = SO₂; S + Hg = HgS.
 10-12. 2SO₂ + O₂ ⇌ 2SO₃; SO₂ + 2H₂S = 3S + 2H₂O.
 10-13. 1) X — K₂SO₃, Y — KMnO₄; 2) X — FeSO₄, Y — H₂O₂.
 10-14. 1, 2, 5, 7.
 10-15. а, г.
 10-16. FeS + O₂.
 10-17. AgNO₃ → ...
 10-18. 1) 8, 3, 4, 9; 2) 4, 11, 2, 8; 3) 4, 10, 4, 1, 3; 4) 2, 2, 6, 2, 3.
 10-19. 1) 1, 2, 2, 1; 2) 6, 5, 3, 5; 3) 6, 1, 3, 6; 4) 1, 5, 3, 3, 2, 5.
 10-20. 1) 1, 2, 1, 1, 1, 1; 2) 1, 3, 4, 2, 3, 2; 3) 1, 5, 1, 2, 1; 4) 3,
 8, 3, 8, 4; 5) 6, 4, 3, 1, 3, 4; 6) 1, 1, 1, 1, 2; 7) 10, 2, 8, 5, 1, 2, 8.
 10-21. Продукты: 1) Cl₂, KCl, MnCl₂, H₂O; 2) NO, H₂SO₄; 3) Cl₂,
 KCl, H₂O; 4) K₂SO₄, Cr₂(SO₄)₃, H₂O; 5) NO, Fe₂(SO₄)₃, H₂O; 6) H₃AsO₄,
 H₂SO₄, NO.
 10-22. Продукты: 1) Cu(NO₃)₂, NO, H₂O; 2) Cu(NO₃)₂, NO₂, H₂O;
 3) Mg(NO₃)₂, NH₄NO₃, H₂O; 4) Mg(NO₃)₂, NO, H₂O.

- 10-23. Продукты: 1) CuSO₄, SO₂, H₂O; 2) Fe₂(SO₄)₃, SO₂, H₂O;
 3) FeSO₄, H₂; 4) ZnSO₄, SO₂, H₂O.
 10-24. KI.
 10-25. H₂SO₄(конц).
 10-26. KOH.
 10-27. Cl₂ + KOH; S + KOH; P + KOH; C₂H₄ + HCl.
 10-28. а) Cl₂ + HBr; б) Cl₂ + K₂SO₃ + KOH; в) Cl₂ + H₂.
 10-29. SO₂ + KMnO₄ + H₂O; K₂SO₃ + KMnO₄ + KOH.
 10-30. CrCl₂ + O₂ + HCl; Cr(OH)₂ + H₂O₂.
 10-31. PH₃ + KMnO₄ + H₂SO₄; Ca₃P₂ + KMnO₄ + KOH.
 10-32. 2CrBr₃ + 3H₂O₂ + 3H₂SO₄ = Cr₂(SO₄)₃ + 3Br₂ + 6H₂O;
 2CrBr₃ + 3H₂O₂ + 10KOH = 2K₂CrO₄ + 6KBr + 8H₂O.
 10-33. 2FeS + 3O₃ + H₂SO₄ = Fe₂(SO₄)₃ + H₂O; 2FeS + 3O₃ +
 + 4KOH + H₂O = 2Fe(OH)₃ + 2K₂SO₄.
 10-34. 8Al + 6KNO₃ + 15H₂SO₄ = 4Al₂(SO₄)₃ + 3K₂SO₄ +
 + 3NH₄NO₃ + 9H₂O; 8Al + 3KNO₃ + 5KOH + 18H₂O = 8K[Al(OH)₄] +
 + 3NH₃.
 10-35. Продукты: FeCl₃, NaCl, NO, H₂O. Вещество — AgNO₃.
 10-36. Продукты: Fe₂(SO₄)₃, SO₂, H₂O. Вещество — NaOH.
 10-37. Продукты: FeSO₄, I₂, H₂SO₄. Вещество — NaOH.
 10-38. X — K₂SO₄.
 10-39. X — FeCl₂.
 10-40. X — I₂.
 10-41. X — Fe(NO₃)₃.
 10-42. X — MnSO₄.
 10-43. X — H₂O.
 10-44. X — P₂O₅.
 10-45. X — CrCl₃, Y — Cl₂.
 10-46. X — Fe₂(SO₄)₃, Y — SO₂, Z — KOH.
 10-47. 1) а) X — Fe; б) X — FeBr₂; в) X — Fe₂(SO₄)₃; 2) а) X —
 Cu; б) X — CuO; в) X — CuBr₂; 3) а) X — K₂CrO₄; б) X — Cr₂(SO₄)₃;
 в) X — K₂CrO₄.
 10-48. а) PH₃ → HCl → NH₄Cl → CuCl₂; б) Cu₂O → SO₂ →
 → Na₂SO₃ → Fe(OH)₃; в) Fe(OH)₂ → MnO₂ → MnBr₂ →
 → Mn(NO₃)₂; г) P₂O₃ → SO₂ → BaSO₃ → CO.

10-49. Продукты: $\text{CuCl}_2 + \text{Br}_2$; $\text{CuSO}_4 + \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{Br}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

10-50. Продукты: $\text{CaCl}_2 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HCl}$; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{CaSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$.

10-51. Продукты: $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{KCl}$; $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{Ag} + \text{NO}_2$; $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO} + \text{HCl}$; $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HCl}$.

10-52. Продукты: $\text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

10-53. Продукты: $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_2$; $\text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{KNO}_3 + \text{KCl}$; $\text{KNO}_3 + \text{HCl}$.

10-54. Продукты: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{S} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{KCl} + \text{SO}_2$.

10-55. Продукты: $\text{SO}_3 + \text{NO}$; $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{NO}$; $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}$; $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{I}_2 + \text{NO}$.

10-56. Продукты: $\text{CuSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$; $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.

10-57. Продукты: $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{S} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{I}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$.

10-58. Продукты: $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{HBr}$; $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Br}_2 + \text{HCl}$; $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HCl} + \text{HBr}$; $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Br}_2 + \text{HCl}$.

10-59. Продукты: 1) $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{NaBr}$; 2) $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{KCl}$; 3) $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{NH}_3$; 4) $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$; 5) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4$; 6) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{CO}_2$; 7) $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$; 8) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{HBr}$; 9) $\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$; 10) $\text{NaNO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$; 11) $\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$; 12) $\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2$; 13) $\text{NaNO}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$; 14) $\text{Cu} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$; 15) $\text{S} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$; 16) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.

10-60. Продукты: 1) H_3PO_4 ; 2) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$; 3) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$; 4) $\text{MgSO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$; 5) $\text{FeCl}_2 + \text{S} + \text{HCl}$; 6) $\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$; 7) $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{S} + \text{KBr}$; 8) $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$; 9) $\text{Fe}(\text{OH})_3$; 10) $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{FeCl}_3$.

10-61. Продукты: 1) $\text{ZnO} + \text{NO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$; 2) $\text{Ag} + \text{MgO} + \text{Mg}_3\text{N}_2$; 3) $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{O}_2$; 4) $\text{FeCl}_3 + \text{NO} + \text{NaCl}$; 5) $\text{MgO} + \text{Mg}_3\text{N}_2 + \text{MgH}_2$; 6) $\text{CuO} + \text{ZnO} + \text{NO}_2$; 7) $\text{Ag} + \text{NO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$; 8) $\text{CuO} + \text{SO}_3 + \text{NO}$.

10-62. Продукты: 1) $\text{Au} + \text{HCl} + \text{O}_2$; 2) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{CO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$; 3) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOK} + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{MnO}_2 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$.

10-63. а) $\text{FeSO}_4 + \text{Cu}$; $\text{Cu} + \text{HNO}_3$; $\text{FeSO}_4 + \text{Br}_2$; б) $\text{HI} + \text{KClO}_3$; $\text{HI} + \text{Fe}$; $\text{KClO}_3 + \text{ZnS}$; в) $\text{Ca}_3\text{P}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$; $\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$; $\text{HBr} + \text{Cl}_2$; г) $\text{CaCO}_3 + \text{C}$; $\text{C} + \text{Cu}_2\text{O}$; $\text{HNO}_3 + \text{Cu}_2\text{O}$.

10-64. FeO , Fe_3O_4 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{NH}_3$.

10-65. а) $\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_3$, $\text{PbO} + \text{H}_2\text{SO}_4$; б) $\text{BaSO}_3 + \text{KClO}_3$, $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$; в) $\text{KNO}_2 + \text{HClO}_3$, $\text{KCl} + \text{HNO}_3$.

10-66. 1) $\text{Cr} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц})$; 2) $\text{KClO}_3 + \text{P}_2\text{O}_3$; 3) $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S}$; 4) $\text{Cu}_2\text{S} + \text{HNO}_3(\text{конц})$.

10-67. 1) $\text{HI} + \text{HNO}_3$; 2) $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$; 3) $\text{CuBr}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц})$; 4) $\text{CuBr}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$.

10-68. 1) $\text{CaH}_2 + \text{Br}_2$; 2) $\text{CaH}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$; 3) $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2$; 4) $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5 + \text{KMnO}_4$.

10-69. 1) $2\text{CrCl}_3 + 3\text{KClO} + 10\text{KOH}$; 2) $10\text{KI} + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4$; 3) $5\text{H}_2\text{S} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$; 4) $\text{FeCl}_2 + \text{NaNO}_2 + 2\text{HCl}$; 5) $2\text{KI} + \text{PbO}_2 + 4\text{HNO}_3$.

10-70. Правильные правые части: 1) $\text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; 2) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; 3) $\text{S} + \text{KHS} + \text{MnO}_2$; 4) $\text{I}_2 + \text{NO} + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

10-71. 36,8 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

10-72. 75,3% KCl .

10-73. 1,008 л O_2 .

10-74. 6,6 г KI .

10-75. 6,42 г $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

10-76. 27,5 г PCl_3 .

10-77. 4,4% K_2SO_4 , 7,7% MnSO_4 .

10-78. 4,7% K_2SO_4 , 10,7% $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$.

10-79. 8,29 л Cl_2 ; 108,5 мл соляной кислоты.

10-80. Изопропилбензол.

10-81. 30,5 г I_2 .

10-82. KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Cl_2 , HNO_3 , PbO_2 .

10-83. Zn , Fe , Sn , Pb , Cu .

10-84. Hg , Ag , Cu .

10-85. б, г, д.

10-86. 8,67 г CuSO_4 .

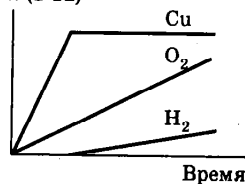
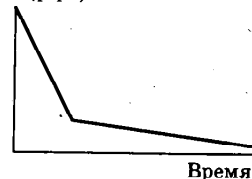
10-87. 10 г.

10-88. а) CuCl_2 ; б) NaCl .

10-89. 1) CuCl_2 : раствор и расплав $\rightarrow \text{Cu} + \text{Cl}_2$; 2) AgNO_3 : раствор $\rightarrow \text{Ag} + \text{O}_2 + \text{HNO}_3$; 3) MgSO_4 : раствор $\rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$;
 4) NaOH : раствор $\rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$, расплав $\rightarrow \text{Na} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
 5) CaCl_2 : раствор $\rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$; расплав $\rightarrow \text{Ca} + \text{Cl}_2$;
 6) H_2SO_4 : раствор $\rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$.

10-90. а) HNO_3 ; б) $\text{Cu(NO}_3)_2$.10-91. 198,8 г Cl_2 .

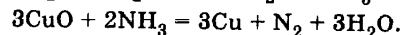
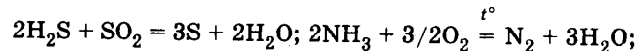
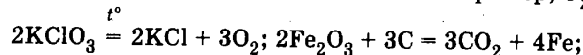
10-92. 1 час.

10-93. 16,1 г Al .10-94. 2,4% NaOH .10-95. AlCl_3 .10-96. $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5,16\%$; катод — 12,8 г Cu и 0,5 г H_2 , анод — 7,2 г O_2 .10-97. m (в-ва) m (р-ра)10-98. $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOK}$.

Глава 11

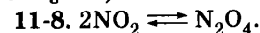
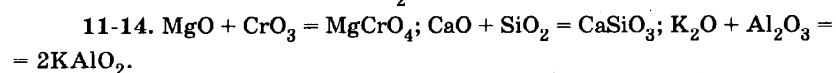
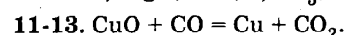
11-1. На чистые вещества и смеси.

11-2. Металлы и неметаллы.

11-3. Вариантов ответа множество. Например, O_2 , Fe , S , N_2 , Cu .

11-4. Оксиды, основания, соли, кислоты.

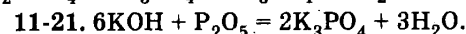
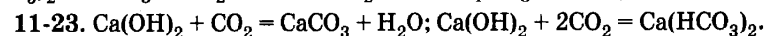
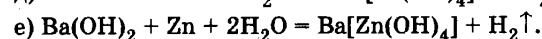
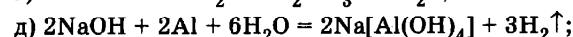
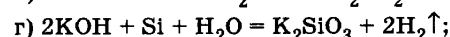
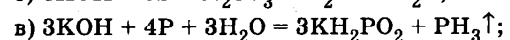
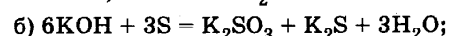
11-5. а, и — основания; б, г, з — оксиды; в, е — кислоты; д, ж — соли.

11-6. Простые вещества: б (Zn); г (O_2); д (O_3); ж (C_{60}); и (C); л (C).Сложные вещества: а (H_2O); в (CaCO_3); е (KClO_3); з (CO_2); к (PH_3).11-7. $3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{O}_3$; $\text{C}_{\text{графит}} \rightarrow \text{C}_{\text{алмаз}}$; $\text{P}_{\text{черный}} \rightarrow \text{P}_{\text{белый}}$ (см. задачу 5-4 § 5.1).11-9. а) CaO , SO_2 , CO_2 ; б) CO , NO , H_2O_2 .11-10. а) CuO , ZnO , Fe_2O_3 ; б) CO , N_2O , SiO_2 .11-11. а) $\text{CO} + \text{NaOH} \xrightarrow[\text{расплав}]{t^\circ, p} \text{HCOONa}$; реакция а) — окислительно-восстановительная, тогда как «обычные» солеобразующие оксиды взаимодействуют со щелочами (или кислотами) без изменения степени окисления атомов элементов, участвующих в реакции.11-12. а) MgO , FeO ; б) SO_3 , N_2O_5 ; в) H_2O , Al_2O_3 .

11-15. Гидроксиды металлов, растворимые в воде.

11-16. Реакция нейтрализации, например: $\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

11-17. Гидроксид натрия дан в избытке (щелочная среда); цвет раствора малиновый (розовый).

11-18. а) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$; б) $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$;
 в) $\text{Sr} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Sr(OH)}_2 + \text{H}_2 \uparrow$.11-19. $\text{KOH} + \text{Al(OH)}_3 = \text{KAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \uparrow$ или $\text{KOH} + \text{Al(OH)}_3 = \text{K[Al(OH)}_4]$ (в водном растворе щелочи).11-20. $\text{Ba(OH)}_2 + \text{Ca(HCO}_3)_2 = \text{BaCO}_3 + \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$; $3\text{NaOH} + 3\text{K}_2\text{HPO}_4 = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 2\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$.11-22. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NH}_4\text{HSO}_4$; $\text{NH}_3 + \text{HBr} = \text{NH}_4\text{Br}$;
 $(\text{MgNO}_3)_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mg(OH)}_2 \downarrow + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$.11-24. а) $2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 = \text{NaCl} + \text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O}$ (на холоде);

11-25. См. § 9.5 [Кузьменко, ФКК, 1998].

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

- 11-26. NH_3 , PH_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$ — основания; остальные вещества — кислоты (AlCl_3 — кислота по Льюису).
- 11-27. а) Хлорная; б) азотная; в) серная. Для кислородсодержащих кислот усиление кислотных свойств происходит с возрастанием степени окисления центрального атома.
- 11-28. $2\text{As} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4$;
 $3\text{As} + 5\text{HNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 3\text{H}_3\text{AsO}_4 + 5\text{NO}\uparrow$.
- 11-29. $\text{P}_2\text{O}_5 + 2\text{HNO}_3 = 2\text{HPO}_3 + \text{N}_2\text{O}_5$;
 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (см. ответ к 11-26).
- 11-30. а) SO_3 ; б) Cl_2O_7 ; в) Cl_2O_5 ; г) Cl_2O_3 ; д) Cl_2O ; е) CrO_3 ; ж, з) P_2O_5 .
- 11-31. $2\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_3 = 3\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$.
- 11-32. Кисотно-основное взаимодействие (см., например, [Кузьменко, ФКК, 1998, § 9.5]).
- 11-33. Лакмус в кислой среде — красный, в щелочной — синий; метилоранж в кислой среде — красный, в щелочной — желтый.
- 11-34. Щелочь в избытке, цвет раствора — синий.
- 11-35. Кислота в избытке, цвет раствора — красный.
- 11-36. $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$.
- 11-37. $\text{P} + 5\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$.
- 11-38. K_2SO_4 и CaCO_3 ; $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$; $[\text{Cu}(\text{OH})_2]\text{CO}_3$ и $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$.
- 11-39. Двойная соль — $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$; смешанная — CaOCl_2 ($\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$); комплексная — $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$.
- 11-40. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (красная кровяная соль).
- 11-41. 8,96 л.
- 11-42. $2\text{AgNO}_3 + 2\text{KOH} \rightarrow 2\text{KNO}_3 + \text{Ag}_2\text{O}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$.
- 11-43. а) $\text{Zn} + \text{S} = \text{ZnS}$; б) $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$; в) $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$.
- 11-44. $\text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{HCO}_3$.
- 11-45. $\text{KOH} + \text{Cr}(\text{OH})_3 = \text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$.
- 11-46. а) $\text{NH}_3 + \text{HBr} = \text{NH}_4\text{Br}$; б) $\text{MgO} + \text{SiO}_2 = \text{MgSiO}_3$; в) $\text{CaO} + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3$.
- 11-47. Гексацианоферрат (II) железа (III).
- 11-48. Гексацианоферрат (II) калия.
- 11-49. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.
- 11-50. $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$.

Глава 35. Ответы и указания к решениям задач гл. 1—34

- 11-51. $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2\uparrow$; $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$; $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$; $\text{CaCO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$.
- 11-52. $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$; $\text{ZnCl}_2 + 4\text{KOH} = \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{KCl}$; $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{CO}_2 = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{KHCO}_3$; $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.
- 11-53. С помощью лакмуса.
- 11-54. $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3 + \text{NaOH}$; окраска лакмуса — синяя.
- 11-55. $2\text{AgNO}_3 + \text{CaCl}_2 = 2\text{AgCl}\downarrow + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$;
 $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} = \text{AgCl}\downarrow + \text{HNO}_3$;
 $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{KCl}$;
 $2\text{AgNO}_3 + 2\text{NaOH} = \text{Ag}_2\text{O}\downarrow + 2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
- 11-56. 1) $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4$; 2) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{KOH}$;
 3) $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2 + \text{NaOH}$; 4) $\text{Al}(\text{OH})\text{Br}_2 + \text{KHSO}_3$;
 5) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + (\text{NH}_4)_2\text{S}$; 6) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} + \text{HI}$.
- 11-57. 1) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (конц); 2) $\text{KNO}_3 + \text{C}$; 3) $\text{KClO}_3 + \text{P}$;
 4) $\text{FeCl}_3 + \text{HI}$; 5) $\text{Zn} + \text{MgSO}_4$; 6) $\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_3$; 7) $\text{HI} + \text{HNO}_3$.
- 11-58. В качестве такого вещества выберем CO_2 . Тогда, например, см. ответ к 11-60 (реакции: разложения (1); соединения (2, 5); обмена (4)). Реакция замещения может быть
- $$\text{CO}_2 + 2\text{Mg} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{MgO} + \text{C}.$$
- 11-59. $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$.
- 11-60. А (CaO); В ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); С (CaCl_2); D (CO_2); Е (KHCO_3); F (K_2SO_4).
- 11-61. а) $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{KCl}$;
 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$;
 б) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$;
 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$.
- 11-62. $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow$.
- 11-63. NaCl — нейтральная среда; NaCN — щелочная среда; $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ — нейтральная; K_3PO_4 — щелочная; KClO_4 — нейтральная; NaH_2PO_4 — слабокислая среда; FeCl_3 — кислая; NH_4Cl — кислая.
- 11-64. $\alpha = 2,36 \cdot 10^{-4}$; $\text{pH} = 7,6$.
- 11-65. $K_T = 5,56 \cdot 10^{-10}$; $\alpha = 2,36 \cdot 10^{-4}$; $\text{pH} = 5,6$.
- 11-66. $K_T = 2 \cdot 10^{-7}$; $\alpha = 1,4 \cdot 10^{-3}$; $\text{pH} = 10,1$.

Глава 12

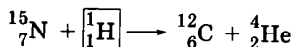
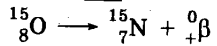
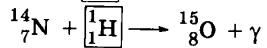
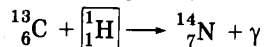
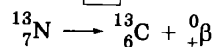
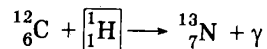
12-1. Водород — уникальный элемент, не имеющий полных аналогов.

12-2. По многим своим физическим свойствам водород напоминает галогены.

12-3. См. решение задачи 12-1 в § 12.1.

12-4. Вода.

12-5. Водород — см. введение к главе. Источником энергии Солнца и некоторых других звезд являются реакции ядерного синтеза (см. задачу 2-13 в § 2.2) так называемого углеродного цикла (γ означает гамма-излучение, ${}^0_+β$ — позитрон (антиэлектрон)):



Когда звезда исчерпает полностью свой запас водорода, она «сжимается», превращаясь в «белый карлик» либо «черную дыру» (общепринятые астрономические термины). Солнце состоит ≈ из 90% водорода, остальные 10% приходятся на долю гелия и более тяжелых элементов. Время жизни Солнца оценивается в 10^{10} лет, причем половина этого срока приходится еще на будущее!

12-6. D_2 .

12-7. $1s^1, 1s^0, 1s^2$.

12-8. 3, 8.

12-9. Вода, метан, нефть, глюкоза, клетчатка.

12-10. а) в 14,5 раза; б) в 8 раз.

12-11. С металлами (-1), с неметаллами (+1).

12-12. В качестве восстановителя.

12-13. С неметаллами.

12-14. Гидриды со степенью окисления водорода (-1).

12-15. $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3$;

$\text{CO} + 2\text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH}$; $\text{CH}_3\text{COH} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$;

$2\text{NO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$.

12-16. Теплоты сгорания атомарного и молекулярного водорода различны.

12-17. Алкены, алкины и альдегиды — см. ответ к 12-15, а также арены и карбоновые кислоты.

12-18. 300 кмоль.

12-19. См. задачу 1-7 § 1.1.

12-20. Реакция водяного пара с раскаленным углем; конверсия метана; крекинг и риформинг углеводородов; электролиз водных растворов электролитов и др.

12-21. «Водяной газ» — это смесь H_2 , H_2O и CO , получаемая в результате реакции $\text{H}_2\text{O} + \text{C} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}$.

12-22. $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}(\text{пар}) \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ (реакция сдвига).

12-23. Действие разбавленных кислот на металлы; электролиз воды; действие щелочей на цинк или алюминий; гидролиз гидридов; взаимодействие щелочных или щелочноземельных металлов с водой.

12-24. $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$.

12-25. 448 л H_2 .

12-26. 10 моль.

12-27. 525 г.

12-28. а) 0,1 моль; б) 0,2 моль; в) 1 моль.

12-29. 26 мин (необходимо использовать закон Фарадея).

12-30. Получение аммиака, соляной кислоты, метанола (см. задачу 12-35) и многих других органических продуктов.

12-31. C_4 .

12-32. H_2 и He .

12-33. а), в).

12-34. 1) $\text{Ca} + \text{H}_2 = \text{CaH}_2$; 2) $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\uparrow$;

3) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$.

12-35. 12,5% CH_3OH ; 40% превращения CO .

12-36. Водородные связи создают ассоциаты из молекул воды, затрудняющие переход молекул в газообразное состояние.

12-37. Амфотерные свойства воды подтверждаются гидролизом растворенных в ней солей, а также взаимодействием ее как с основными, так и с кислотными оксидами.

12-38. NaN .

12-39. В избытке 0,1 моль N_2 , в растворе — 18,3% NH_4HSO_4 .

12-40. 34,8%.

12-41. До сжигания — 4,7 л H_2 ; 4,47 л O_2 ; 16,83 л N_2 ; после сжигания — 2,13 л O_2 ; 16,83 л N_2 .

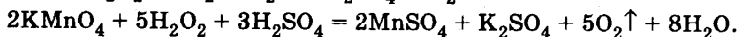
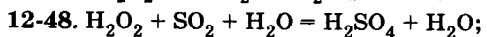
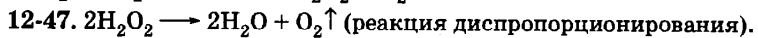
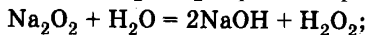
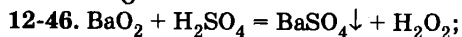
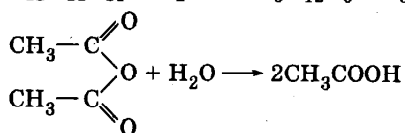
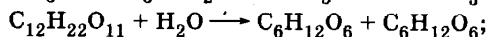
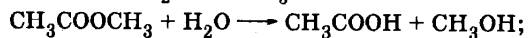
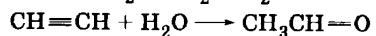
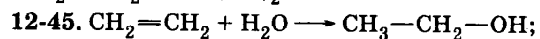
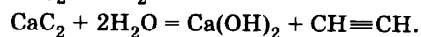
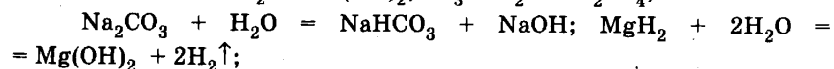
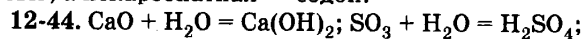
12-42. См. гл. 3; угол НОН в молекуле воды 104,5°. Строение H₂O₂ — см. § 10.4 [Кузьменко, ФКК, 1998].

12-43. Жесткость воды — совокупность свойств, обусловленная содержанием в воде ионов Ca²⁺ и Mg²⁺.

Временная жесткость — карбонатная жесткость, вызвана присутствием в воде гидрокарбонатов кальция Ca(HCO₃)₂ и магния Mg(HCO₃)₂. При кипячении гидрокарбонаты разрушаются и образовавшиеся малорастворимые карбонаты выпадают в осадок.

Постоянная жесткость — некарбонатная жесткость, обусловлена присутствием в воде кальциевых и магниевых солей сильных кислот, главным образом сульфатов и хлоридов.

Устранение жесткости воды заключается в удалении из нее ионов Ca²⁺ и Mg²⁺. Устранение временной жесткости проводится кипячением воды. При кипячении гидрокарбонаты разрушаются, образующиеся малорастворимые карбонаты выпадают в осадок. При введении в воду карбоната натрия, гидроксида кальция удаляется общая жесткость воды. Карбонатная жесткость при этом устраняется известью, а некарбонатная — содой.



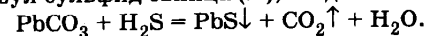
12-49. 22,4 л.

12-50. Пероксид водорода имеет больше возможностей к образованию водородных связей (за счет большего числа атомов кислорода на один атом водорода).

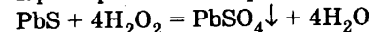
12-51. 3 моль BaO₂.

12-52. H₂O₂ $\xrightarrow{h\nu}$ H₂O + O (выделяющийся в первый момент атомарный кислород обладает дезинфицирующими свойствами).

12-53. Свинцовые белила (белый пигмент PbCO₃) могут реагировать с сероводородом, содержащимся в загрязненной атмосфере, образуя сульфид свинца (II), соединение черного цвета:



При обработке поверхности картины пероксидом



образуется PbSO₄, соединение белого цвета.

Глава 13

13-1. См. введение и задачу 3-2 в § 3.1.

13-2. Сравните их цвет, агрегатное состояние, растворимость в воде.

13-3. Хлор — газ зеленоватого цвета, растворимый в воде. Оказывает сильное раздражающее действие, особенно на глаза и дыхательную систему за счет взаимодействия с водой, содержащейся в них.

13-4. В 2800 раз.

13-5. а) и г) по одному; б) и в) по два.

13-6. 75,8% ³⁵Cl; 24,2% ³⁷Cl.

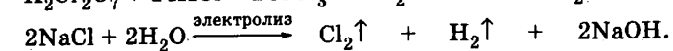
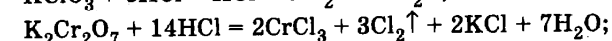
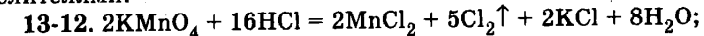
13-7. Сублимация.

13-8. Необходимо создать внешнее давление, превышающее давление, соответствующее тройной точке (см. задачи 4-7 и 4-34).

13-9. В виде солей в земной коре или в виде ионов в морской воде.

13-10. Промилле — масса в граммах растворенных в 1 кг морской воды минеральных солей; 20 г солей.

13-11. В промышленности — электролизом раствора NaCl; в лабораториях — окислением галогенид-ионов более сильными окислителями.



(на аноде) (на катоде)

4. Химия на вступительных экзаменах в вуз

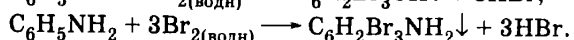
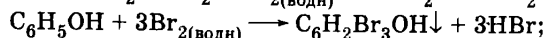
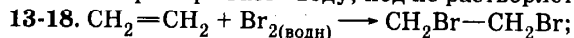
13-13. Общее — окисление галогенид-ионов до свободного галогена более сильными химическими окислителями. Поскольку фтор — наиболее сильный окислитель, его можно получить *только электролизом расплавленных фторидов*.

13-14. $61,2 \text{ м}^3 \text{ Cl}_2$.

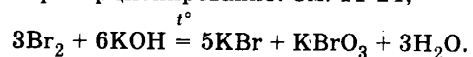
13-15. Самый активный восстановитель — иод, наименее активный — хлор (фтор вообще не бывает восстановителем).

13-16. Фтор — практически со всеми, включая благородные газы; хлор — с большинством, за исключением благородных газов, кислорода и некоторых других.

13-17. Фтор «взрывает» воду; иод не растворяется в воде.



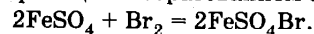
13-19. Диспропорционирование. См. 11-24;



13-20. 96,13% KI, 3,87% KBr.

13-21. На 1 моль воды приходится 0,0267 моль HCOOH и 0,0336 моль HCl.

13-22. Бром — более сильный окислитель, чем ион Fe^{3+} , поэтому будет происходить реакция с образованием смешанной соли:



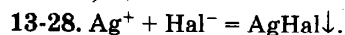
13-23. Электронная конфигурация внешнего электронного слоя атомов галогенов ns^2np^5 , поэтому в образовании химических связей могут принимать участие 1, 3, 5 или 7 электронов. Из-за отсутствия d -орбитали, на которую могут переходить неспаренные электроны, у фтора в образовании связи участвует один электрон.

13-24. А — Cl_2 , В — К, С — KCl.

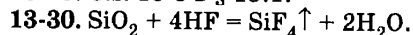
13-25. Газы, хорошо растворимые в воде.

13-26. Соляная и плавиковая кислоты.

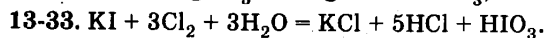
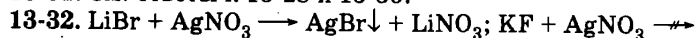
13-27. Сильная кислота, реагирующая с основаниями, основными оксидами, металлами, стоящими в ряду активности до водорода (см. 11-26).



13-29. См. 13-3 в § 13.1.



13-31. См. ответы к 13-28 и 13-30.

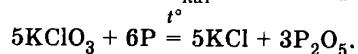
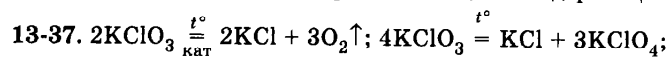


Глава 35. Ответы и указания к решениям задач гл. 1—34

13-34. 37,6 г.

13-35. 18,3 мл; 4 г I_2 .

13-36. Алкены; алкины; спирты; амины; азотсодержащие циклы.



13-38. С образованием O_2 — 66,7%; б) с образованием KClO_4 — 33,3%.

13-39. А — Cl_2 , В — HCl, С — HClO.

13-40. А — HBr, В — Br_2 , С — S.

13-41. А — HI, В — I_2 , С — HIO₃.

13-42. 74 г $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

13-43. 4,69% HCl.

13-44. А — Cl_2 , Б — $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, В — I_2 , Г — KI, Д — AgI.

13-45. а) Увеличиваются; б) уменьшаются.

13-46. 1) $\text{Ba}(\text{OCl})_2 + \text{KH}$; 2) $\text{CaH}_2 + \text{Br}_2$; 3) $\text{KClO}_3 + \text{P}$; $\text{KClO} + \text{P}_2\text{O}_3$.

13-47. 61,3% KBr, 38,7% NaI; 448 мл HCl.

13-48. 54,8% NaI, 45,2% NaCl.

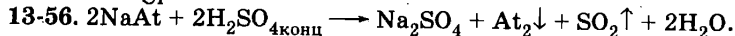
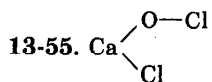
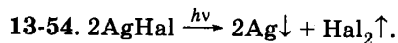
13-49. В 2,74 раза.

13-50. 2,33 г BaSO_4 .

13-51. LiClO₃. На 53,0%.

13-52. См. рекомендованную литературу.

13-53. Фреоны — техническое название хлорфторуглеродов. Один из важнейших фреонов — дихлордифторметан CF_2Cl_2 . Тефлон — политетрафторэтилен $(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$. Хлороформ — CHCl_3 .



Глава 14

14-1. ns^2np^4 .

14-2. O — II; S — II, IV или VI.

14-3. (-2), (-1), (+2); наиболее характерна (-2).

14-4. O_2 или O_3 ; $S_{\text{ромб}}$, $S_{\text{монокл}}$, $S_{\text{аморфная}}$. Наиболее устойчивы O_2 и $S_{\text{ромб}}$ (в обычных условиях).