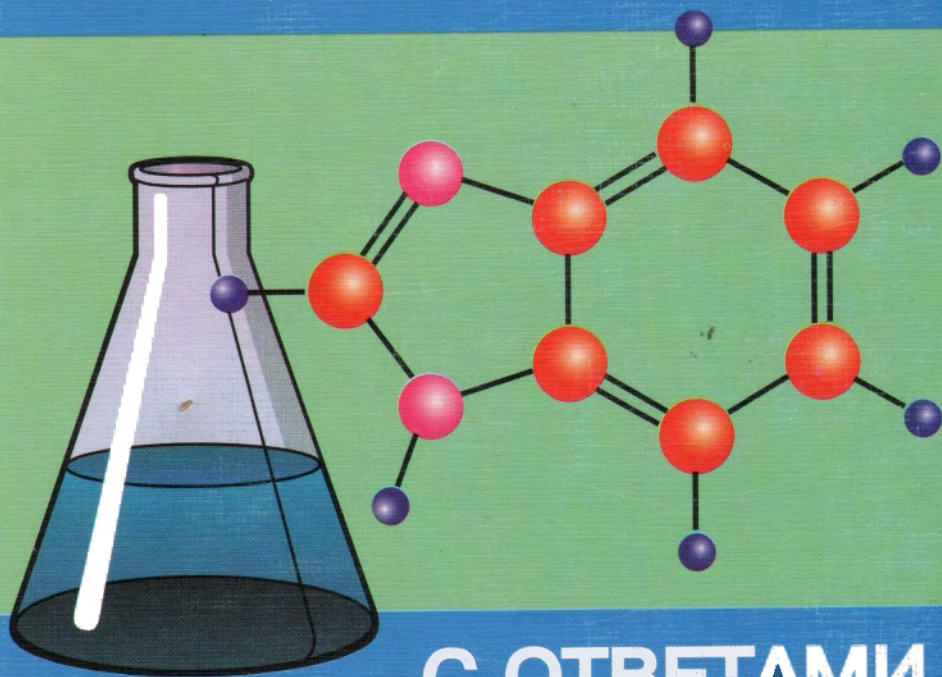


Л. А. Слета
А. В. Черный
Ю. В. Холин

1001

ЗАДАЧА ПО ХИМИИ



С ОТВЕТАМИ,
УКАЗАНИЯМИ,

РЕШЕНИЯМИ

Л.А. Слета

А.В. Черный

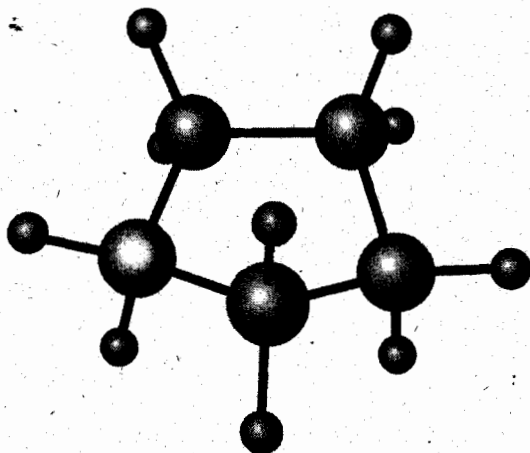
Ю.В. Холин

1001

задача

ПО ХИМИИ

**с ответами,
указаниями,
решениями**



«ИЛЕКСА»

«РАНОК»

Москва-Харьков

2005

ББК 74.265.7

С47

Рецензенты:

декан естественно-географического факультета
Нежинского педагогического института им Н.В. Гоголя,
канд. хим. наук, доцент *И.И. Кочерга*;
учитель-методист Академической гимназии № 45
г. Харькова, Соросовский учитель, председатель
методического объединения учителей химии
Дзержинского района г. Харькова *Т.М. Гранкина*

Слета Л.А., Черный А.В., Холин Ю.В.

С47 101 задача по химии с ответами, указаниями,
решениями. — М: Илекса, 2005. — 368 с.

ISBN 5-89237-122-0

В сборнике представлены задачи с решениями по общей, неорганической и органической химии. По сложности они делятся на три группы: типовые; для классов с углубленным изучением химии; конкурсные и олимпиадные. Задачи сгруппированы по относительно самостоятельным тематическим разделам. Логика построения задачника соответствует принятой в школьном курсе последовательности введения понятий и представления сведений. Вместе с тем, значительное внимание уделено вопросам, смежным с программным материалом.

Пособие предназначено для учащихся общеобразовательных школ, лицеев, гимназий, абитуриентов, а также учителей химии.

ББК 74.265.7

© Слета Л.А., Черный А.В.,
Холин Ю.В., 1998

© НИЦ «Ранок», 2000

© ООО «Илекса», 2004

ISBN 5-89237-122-0

Предисловие

Обучение химии невозможно представить без решения задач. В последние годы книгоиздатели порадовали преподающих и изучающих химию новыми задачками. Среди них легко выбрать книги, точно следующие типовой школьной программе. Можно найти и ряд пособий с нестандартными и трудными задачами, которые предлагают участникам Всеукраинских и Соросовских олимпиад юных химиков. Вместе с тем, недостает сборников задач промежуточного уровня сложности, необходимых для классов с углубленным изучением химии, факультативов, гимназий и лицеев, для подготовки школьников к успешному участию в районных и областных олимпиадах юных химиков, ко вступительным экзаменам в высшие учебные заведения химического, фармацевтического и медицинского профиля. Предлагаемое издание призвано заполнить существующий пробел.

В данном сборнике содержатся задачи по общей, неорганической и органической химии, а также примеры заданий областных олимпиад юных химиков последних лет. По сложности задания делятся на три группы: типовые; для классов с углубленным изучением химии; конкурсные и олимпиадные задачи. Учитель, работающий по авторской программе, найдет полезные для себя задачи. Логика построения задачника соответствует, в основном, принятой в школьном курсе последовательности введения понятий и представления сведений. Вместе с тем, значительное внимание уделено вопросам, смежным с программным материалом. Мы полагаем, что их рассмотрение позволит углубить и конкретизировать знания учащихся.

Для удобства пользования сборником мы сгруппировали задачи по относительно самостоятельным тематическим разделам. Благодаря этому учитель, ориентируясь на уровень знаний учащихся, объем и содержание изучаемых вопросов, сможет выбирать подходящие разделы и задачи.

В сборнике помещены количественные (расчетные) и качественные задачи. При решении расчетных задач рекомендуется применять алгебраический подход. Решение качественных задач не требует вычислений, а опирается на конкретные химические знания и формирует логическое мышление учащихся.

В конце книги даны подробные решения, комментарии и ответы. Это позволит использовать сборник и при самостоятельном изучении химии.

Авторы

Задачи

1. Химия вокруг нас

1. В литературных памятниках Киевской Руси упоминаются многие вещества: вино горячее (так называли спирт), уксус, нефть, камфора, олифа, сахар, свинцовые белила, купорос, квасцы, сера горючая, медь красная, соль, сулема, ртуть, киноварь, свинец, известь негашеная.

Какие из этих веществ известны вам и где они применяются в повседневной жизни?

2. Химический состав атмосферы Венеры определили с помощью газоанализаторов, которые поместили на космические станции «Венера-4» и «Венера-6». Оказалось, что атмосфера Венеры состоит почти целиком из углекислого газа (более 97 %), азот составляет менее 2 %, кислород — менее 0,1 %, водяной пар — менее 1 %, аммиак — менее 0,1 %.

Предположим, что в лаборатории есть два баллона: первый наполнили воздухом на Земле, а второй — на Венере.

а) Два стеклянных цилиндра заполнили газами из первого и второго баллонов. Как определить, в каком цилиндре находится образец, доставленный с Венеры?

б) Как освободить образец газа, отобранный на Венере, от примесей аммиака?

в) Как освободить образец воздуха, отобранный на Земле, от примесей углекислого газа?

3. Как объяснить тот факт, что в воздухе, которым мы дышим, практически нет водорода, а выше 50 км над поверхностью Земли содержание водорода в воздухе составляет уже несколько десятков процентов (по объему)?

4. Химические вещества и явления неоднократно описывались в художественной литературе. Так, Дж. Свифт, рассказывая о путешествиях Гулливера, поведал, что в начале XVIII в. ученые Академии наук в Лагадо добывали селитру из воздуха. Какие вещества называют селитрами? Приведите примеры. Где используют селитры? Можно ли получить из воздуха какую-нибудь из селитр?

5. В лунном грунте обнаружены минералы, известные на Земле, — энстатит MgSiO_3 , волластонит CaSiO_3 , ферросилит FeSiO_3 , альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, форстерит Mg_2SiO_4 , ильменит FeTiO_3 . В лунном веществе также обнаружены минералы, которые не найдены на Земле. Например, минерал армолколит $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Ti}_2\text{O}_5$, названный в честь Нейла Армстронга, первого человека, ступившего на Луну. Выразите состав минералов, обнаруженных на Луне, через образующие их оксиды.

6. Возьмите пинцетом или щипцами маленький кусочек сахара и слегка разогрейте в пламени его конец. Когда он немного оплавится, прикоснитесь оплавленным концом к порошку оксида хрома и снова внесите в пламя. Теперь сахар загорится и будет гореть синеватым пламенем. Какую роль играет оксид хрома в этой реакции?

7. Истории происхождения химических терминов всегда занимательны. Термин «аммиак» связан с именем египетского бога Амона (римляне называли его Аммоном). Храм этого бога в Древнем Египте отапливали верблюжьим навозом, среди продуктов горения которого были соединения NH_3 и HCl . Как следствие, стены и потолок храма покрылись сажей, на фоне которой поблескивали белые игольчатые кристаллы, которые получили название «соль Амона». Какой состав имеет эта соль? Как называют это соединение в быту? Какой не известный ранее газ выделили из этой соли?

8. Авторы «Энциклопедии домашнего хозяйства» приводят много сведений о применении химикатов в быту, однако их свойства описывают без объяснения. Как химик объяснит следующие факты, содержащиеся в такой энциклопедии?

а) «Медный купорос нельзя хранить в железной посуде».

б) «Растворы солей железа (II) следует хранить в склянках, заполненных полностью, до отказа».

9. В таблице в двух колонках приведены названия некоторых распространенных соединений, причем слева даны названия, принятые в промышленности, технике, медицине, быту (тривиальные названия), а справа — их химические формулы и названия, приня-

тые в химии (химическая номенклатура). Приведите в соответствие эти два перечня терминов.

№ п/п	Тривиальные названия	№ п/п	Химическая номенклатура
1	Белый мышьяк	1	NaOH — гидроксид натрия
2	Бертолетова соль	2	CaO — оксид кальция
3	Бура	3	AgNO_3 — нитрат серебра
4	Бурый газ	4	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — декагидрат сульфата натрия
5	Веселящий газ	5	NH_4Cl — хлорид аммония
6	Глауберова соль	6	NaNO_3 — нитрат натрия
7	Едкий натр	7	KNO_3 — нитрат калия
8	Известь гашеная	8	As_2O_3 — оксид мышьяка (III)
9	Известь негашеная	9	SO_2 — диоксид серы
10	Известь хлорная	10	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ — гидроксид кальция
11	Ляпис	11	SO_3 — триоксид серы
12	Нашатырный спирт	12	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — декагидрат тетрабората натрия
13	Нашатырь	13	HF — фтороводород (раствор в воде)
14	Плавиковая кислота	14	K_2CO_3 — карбонат калия
15	Поташ	15	KClO_3 — хлорат (V) калия
16	Селитра натриевая	16	N_2O — оксид диазота
17	Селитра калиевая	17	NO_2 — диоксид азота
18	Сернистый газ	18	HCl — хлороводород (раствор в воде)
19	Серный ангидрид	19	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — раствор аммиака в воде
20	Сода кальцинированная	20	$\text{Ca}(\text{ClO})_2$ — гипохлорит кальция, или хлорат (I) кальция
21	Сода пищевая (питьевая)	21	HgCl_2 — хлорид ртути (II)
22	Соляная кислота	22	CO — монооксид углерода
23	Сулема	23	CO_2 — диоксид углерода
24	Угарный газ	24	NaHCO_3 — гидрокарбонат натрия
25	Углекислый газ	25	Na_2CO_3 — карбонат натрия

10. В таблице слева приведены названия распространенных минералов. Поставьте в соответствие их химические формулы.

№ п/п	Минералы	№ п/п	Состав
1	Апатит	1	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
2	Бишофит	2	CaCO_3
3	Гипс	3	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
4	Доломит	4	HgS
5	Железняк магнитный	5	MgCO_3
6	Железняк бурый	6	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
7	Железняк красный	7	FeS_2
8	Кальцит, мел, мрамор	8	$\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$
9	Каменная соль	9	CuFeS_2
10	Киноварь	10	Fe_3O_4
11	Колчедан медный, халькопирит	11	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
12	Колчедан серный, колчедан железный, пирит	12	Fe_2O_3
13	Криолит	13	NaCl
14	Магнезит	14	$\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$
15	Малахит	15	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$
16	Сильвинит	16	$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
17	Флюорит	17	Na_3AlF_6
18	Фосфорит	18	$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$
19	Фторапатит	19	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$
20	Шпинель	20	CaF_2

11. Какой элемент Периодической таблицы: а) назван в честь России; б) назван в честь Польши; в) назван в честь Франции; г) открыт впервые на Солнце; д) открыт первым среди радиоактивных элементов; е) первым получен искусственно.

12. Назовите элемент: а) самый распространенный на Земле; б) самый распространенный в земной атмосфере; в) самый распространенный в космосе; г) самый редкий из содержащихся в земной

коре элементов; д) имеющий больше всего стабильных изотопов; е) имеющий наибольшее количество аллотропных модификаций; ж) входящий в наибольшее число разнообразных соединений.

13. Назовите: а) самый легкий газ; б) самый тяжелый газ; в) самый легкий металл; г) самый тяжелый металл.

2. Состав атомов

14. Определите нуклонные числа элементов, в атомных ядрах которых содержатся:

- а) 8 протонов и 8 нейтронов;
- б) 19 протонов и 20 нейтронов;
- в) 15 протонов и 16 нейтронов.

15. Определите количество протонов и количество нейтронов в ядре атома элемента с атомным номером* 10 и нуклонным числом 20.

16. Укажите количество протонов и количество нейтронов, которые содержатся в ядрах азота-14, кремния-28 и бария-137.

17. Укажите протонное число элемента, если известно, что его нуклонное число 32, а количество нейтронов в ядре 16.

18. В Периодической системе элементов найдите элементы с атомными номерами 12, 29, 50 и 80 и укажите для каждого количество электронов, содержащихся в атоме.

19. Назовите элемент, ядро атома которого содержит 21 протон и 24 нейтрона.

20. Укажите заряд ядра, а также количество протонов, нейтронов и электронов в атомах изотопов:

- а) кислорода ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{17}_8\text{O}$ и ${}^{18}_8\text{O}$;
- б) хлора ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ и ${}^{37}_{17}\text{Cl}$;
- в) магния ${}^{24}_{12}\text{Mg}$, ${}^{25}_{12}\text{Mg}$ и ${}^{26}_{12}\text{Mg}$.

21. Назовите химический элемент, изотопы которого содержатся среди следующих формул:

- ${}^{37}_{17}\text{Э}$, ${}^{38}_{18}\text{Э}$, ${}^{39}_{19}\text{Э}$, ${}^{40}_{19}\text{Э}$, ${}^{40}_{20}\text{Э}$.

* Атомный номер (в номенклатуре ИЮПАК) или порядковый номер (в учебной литературе) равен заряду ядра атома химического элемента.

22. Определите количество протонов и электронов, содержащихся в следующих атомах и ионах:

а) Ne, Na^+ и F^- ;

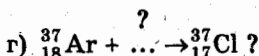
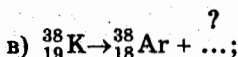
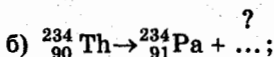
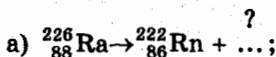
б) Fe, Fe^{2+} и Fe^{3+} .

23. Определите заряд ионов, образующихся:

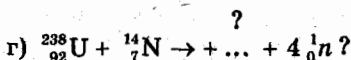
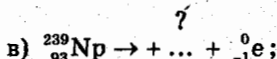
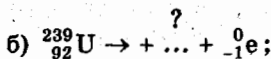
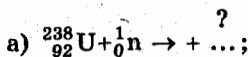
а) при удалении из атома Al трех электронов;

б) при присоединении к атому S двух электронов.

24. Какие частицы участвуют в уравнениях следующих ядерных реакций:



25. Элементы с атомными номерами 93 и больше не встречаются в природе, их получают искусственно при помощи ядерных реакций. Какие химические элементы можно получить в следующих ядерных реакциях:



26. Составьте уравнения ядерных реакций, если известно:

а) что при температурах около 10^8 °C происходит слияние атомных ядер трития и дейтерия с образованием ядра гелия и нейтрона;

б) при соударении нейтронов космического излучения и атомов азота в верхних слоях атмосферы образуются тритий и ядра гелия;

в) при бомбардировке атомов азота ядрами гелия получают атомы кислорода и протоны.

3. Электронное строение атомов

При выполнении заданий этого раздела не рекомендуется пользоваться Периодической системой элементов Д. И. Менделеева.

27. Какие значения принимают квантовые числа n (главное) и l (орбитальное) для электрона, находящегося на энергетическом уровне: а) $3p$; б) $4d$; в) $4f$?

28. Какие значения могут принимать квантовые числа l (орбитальное) и m (магнитное), если главное квантовое число n равно: а) 1; б) 2; в) 3?

29. Расположите энергетические подуровни в последовательности их заполнения электронами:

а) $3p, 3d, 4s, 4p$;

б) $4d, 5s, 5p, 6s$;

в) $4f, 5s, 5p, 4d, 6s$;

г) $5d, 6s, 6p, 7s, 4f$.

30. Укажите количество электронных слоев в атомах элементов с атомными номерами 2, 8, 19, 33, 40, 79.

31. Какими квантовыми числами характеризуются электроны внешнего электронного слоя элементов с атомными номерами 19 и 87?

32. Запишите электронные конфигурации атомов элементов с атомными номерами 7, 16, 21 и 35.

33. Укажите номер периода и номер группы (главная или побочная подгруппа) для элементов с электронными конфигурациями атомов:

а) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$;

б) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$;

в) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^1$;

г) $[Rn] 7s^2$.

34. Укажите номер периода и номер группы (главная или побочная подгруппа) элементов, атомы которых в основном состоянии имеют фрагменты:

а) $\dots 2p^6$;

б) $\dots 3d^5 4s^1$;

в) $\dots 4p^4$;

г) $\dots 4f^5 6s^2$.

35. Укажите номера элементов, которые являются полными электронными аналогами элементов с атомными номерами:

а) 37; б) 32; в) 41; г) 53; д) 86.

36. Возбужденные атомы элементов имеют конфигурации:

а) $[\text{Ne}]3s^13p^33d^2$;

б) $[\text{Ar}]3d^{10}4s^14p^1$;

в) $[\text{Kr}]4d^{10}5s^15p^3$.

Запишите электронные конфигурации атомов в основных (невозбужденных) состояниях.

37. Напишите электронную конфигурацию элемента с атомным номером 15. Укажите:

а) суммарное число электронов в атоме;

б) число электронов на внешнем энергетическом уровне;

в) число неспаренных электронов.

38. Электронная конфигурация элемента имеет окончание $\dots(n-1)d^3ns^2$. Какие значения может принимать n ? Напишите полные электронные конфигурации элементов, отвечающие условию. Определите их атомные номера.

39. Для элементов 2, 3 и 4 периодов укажите те, которые имеют наименьшее и наибольшее число неспаренных электронов.

4. Электронное строение атомов и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

При выполнении заданий этого раздела используйте Периодическую систему химических элементов Д. И. Менделеева.

40. Назовите количество валентных электронов в атомах N, F, Sc и Cu.

41. Назовите номер внешнего энергетического уровня (внешнего электронного слоя) в атомах Mg, Ni, Ag и Hg.

42. Назовите номер незаполненного предвнешнего энергетического уровня (предпоследнего электронного слоя) в атомах Fe, Sn и Pb.

43. Назовите количество электронов во внешнем электронном слое атомов иттрия (№ 39), индия (№ 49), циркония (№ 40) и олова (№ 50).

44. Назовите элементы группы I, в предпоследнем электронном слое атома которых содержится: а) 8 электронов; б) 18 электронов.

45. Назовите элемент четвертого периода, во внешнем электронном слое атома которого содержится 2, а в предпоследнем 16 электронов.

46. Запишите электронные конфигурации:

а) атомов Ca, S, N, F и Na;

б) ионов Ca^{2+} , S^{2-} , N^{3-} , F^- и Na^+ .

Электронным конфигурациям атомов каких инертных газов они соответствуют?

47. Как изменяются электронные конфигурации при превращении атомов в ионы:

а) $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+}$;

б) $\text{Cl} \rightarrow \text{Cl}^-$;

в) $\text{Sc} \rightarrow \text{Sc}^{3+}$;

г) $\text{Br} \rightarrow \text{Br}^-$?

48. Назовите элементы, атомы которых имеют электронные конфигурации:

а) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$;

б) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$;

в) $[\text{Ar}] 3d^5 4s^2$;

г) $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^2 6s^2$.

49. Распределите электроны по энергетическим уровням и подуровням в атомах: а) N, O и F; б) He, Ne и Ar; в) Cr.

50. Напишите электронную конфигурацию элемента, внешний энергетический уровень которого имеет конфигурацию: $\dots 4s^2 4p^4$. К какому периоду и группе принадлежит этот элемент? Каковы его высшая и низшая степени окисления? Приведите примеры.

51. Сравните электронные конфигурации элементов № 12 и № 38. У какого из них более выражены металлические свойства?

52. Напишите электронные конфигурации еще не полученного элемента № 118, укажите его существующие электронные аналоги и место, которое он займет в Периодической системе.

5. Периодическая система химических элементов

53. Перечислите известные вам:

- а) металлы;
- б) неметаллы;
- в) аллотропные модификации;
- г) простые вещества, молекулы которых в газовом состоянии при нормальных условиях являются одноатомными;
- д) простые вещества, молекулы которых в газовом состоянии при нормальных условиях являются двухатомными.

54. Как изменяется металлический характер элементов в рядах:

- а) Na, Mg, Al, Si, P, Cl, Ar;
- б) Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra;
- в) Cu, Ag, Au?

55. Как изменяется неметаллический характер элементов в рядах:

- а) O, S, Se, Te, Po;
- б) Li, Be, B, C, N, O, F?

56. Известно, что алюминий проявляет амфотерные свойства. Укажите, какие свойства — металлические или неметаллические — должны преобладать у его ближайших соседей по Периодической системе элементов: а) у магния; б) бора; в) галлия; г) кремния.

57. Д. И. Менделеев предсказал элементы с атомными номерами 21, 31 и 32. Составьте формулы соединений этих элементов: а) с кислородом; б) хлором.

58. Назовите неметалл, образующий газообразное водородное соединение, плотность которого почти равна: а) плотности неона; б) плотности молекулярного кислорода.

59. В главной подгруппе VII группы Периодической системы назовите неметаллы, образующие соединения с водородом, в которых массовая доля водорода: а) наибольшая; б) наименьшая.

60. В нижеперечисленных группах расположите элементы в порядке уменьшения их атомного или ионного радиуса:

- а) Li, Na, K;
- б) Cu, Ag, Au;
- в) Cl, Br, I;
- г) C, O, F;
- д) K^+ , Na^+ , Rb^+ ;

- е) Sc^{3+} , K^+ , Ca^{2+} ;
ж) Cl^- , Ar , K^+ , Ca^{2+} .

61. В нижеперечисленных группах укажите элементы, имеющие наименьшее значение первой энергии ионизации:

- а) K , Rb и Cs ;
б) Zn , Cd и Hg ;
в) Be , B и C ;
г) N , O и F ;
д) Ga , Br , Sc и Mo .

62. Как изменяются кислотно-основные свойства в рядах соединений:

- а) K_2O , CaO , Ga_2O_3 , GeO_2 , As_2O_5 , SeO_3 ;
б) BeO , MgO , CaO , SrO , BaO , RaO ;
в) NaOH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, H_2SiO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_4 , HClO_4 ?

63. Сравните следующие свойства натрия и магния: а) атомные и ионные радиусы; б) энергии ионизации; в) температуры плавления; г) взаимодействие с водой.

64. Назовите: а) два металла, взрывообразно реагирующих с холодной водой; б) два металла, пассивных при комнатной температуре и поэтому используемых для нанесения защитных покрытий; в) два металла, оксиды и гидроксиды которых обладают амфотерными свойствами.

65. Сравните следующие свойства фтора и йода: а) энергии связей; б) агрегатное состояние при комнатной температуре; в) интенсивность окраски; г) химическую активность.

6. Степень окисления элементов

66. Какую степень окисления имеют азот, фосфор, хлор, углерод и сера в соединениях, формулы которых NH_3 , PH_3 , HCl , CH_4 , H_2S ?

67. Какую степень окисления имеют элементы в оксидах, формулы которых Li_2O , CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , N_2O_5 , SO_3 , Cl_2O_7 ?

68. Составьте формулы соединения с водородом следующих элементов*: а) мышьяка (+3); б) кремния (+4); в) германия (+4); г) йода (-1); д) селена (-2).

* В скобках указаны степени окисления элементов.

69. Составьте формулы оксидов следующих элементов: а) серебра (+1); б) магния (+2); в) фосфора (+5); г) вольфрама (+6).

70. Ксенон образует с фтором (-1) следующие соединения: XeF_2 , XeF_4 и XeF_6 . Укажите степени окисления ксенона.

71. Составьте формулы: а) двух оксидов меди, в одном из которых степень окисления меди (+1), в другом — (+2); б) двух оксидов золота, в одном из которых степень окисления золота (+1), в другом — (+3); в) трех оксидов хрома, в одном из которых степень окисления хрома (+2), в другом — (+3), в третьем — (+6).

72. Определите степени окисления серы в соединениях H_2S , S , SO_2 и SO_3 . Постройте шкалу степеней окисления серы. Для этого на числовую ось нанесите значения степеней окисления серы в соединениях, формулы которых расположите под числовой осью.

73. Составьте уравнение электронейтральности для молекул:

а) $\overset{+1}{\text{H}}\overset{-1}{\text{Br}}$; б) $\overset{+1}{\text{H}}\overset{+5}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}_3}$; в) $\overset{+1}{\text{H}_2}\overset{+6}{\text{S}}\overset{-2}{\text{O}_4}$; г) $\overset{+1}{\text{H}_3}\overset{+5}{\text{P}}\overset{-2}{\text{O}_4}$.

74. Определите степени окисления кислотообразующих элементов в следующих кислотах:

а) HClO , HClO_2 , HClO_3 , HClO_4 ;

б) HNO_2 , H_2CO_3 , H_4SiO_4 , HPO_3 .

75. Укажите степени окисления:

а) водорода в соединениях NaH , CaH_2 , H_2 , HBr , H_2SO_3 ;

б) кислорода в соединениях La_2O_3 , Cl_2O_7 , H_2O_2 , Na_2O_2 , BaO_2 , KO_2 , KO_3 , O_2 , OF_2 ;

в) азота в соединениях NH_3 , N_2H_4 , NH_2OH , N_2 , N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 ;

г) углерода в соединениях CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 , HCHO , CO , CO_2 .

76. Составьте химические формулы соединений калия с кислородом, в которых он проявляет степени окисления -2, -1, $-\frac{1}{2}$ и $-\frac{1}{3}$. Назовите эти соединения.

77. В нитридах азот проявляет степень окисления -3. Составьте формулы нитрида лития, нитрида бария и нитрида кремния.

78. В карбидах углерод проявляет степень окисления -4. Составьте формулы карбидов кальция и алюминия.

7. Химическая связь: ковалентная и ионная

79. В каких случаях взаимодействия двух простых веществ образуются соединения с ковалентной связью, а в каких — с ионной:

- а) К и I_2 ;
- б) H_2 и S;
- в) Ba и O_2 ;
- г) N_2 и H_2 ;
- д) С и O_2 ;
- е) P_4 и Cl_2 ?

80. Составьте химические формулы ионных соединений, содержащих следующие пары ионов:

- а) Na^+ и Br^- ;
- б) Ca^{2+} и F^- ;
- в) La^{3+} и Cl^- ;
- г) Li^+ и O^{2-} ;
- д) Ca^{2+} и O^{2-} ;
- е) Al^{3+} и O^{2-} .

81. Составьте формулу соединения кислорода и фтора, если электроотрицательность кислорода — 3,5, а фтора — 4,0. Каковы степени окисления кислорода и фтора в этом соединении? Назовите соединение.

82. Составьте возможные формулы химических соединений, используя ряд электроотрицательности атомов:

Si	P	C	S	Br	Cl	N	O	F	H
1,8	2,2	2,5	2,6	2,8	3,0	3,1	3,5	4,0	2,1

83. Электроотрицательность элементов в ряду F, O, N, Cl уменьшается. Укажите, в какой из перечисленных молекул связь наиболее полярна: OF_2 , Cl_2O , ClF , NCl_3 , NF_3 , N_2O_3 .

84. В каком из перечисленных соединений полярность связи наименьшая:

- а) HF, HCl, HBr, HI;
- б) HF, H_2S , H_2O , NH_3 ?

85. Какое из приведенных химических соединений имеет более прочную химическую связь:

- а) HI или HBr;
- б) H_2O или H_2S ;
- в) NH_3 или PH_3 ?

86. В какой из перечисленных молекул длина связи наименьшая:

а) F_2 , O_2 и N_2 ;

б) Cl_2 , Br_2 и I_2 ?

87. Составьте электронно-точечные формулы* F_2 , O_2 и N_2 . Чему равна кратность связи в каждой из этих молекул?

88. Ковалентный радиус элемента принимают равным половине длины химической связи. Вычислите ковалентные радиусы элементов по известным длинам связей:

$l_{H-H} = 0,074$ нм; $l_{F-F} = 0,142$ нм; $l_{Cl-Cl} = 0,199$ нм; $l_{Br-Br} = 0,228$ нм;

$l_{I-I} = 0,267$ нм. Используя полученные вами данные, вычислите длины связей в молекулах галогеноводородов.

89. Расположите соединения в порядке возрастания полярности связи: NaI , HI , I_2 , AlI_3 , NI_3 .

90. Охарактеризуйте химическую связь в молекуле CO_2 .

91. Охарактеризуйте химическую связь в молекулах N_2 , CO и C_2H_2 . В чем особенность связи в молекуле CO ?

8. Электронно-точечные и структурные формулы молекул

92. Составьте электронно-точечные формулы* молекул:

HF , H_2O , NH_3 и CH_4 .

Определите для каждого атома число неподеленных пар. Покажите, что эти молекулы являются изоэлектронными.

93. Составьте электронно-точечные формулы молекул CO_2 , CS_2 и COS . Какая из этих молекул будет полярной?

94. Составьте электронно-точечные формулы молекул:

а) CH_4 и SiH_4 ;

б) H_2O и F_2O .

Укажите, к атомам каких элементов смещены электронные пары. Сопоставьте ваш ответ со значениями степеней окисления центральных атомов.

* Электронно-точечные формулы в учебной литературе называют также льюисовыми структурами.

95. Сравните электронное строение молекул NH_3 и BF_3 с электронным строением соответствующих ионов NH_4^+ и BF_4^- . Предложите механизм образования этих ионов. Какого типа связь между атомами B и N образуется в молекулярном комплексе $\text{F}_3\text{B} \cdot \text{NH}_3$?

96. Предскажите геометрическую форму следующих молекул:

- а) BeCl_2 ;
- б) BF_3 , SnCl_2 ;
- в) CH_4 , NH_3 , H_2O .

Изобразите структурные формулы молекул с учетом их геометрии.

97. Предскажите геометрическую форму следующих молекул: PF_5 , SF_4 , ClF_3 и XeF_2 .

98. Составьте электронно-точечные формулы, предскажите геометрическую форму и изобразите структурные формулы следующих молекул с учетом их геометрии: H_2Se , PH_3 и SiH_4 .

99. Изобразите структурные формулы следующих молекул:

- а) HBr , H_2Te , AsH_3 ;
- б) CO , CO_2 ;
- в) SO_2 , SO_3 .

100. Изобразите структурные формулы молекул и ионов, используя следующие данные об их геометрии.

а) В молекуле P_4 атомы фосфора расположены в вершинах правильного тетраэдра.

б) Ионы NH_4^+ и BF_4^- имеют тетраэдрическую структуру.

в) Молекула NF_3 имеет форму треугольной пирамиды, а молекула BF_3 — плоская с углом 120° между связями.

101. Сравните углы между связями в молекулах:

- а) H_2O и H_2S ;
- б) H_2O и OF_2 ;
- в) BF_3 и BF_4^- ;
- г) NH_3 и NF_3 .

102. Составьте электронно-точечные формулы и укажите неподеленные пары в следующих соединениях азота:

аммиак NH_3 , гидразин N_2H_4 и диимин N_2H_2 .

103. Составьте электронно-точечные формулы следующих ионов: Cl^- , S^{2-} , ClO^- и HS^- .

104. Какую геометрическую форму имеют следующие ионы:

- а) NO_3^- , CO_3^{2-} ;
- б) ClO_4^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} .

9. Строение твердых веществ и жидкостей

105. Как называется тип химической связи в металлах? В чем отличие этого типа связи от ионной и ковалентной? Может ли один и тот же элемент в разных соединениях образовывать: а) металлическую и ионную связь; б) металлическую и ковалентную связь; в) ионную, ковалентную полярную и ковалентную неполярную? Приведите примеры.

106. В лаборатории имеются образцы следующих металлов: Pb, Cu, Hg, Na, Au, Ag, W. Расположите эти металлы в ряд в соответствии со следующими физическими характеристиками: очень мягкий, режется ножом; желтого цвета; имеет матовую поверхность; самый тугоплавкий; жидкий при комнатной температуре; красного цвета; обладает металлическим блеском и высокой электропроводностью.

107. Какого типа кристаллическую решетку — атомную, молекулярную или ионную — имеют в твердом состоянии: алмаз, йод, хлорид цезия, сухой лед, обычный лед, аргон, нафталин, кварц, кремний, фторид кальция?

108. Почему алмаз используется в режущих инструментах, а графит — нет? Как это связано с особенностями их строения? Можно ли получить более прочное вещество, чем алмаз, из атомов другого элемента?

109. Используя таблицу, выскажите предположение о типе кристаллической решетки ряда веществ по их температуре и теплоте плавления.

Вещество	Вода	Нафталин	Германий	Серебро	Хлорид серебра
Температура плавления, °C	0	80	960	961	455
Теплота плавления, кДж/моль	5,86	19,25	34,73	11,30	13,39

110. Почему металлы хорошо проводят электрический ток? Графит также хороший проводник электричества. Объясните этот факт, изобразив электронно-точечную формулу произвольного фрагмента отдельного атомного слоя графита.

111. Твердый диоксид углерода CO_2 (сухой лед) имеет свойства молекулярного кристалла (он легко сжимается и сублимируется

при 195 К), в то время как твердый диоксид кремния (кварц) обладает высокой твердостью и температурой плавления 1883 К. Какое строение он имеет?

112. Какую связь называют водородной? Сравните свойства ковалентных и водородных связей. Между какими молекулами существует явно выраженная водородная связь: NH_3 , AsH_3 , HF , HI , H_2O , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$?

113. Какое влияние оказывают водородные связи на температуру кипения жидкостей? Какое из веществ в жидком состоянии кипит при более высокой температуре:

- а) H_2O или H_2S ;
- б) NH_3 или PH_3 ;
- в) H_2O или NH_3 ?

114. Какую роль играют водородные связи в образовании кристаллической структуры льда? Какое влияние они оказывают на свойства льда? На основании каких экспериментальных фактов можно сделать вывод, что водородные связи сохраняются частично в жидкой воде?

115. В современных периодических таблицах различным цветом изображают символы элементов, которые образуют простые вещества, находящиеся в газообразном, жидком и твердом состояниях. Одним цветом изображают пять элементов — Cs , Fr , Ga , Hg и Br . Объясните, почему. Назовите известные вам легкоплавкие металлы.

116. Ионные и ковалентные связи характеризуются энергией связи порядка 400 кДж / моль. Водородные связи намного слабее, например, энергия водородной связи $\text{H} \cdots \text{O}$ равна 20 кДж / моль. Однако, водородные связи играют гораздо более важную роль, чем можно предположить по их энергии. Объясните, почему.

117. Для характеристики пространственного расположения атомов и ионов в кристаллических решетках используют понятие координационного числа. Это число равно числу атомов или ионов, которые являются ближайшими соседями данного атома или иона в кристаллической решетке. Определите координационное число: а) атомной кристаллической решетки алмаза; б) ионной кристаллической решетки хлорида натрия.

10. Атомные и молекулярные массы

Основные расчетные формулы

Понятие	Обозначение	Формула	Единица измерения
Масса	m	—	кг, г
Атомная масса	A	$A = \frac{m(\text{атома})}{\frac{1}{12} m(^{12}\text{C})}$	а. е. м.
Относительная атомная масса	A_r	$A_r = \frac{A}{1 \text{ а.е.м.}}$	безразмерная величина
Молекулярная масса	M	$M = \frac{m(\text{молекулы})}{\frac{1}{12} m(^{12}\text{C})}$	а. е. м.
Относительная молекулярная масса	M_r	$M_r = \frac{M}{1 \text{ а.е.м.}}$	безразмерная величина
Полезные соотношения между единицами физических величин: 1 а.е.м. = $1,661 \cdot 10^{-27}$ кг = $1,661 \cdot 10^{-24}$ г.			

118. Химический элемент имеет два нуклида, находящихся в соотношении 9 : 1. Ядро первого нуклида содержит 10 протонов и 10 нейтронов, ядро второго — 10 протонов и 12 нейтронов. Вычислите относительную атомную массу элемента.

119. Природный магний имеет три нуклида с нуклонными числами 24, 25 и 26 (78,6, 10,1 и 11,3 % соответственно). Определите относительную атомную массу магния.

120. Природная медь состоит из двух нуклидов: ^{63}Cu и ^{65}Cu . Относительная атомная масса меди 63,5. Каково относительное содержание нуклидов меди в природе?

121. Относительная атомная масса бора равна 10,8. Природный бор состоит из двух нуклидов — ^{10}B и ^{11}B . Рассчитайте массовую долю нуклида ^{11}B в борной кислоте H_3BO_3 .

122. Используя Периодическую систему элементов, запишите значения атомной массы и относительной атомной массы для водорода, кислорода и урана.

123. Получите значение атомной массы водорода, кислорода и урана в килограммах и граммах.

124. Какая частица имеет большую массу:

- а) атом Ne или молекула HF;
- б) молекула SiH_4 или молекула O_2 ;
- в) атом U или молекула $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$?

125. Вычислите относительные молекулярные массы следующих соединений: а) воды; б) аммиака; в) серной кислоты; г) медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

126. Вычислите относительную молекулярную массу, если известно, что отношение чисел атомов в молекуле соответственно равно:

- а) $\text{C}:\text{H} = 2:2$;
- б) $\text{C}:\text{H} = 4:4$;
- в) $\text{C}:\text{H} = 6:6$.

127. Углерод образует соединение с водородом, относительная молекулярная масса которого почти такая же, как относительная атомная масса кислорода. Составьте формулу соединения.

128. Атомная масса элемента А в 1,6875 раз больше атомной массы элемента В. Разность относительных масс элементов А и В равна 11. Используя эти данные, составьте формулу соединения элементов А и В.

129. В природной смеси кислорода стабильные нуклиды кислорода находятся в следующем соотношении:

$^{16}\text{O} : ^{17}\text{O} : ^{18}\text{O} = 2545 : 1 : 5$, а их атомные массы равны $A_r(^{16}\text{O}) = 15,994914$, $A_r(^{17}\text{O}) = 16,999133$ и $A_r(^{18}\text{O}) = 17,999159$. Рассчитайте естественную атомную массу кислорода.

130. Рассчитайте относительное содержание протия и дейтерия в природе, если естественная атомная масса водорода — 1,0079, атомная масса протия ^1_1H — 1,0078, атомная масса дейтерия ^2_1H — 2,0141.

11. Количество вещества и его масса, молярная масса

Основная расчетная формула

$$M = \frac{m}{n}$$

Обозначения: M — молярная масса; m — масса вещества; n — количество вещества.

131. В странах Древнего Востока сульфид ртути HgS (киноварь) называли кровью дракона. Ее зерна ярко-красного цвета находили в песчаных отложениях, скапливающихся в руслах рек. Определите молярную массу сульфида ртути. Как вы объясните способность киновари оседать в речном песке?

132. По оценкам астрофизиков, если получить водород в лаборатории, то через день он окажется в космическом пространстве. Углекислый газ таким свойством не обладает. Объясните, почему.

133. На чашки весов положили одинаковые количества веществ — поваренной соли и сахара. Поваренная соль — тривиальное название вещества хлорида натрия NaCl , сахар — сахарозы, формула которой $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Какое из веществ перевесит?

134. Наряду с красными и желтыми охрами (основой знаменитых художественных красок) существует синяя охра — вивиангит состава $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Определите молярную массу минерала.

135. Молярная масса кристаллогидрата состава $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ равна 250 г/моль. Сколько молекул воды входит в состав кристаллогидрата?

136. Определите количество вещества цинка в образце массой 2,6 г.

137. Определите массу йодида натрия, если количество вещества его составляет 0,04 моль.

138. Рассчитайте молярную массу вещества А, если известно, что 0,2 моль его имеют массу 24 г.

139. Углеводород имеет формулу C_nH_n . Определите n , если известно, что 1,5 моль углеводорода имеют массу 117 г.

140. Определите массу сульфата железа и воды, содержащихся в 1,2 моль железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

141. Какое количество вещества аммиака содержит 1 л его раствора в воде с массовой долей 30 % и плотностью 0,892 г / мл.

142. Какое число молекул содержится в 200 г воды? Вычислите массу одной молекулы воды.

143. Среднее содержание в теле человека натрия составляет 0,15 %. Содержание хлора также 0,15 %. Каких атомов — натрия или хлора — больше в теле человека?

12. Количество вещества и его объем, молярный объем

Основные расчетные формулы

$$n = \frac{m}{M},$$

$$m = nM,$$

$$M = \frac{m}{n},$$

$$n = \frac{N}{N_A},$$

$$N = nN_A,$$

$$N_A = \frac{N}{n},$$

$$n = \frac{V}{V_m},$$

$$V = nV_m,$$

$$V_m = \frac{V}{n}.$$

Обозначения: n — количество вещества; m — его масса; M — молярная масса; N — число частиц вещества; N_A — постоянная Авогадро; V — объем вещества; V_m — молярный объем.

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1};$$

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль} = 0,0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 22400 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

144. Сравните число молекул:

- а) в 0,001 кг водорода и 0,001 кг кислорода;
- б) в 1 л водорода и 1 л кислорода при нормальных условиях;
- в) в 1 моль водорода и 1 моль кислорода.

145. Выразите абсолютную массу одной молекулы углекислого газа в граммах.

146. Определите число молекул углекислого газа в 1 л воздуха, если его объемное содержание составляет 0,03 % при нормальных условиях.

147. Определите массу образца водорода, число молекул водорода в котором такое же, как число атомов в слитке золота массой 1 кг.

148. Образец вещества массой 5,6 г содержит $6,02 \cdot 10^{22}$ молекул. Определите молярную массу вещества.

149. Рассчитайте, какой объем при нормальных условиях занимают: а) 100 молекул кислорода; б) $13,44 \cdot 10^{23}$ молекул кислорода.

150. Рассчитайте, какой объем занимает при нормальных условиях смесь, состоящая из 1,44 моль кислорода, 1,83 моль азота, 1,13 моль диоксида углерода и 0,60 моль диоксида серы.

151. Баллон со сжатым водородом вмещает 0,5 кг водорода. Рассчитайте, какой объем занимает это количество водорода:

- а) при 0°C и $1,013 \cdot 10^5$ Па;
- б) при 25°C и $1,013 \cdot 10^5$ Па;
- в) при 25°C и $2,026 \cdot 10^5$ Па.

152. Рассчитайте, какое количество вещества содержит при нормальных условиях: а) 1 л; б) 1 м^3 любого газа или любой смеси газов.

153. Вычислите количество веществ, содержащихся в 1 м^3 воздуха при нормальных условиях, если состав воздуха (в объемных долях) — 78 % N_2 , 21 % O_2 , 1 % Ar. Какова масса воздуха при этих условиях?

154. Какое количество вещества водорода может быть получено при разложении 112 м^3 метана (н. у.)? Какой объем займет при н. у. выделившийся водород?

155. Средняя молярная масса воздуха 29 г / моль. Чему равна молярная масса воздуха, содержащего 5 % по объему водяных паров?

156. Сколько лет потребуется, чтобы пересчитать количество молекул, содержащееся в 1 литре воздуха (н. у.), если отсчитывать по 1 молекуле за секунду?

13. Плотность и относительная плотность газа

Основные расчетные формулы

Плотность газа	$\rho = \frac{m}{V},$	
	$\rho = \frac{M}{V_m},$	$V_m = 22,4 \text{ л/моль (н.у.)}$
Относительная плотность газа	$D_{H_2} = \frac{M(\text{газ})}{M(H_2)},$	$M(H_2) = 2 \text{ г/моль},$
	$D_{\text{возд.}} = \frac{M(\text{газ})}{M(\text{возд.})},$	$M(\text{возд.}) = 29 \text{ г/моль}.$

157. Во сколько раз легче или тяжелее воздуха: а) водяные пары; б) углекислый газ; в) сероводород; г) гелий?

158. Какие из перечисленных ниже газов при выпуске в воздух поднимаются вверх, а какие — опускаются вниз: бурый газ NO_2 , сернистый газ SO_2 , метан CH_4 , водород H_2 , хлор Cl_2 ?

159. Относительная плотность некоторого газа по водороду равна 14. Рассчитайте его плотность по воздуху.

160. Какой из двух газов — водород или гелий — вы выберете для того, чтобы наполнить им воздушный шар? Как изменится грузоподъемность воздушного шара при замене водорода на гелий? Какой из газов — водород или гелий — легче и во сколько раз? Почему воздушные шары заполняют гелием?

161. Вычислите молярные массы: а) метана, плотность по кислороду равна 0,5; б) ацетилена, плотность по водороду равна 13; в) пропана, плотность по воздуху равна 1,52.

162. «Гелиевый воздух» представляет собой смесь одного объема кислорода и четырех объемов гелия, используется он в медицине, а также применяется водолазами при работе на глубине. Вычислите относительную плотность «гелиевого воздуха» по «обычному воздуху». Какой воздух легче?

163. Объемные доли водорода и кислорода в смеси составляют соответственно 23 и 77 %. Определите среднюю плотность этой смеси по водороду.

164. При нормальных условиях масса 500 мл газа равна 1,806 г. Определите:

- а) плотность газа при нормальных условиях;
- б) молярную массу газа;
- в) относительную плотность газа по воздуху.

165. Относительная плотность газа по водороду равна 22. Вычислите:

- а) массу 1 л газа при нормальных условиях;
- б) объем газа массой 8,8 г при нормальных условиях.

166. Рассчитайте, какой объем (в литрах) занимают:

- а) 1 кг водяного пара, плотность которого $0,0005977 \text{ г/см}^3$ при 100°C и $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$;
- б) 1 кг «жидкой воды», плотность которой $0,99987 \text{ г/см}^3$ при 0°C и $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$;
- в) 1 кг льда, плотность которого $0,9168 \text{ г/см}^3$ при 0°C и $1,03 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

167. Масса $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ газа при н. у. равна 1,518 г. Определите плотность газа по воздуху, диоксиду углерода, гелию и его молекулярную массу.

168. Средняя плотность по воздуху газовой смеси, состоящей из водорода и гелия, равна 0,0862. Вычислите объемные доли гелия и водорода в смеси.

169. Установите химическую формулу газообразного соединения фосфора, если плотность его паров составляет 1,518 г/л (н. у.).

14. Вычисления с использованием постоянной Авогадро

170. Вычислите объем, приходящийся на один атом меди в ее кристаллической решетке, если плотность меди $8,920 \text{ г/см}^3$.

171. Выразите абсолютную массу одного атома меди в граммах и килограммах.

172. Во сколько раз абсолютная масса одного атома меди больше абсолютной массы одного атома кислорода?

173. Экспериментально установлено, что при нормальных условиях в 22,4 л диоксида углерода содержится молекул больше, чем $6,02 \cdot 10^{23}$. Объясните, почему.

174. Плотность сухого льда (твердый диоксид углерода) равна $1,56 \text{ г/см}^3$. Рассчитайте:

- а) его молярный объем;
- б) объем, приходящийся на одну молекулу.

175. Плотность углекислого газа при нормальных условиях равна $1,977 \text{ г/л}$. Рассчитайте:

- а) его молярный объем;
- б) объем, приходящийся на одну молекулу CO_2 .

176. Кристаллы металлической меди имеют кубическую элементарную ячейку, в которой находятся четыре атома меди, объем ячейки равен $4,7 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3$. Плотность меди $8,920 \text{ г/см}^3$, а молярная масса ее атомов — $63,546 \text{ г/моль}$. Вычислите на основе этих данных постоянную Авогадро.

177. Объемная доля радона Rn в воздухе оценивается величиной $6 \cdot 10^{-18} \%$. В каком объеме воздуха содержится одна молекула радона при нормальных условиях?

178. Заряд 1 моль электронов принимают равным 1 F (один Фарадей). Рассчитайте значение 1 F, если заряд электрона равен $1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

179. Термин «молярная величина» означает величину, отнесенную к 1 моль вещества, например, молярная масса, молярный объем, молярная теплоемкость. Как перейти от энергии 1 частицы к энергии 1 моль частиц? Запишите значение энергии $3,37 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ в кДж/моль.

180. Вычислите, в какой массе воды и в какой массе кислорода содержится по 10^{25} молекул. Дополните условие задачи так, чтобы можно было рассчитать, в каких объемах кислорода и воды содержится по 25 молекул. Приведите расчет.

181. Газ, масса которого равна $2,59 \text{ г}$, занимает объем 2 л . Дополните условие таким образом, чтобы можно было вычислить молярную массу газа. Произведите расчет.

182. Допустимая концентрация винилхлорида $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ на химическом предприятии равна $2,05 \cdot 10^{-6} \text{ г/л}$. Сколько молекул винилхлорида содержится в одном литре воздуха при такой концентрации. Какое количество вещества винилхлорида содержится в одном литре воздуха?

183

15. Газовые законы

Газовые законы	Расчетные формулы
Закон Бойля — Мариотта	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$ (при постоянных T и n)
Закон Гей-Люссака	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ (при постоянных P и n)
Закон Авогадро	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$ (при постоянных P и T)
Закон Шарля	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$ (при постоянных V и n)
Объединенный газовый закон	$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$
Уравнение Менделеева — Клапейрона	$PV = \frac{m}{M} RT$
Уравнение состояния идеального газа	$PV = nRT$

Обозначения: V — объем; P — давление; T — температура; n — количество вещества; m — масса вещества; M — молярная масса вещества; R — универсальная газовая постоянная,
 $R = 8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} = 0,08205 \text{ л} \cdot \text{атм/(К} \cdot \text{моль)}$.

Нормальные условия: 0°C и $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Нормальное давление: $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} = 1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт. ст.}$

Полезные соотношения между единицами физических величин:

$1 \text{ дм}^3 = 1 \text{ л} = 1000 \text{ мл} = 10^{-3} \text{ м}^3$;
 $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2 = 1 \text{ Дж/м}^3$;
 $1 \text{ моль/м}^3 = 10^{-3} \text{ моль/л}$;
 $RT = 2,4789 \text{ кДж/моль}$ (при 298 K).

183. Как изменится объем определенного количества газа при увеличении давления от $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ до $2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (температура при этом остается постоянной)?

184. Как изменится объем определенного количества газа при нагревании от 20 до 40°C при постоянном давлении?

185. Образец газа при 0°C занимает объем 22,4 л. Какой объем он будет занимать: а) при 25°C ; б) 50°C ; в) 100°C (давление газа остается постоянным)?

186. Образец газа при 0°C и давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па занимает объем 22,4 л. Какой объем он будет занимать: а) при 25°C и $1,52 \cdot 10^5$ Па; б) 50°C и $2,53 \cdot 10^5$ Па; в) 100°C и $1,013 \cdot 10^6$ Па?

187. Водяной пар при 100°C и давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па занимает объем 200 см^3 . Приведите его объем к нормальным условиям.

188. Объем резиновой камеры автомобильной шины равен $0,025\text{ м}^3$, давление в ней $5,0665 \cdot 10^5$ Па. Определите массу воздуха, находящегося в камере при 20°C .

189. Определите молярную массу газа, если его образец массой $0,750\text{ г}$ при 20°C и $0,989 \cdot 10^5$ Па занимает объем 4,62 л. Назовите газ.

190. Рассчитайте плотность газообразного XeF_6 :

а) при нормальных условиях;

б) при 25°C и $0,962 \cdot 10^5$ Па.

191. Какое давление создают $5,0 \cdot 10^{13}$ молекул идеального газа в объеме 1,000 мл при 0°C ?

192. Рассчитайте, какой объем (в литрах) занимают:

а) 1 кг водяного пара при 100°C и $1,013 \cdot 10^5$ Па;

б) 1 кг метана при 25°C и $1,013 \cdot 10^5$ Па.

193. Объем резиновой камеры автомобильной шины равен $0,040\text{ м}^3$. Какое давление в ней создается, если при 17°C масса находящегося в ней воздуха равна 160 г?

194. Какой объем занимает 1 моль водяного пара при температуре кипения (100°C) и давлении 101,3 кПа?

195. Определите состав газовой смеси, состоящей из азота и водорода, если при температуре 127°C и давлении 10 атм ее плотность составляет $1,28\text{ г/л}$.

16. Массовые доли химических элементов в соединениях

Основные расчетные формулы

Понятие	Формула	Единица измерения
Массовая доля элемента А в химическом соединении A_aB_b	$w(A) = \frac{aM(A)}{M(A_aB_b)}$	Доли единицы, проценты
Массовая доля элемента В в химическом соединении A_aB_b	$w(B) = \frac{bM(B)}{M(A_aB_b)}$	Доли единицы, проценты
	$w(A) + w(B) = 1 (100\%)$	

196. Сравните массовые доли водорода в соединениях H_2O , NH_3 и CH_4 .

197. Рассчитайте массовые доли кислорода в оксидах серы SO_2 и SO_3 .

198. Рассчитайте массовые доли (в процентах) элементов в солях $Na_2S_2O_3$ и Na_2SO_4 .

199. Рассчитайте массовую долю азота (в процентах) в нитрате аммония.

200. Рассчитайте содержание K_2O (в процентах) в гидроксиде калия.

201. Рассчитайте содержание P_2O_5 (в процентах) в гидрофосфате калия.

202. Рассчитайте содержание H_2O (в процентах) в железном купоросе $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

203. Обыкновенное стекло представляет собой сплав оксидов $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$. Рассчитайте содержание оксидов Na_2O , CaO и SiO_2 в стекле. Какая масса оксида кремния требуется для выплавки 10 кг стекла?

204. По данным химического анализа в сульфиде алюминия содержится 36 % Al и 64 % S. Рассчитайте массу алюминия и массу серы, которые содержатся в образце сульфида алюминия массой 0,75 г.

205. Рассчитайте массу марганца, который можно получить из 500 г смеси, состоящей из оксидов марганца Mn_2O_3 (массовая доля 80 %) и MnO_2 (массовая доля 20 %).

206. Определите химическую формулу вещества, если его состав таков: $w(Cu) = 25,48\%$; $w(S) = 12,82\%$; $w(O) = 25,64\%$; $w(H_2O) = 36,06\%$.

207. Минерал содержит 6 % $Mg(CrO_2)_2$ и 94 % $Fe(CrO_2)_2$. Определите массовую долю хрома в минерале. Какая масса хрома содержится в 1 т минерала?

208. Степень окисления элемента Y в оксиде +4. Массовая доля кислорода в оксиде составляет 11,85 %. Определите атомную массу элемента. Запишите формулу оксида.

17. Определение химической формулы вещества по данным о его количественном составе

Основные расчетные формулы

Отношение нижних индексов в формуле химического соединения:

$$a : b = n(A) : n(B)$$

$$a : b = \frac{m(A)}{A_r(A)} : \frac{m(B)}{A_r(B)}$$

$$a : b = \frac{w(A)}{A_r(A)} : \frac{w(B)}{A_r(B)}$$

209. Определите формулу* вещества, в состав которого входят элементы в следующем отношении масс:

* Для неорганических соединений по данным количественного анализа определяют эмпирические формулы; в учебной литературе их называют также простейшими формулами. Поскольку для неорганических соединений истинные формулы, как правило, совпадают с эмпирическими, нет необходимости использовать эти термины.

- а) $m(\text{Ca}) : m(\text{S}) = 5 : 4$;
б) $m(\text{P}) : m(\text{O}) = 31 : 40$;
в) $m(\text{Ca}) : m(\text{N}) : m(\text{O}) = 10 : 7 : 24$.

210. В фосфиде кальция массой 3,62 г содержится 2,4 г кальция. Определите формулу соединения.

211. В оксиде хлора массой 3,66 г содержится 1,42 г хлора. Определите формулу оксида хлора.

212. Химический анализ образца органического вещества массой 3,16 г показал, что в его состав входят 0,92 г углерода, 0,12 г водорода, 0,8 г кальция, остальное — кислород. Составьте формулу соединения.

213. Определите формулу вещества, в котором массовые доли железа и кислорода равны соответственно 0,724 и 0,276.

214. Определите формулу карбида алюминия, если массовая доля алюминия 75 %.

215. Определите формулу вещества, содержащего по данным химического анализа 43,4 % натрия, 11,3 % углерода и 45,3 % кислорода.

216. Определите формулу минерала криолита ($x\text{NaF} \cdot y\text{AlF}_3$), в котором массовые доли NaF и AlF_3 равны соответственно 60 и 40 %.

217. Определите формулу кристаллогидрата, в котором массовые доли кальция, хлора и воды равны соответственно 18,2; 32,4 и 49,4 %.

218. Два элемента — элемент группы IA и группы IVA образуют соединения с водородом, в каждом из которых массовая доля водорода составляет 12,5 %. Какие это элементы?

219. Относительная молекулярная масса оксида фосфора приблизительно равна 280. Согласно данным количественного анализа, это соединение содержит 56,4 % кислорода. Определите точное значение молекулярной массы оксида и запишите его химическую формулу.

220. Используя данные количественного анализа, определите формулы минералов и укажите их названия.

Минерал	Массовая доля элемента (%)		
	Cu	Fe	S
1	79,5	—	20,5
2	—	60,5	39,5
3	34,64	30,42	34,94

221. Определите формулу соединения, используемого в качестве удобрения и содержащего 24,24 % серы, если известно, что атомное отношение в нем кислорода к водороду и кислорода к азоту равно соответственно 1 : 2 и 2 : 1.

18. Определение истинной формулы вещества на основе эмпирической формулы и данных о плотности его паров

222. Определите, сколько атомов серы содержится в молекуле серы при 500 и 1160 °С, если относительные плотности паров серы по воздуху при этих температурах соответственно равны 6,55 и 2,2.

223. При полном сгорании 3,8 г вещества, в состав которого входят углерод и сера, образовались 2,2 г диоксида углерода и диоксид серы, относительная плотность которого по водороду равна 38. Определите формулу вещества.

224. Определите истинную формулу* углеводорода, массовая доля углерода в котором составляет 0,857; относительная плотность его паров по воздуху равна 1,45.

225. Определите истинную формулу вещества, содержащего по массе 82,8 % углерода и 17,2 % водорода; плотность вещества при нормальных условиях равна 2,59 г/л.

* Для органических соединений истинные формулы часто отличаются от эмпирических. В учебной литературе под истинными подразумевают молекулярные формулы.

226. Определите истинную формулу углеводорода, при сжигании 2,1 г которого получили 6,6 г диоксида углерода и 2,7 г воды; относительная плотность его паров по воздуху равна 2,90.

227. Массовая доля углерода в веществе составляет 51,89 %, хлора — 38,38 %, остальное — водород. Относительная плотность паров этого вещества по воздуху равна 3,19. Определите истинную формулу вещества.

228. При сгорании 2,3 г органического вещества в избытке кислорода образуется 4,4 г диоксида углерода и 2,7 г воды. Относительная плотность паров этого вещества по водороду равна 23. Из каких элементов состоит вещество? Определите его формулу.

229. При полном сгорании 4,5 г органического вещества образовалось 4,48 л углекислого газа, 1,12 л азота и 6,3 мл воды (объемы приведены к н. у.). Определите формулу этого вещества, если известно, что относительная плотность его паров по водороду равна 22,5.

230. При сжигании 1,64 г неизвестного органического вещества в избытке кислорода получили 1,12 л углекислого газа, 1,26 мл воды (объемы приведены к н. у.), а в трубке для сжигания осталось 1,06 г несгораемого остатка, представляющего собой карбонат натрия. Выскажите предположения о строении органического вещества.

231. Неизвестное органическое вещество по данным количественного анализа имеет состав: 40 % С, 53,3 % О, 6,7 % Н. При температуре 18 °С и давлении 0,83 кПа это вещество массой 15 г занимает объем 14,9 л. Определите истинную формулу вещества.

232. Газовая смесь состоит из двух оксидов, содержащих соответственно 57,14 и 53,83 % кислорода (по массе). Плотности оксидов по воздуху равны 0,9655 и 1,034. Плотность газовой смеси по водороду равна 14,5. Какие оксиды входят в состав смеси? Каков состав смеси (в объемных долях).

233. Найдите молекулярную формулу газообразного углеводорода, если известно, что он в 2 раза тяжелее воздуха, а содержание в нем углерода составляет 81,82 %.

234. Определите молекулярную массу и молекулярную формулу озона, если плотность по водороду смеси, состоящей из 25 % озона и 75 % кислорода, равна 18.

19. Количественный состав смесей

Основные расчетные формулы

Понятие	Формула	Единица измерения
Массовая доля компонента А в смеси веществ А, В, С, ...	$w(A) = \frac{m(A)}{m(A) + m(B) + m(C) + \dots}$ $w(A) + w(B) + \dots = 1 (100\%)$	Доли единицы, проценты
Объемная доля компонента А в смеси веществ А, В, С, ...	$\varphi(A) = \frac{V(A)}{V(A) + V(B) + V(C) + \dots}$ $\varphi(A) + \varphi(B) + \dots = 1 (100\%)$	Доли единицы, проценты

235. По данным астрофизиков, химические составы атмосферы Венеры и Земли существенно отличаются.

Компоненты воздуха	Объемные доли, %	
	Венера	Земля
Азот	2	78
Кислород	~0	21
Углекислый газ	97	0,03
Другие газы	1	0,94

Рассчитайте объем вашей комнаты. Определите состав воздуха в комнате (в м^3) в двух случаях: а) вы живете на Земле; б) вы живете на Венере.

236. В настоящее время в мире производится приблизительно по 50 млн т азота и кислорода. Из какого объема воздуха их получают?

237. Рассчитайте массу меди, содержащейся:

- а) в 500 г бронзы (сплав 90 % Cu и 10 % Sn);
- б) 900 г латуни (сплав 50 % Cu и 50 % Zn).

238. Элементы, обнаруживаемые в биологических системах в очень небольших количествах, называются микроэлементами. Среднее содержание микроэлементов в организме взрослого человека составляет: фтор — 2,6 г, цинк — 2,3 г, медь — 0,072 г, йод — 0,013 г, марганец — 0,012 г, хром — 0,002 г, кобальт — 0,0015 г.

Рассчитайте массовые доли элементов в организме взрослого человека, масса которого равна 70 кг.

239. В 1 м^3 морской воды содержится $5 \cdot 10^{-5}$ г золота. Рассчитайте, какой объем воды следует переработать, чтобы извлечь из нее 1 кг золота. Вы согласились бы возглавить такое производство?

240. В 1 м^3 морской воды содержится 0,06 г йода. Оцените, какой объем воды следует переработать, чтобы извлечь из нее йод, необходимый для приготовления 50 мл йодной настойки. Йодная настойка, которую можно купить в аптеке, представляет собой 5%-й раствор йода в этиловом спирте. Плотность спирта равна $0,7893 \text{ г/см}^3$ при 20°C .

241. В результате очистки сырья массовая доля примесей в нем уменьшается от 20 % в исходном сырье до 5 % в очищенном. Какую массу исходного сырья следует взять для того, чтобы получить 160 кг очищенного сырья?

242. Руда содержит 40 % примесей, а выплавляемый из нее металл — 4 % примесей. Рассчитайте массу металла, которую можно получить из 24 т руды.

243. Из 40 т руды выплавляли 20 т металла, содержащего 6 % примесей. Рассчитайте массовую долю примесей в исходной руде.

244. Образец сплава меди и золота массой 1 кг поместили в емкость, полностью заполненную водой. Объем воды, которую вытеснил образец из емкости, оказался равным $70,77 \text{ см}^3$. Определите массовые доли золота и меди в сплаве. Плотность чистого золота равна $19,30 \text{ г/см}^3$, меди — $8,96 \text{ г/см}^3$.

245. Масса твердого остатка после восстановления водородом $15,2 \text{ г}$ смеси FeO и CuO составляет $12,0 \text{ г}$. Вычислите состав смеси оксидов.

246. Определите состав (в объемных %) смеси оксида и диоксида углерода, если при пропускании 5 л смеси газов (н.у.) через раствор гидроксида натрия масса последнего увеличилась на $5,9 \text{ г}$.

247. Смесь хлоридов натрия и аммония массой 20 г обработали избытком раствора нитрата серебра. Образовалось $51,34 \text{ г}$ белого осадка. Определите состав смеси.

20. Количественный состав растворов

Основные расчетные формулы

Масса раствора	$m(\text{раствор}) = \rho \cdot V(\text{раствор})$
Объем раствора	$V(\text{раствор}) = \frac{m(\text{раствор})}{\rho}$
Плотность раствора	$\rho = \frac{m(\text{раствор})}{V(\text{раствор})}$
Массовая доля растворенного вещества А в растворе	$w(A) = \frac{m(A)}{m(\text{раствор})}$ $w(A) = \frac{m(A)}{\rho V(\text{раствор})}$

248. Рассчитайте массовую долю азотной кислоты в растворе, 1 л которого содержит 224 г HNO_3 ; плотность раствора 1,12 г/л.

249. Для приготовления 500 мл раствора гидроксида калия, используемого для заполнения щелочных аккумуляторов, взяли 141 г гидроксида калия и 464 г воды. Определите массовую долю и плотность полученного раствора.

250. Определите массу борной кислоты, которую нужно растворить в 1 л воды, чтобы получить раствор с массовой долей кислоты 3 %.

251. Определите массу воды, в которой нужно растворить 2 г натриевой селитры NaNO_3 , чтобы получить раствор для полива комнатных растений с массовой долей селитры 0,1 %.

252. К раствору гидрокарбоната натрия (масса раствора — 200 г, массовая доля гидрокарбоната — 10 %) добавили 5 г гидрокарбоната натрия. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

253. Определите объем воды, необходимый для растворения 27,8 г железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ для того, чтобы приготовить раствора сульфата железа FeSO_4 с массовой долей 10 %.

254. До какого объема нужно разбавить 500 мл раствора хлорида натрия с массовой долей 20 % ($\rho = 1,15 \text{ г/мл}$), чтобы получить раствор с массовой долей 4,5 % ($\rho = 1,03 \text{ г/мл}$)?

255. Выпарили 100 г воды из 400 г раствора соли с массовой долей 50 %. Определите массовую долю соли в растворе после выпаривания.

256. При осторожном упаривании 120 г раствора хлорида кальция с массовой долей 16 % было получено 37,9 г его кристаллогидрата $\text{CaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Определите формулу кристаллогидрата.

257. Необходимо приготовить 1 кг раствора соли с массовой долей 20 %. Какая масса кристаллогидрата и воды потребуется для этого, если известно, что в 239,5 г кристаллогидрата соли содержится на 79,5 г больше, чем воды?

258. Сравните массовые доли растворенного вещества в двух растворах, если известно: а) что в 100 г раствора А содержится 10 г растворенного вещества, а раствор В содержит 100 г растворенного вещества в 1000 г воды; б) при выпаривании 20 г раствора В удаляется 19,8 г воды, а при выпаривании 30 г раствора Г на дне стакана остается 0,3 г соли.

259. Для медицинских целей чаще всего применяют водные или водно-спиртовые растворы. Поскольку плотность и воды, и спирта близка к 1 г / мл, измеряют объем, а не массу растворителя.

а) Как приготовить 40 мл 2%-го раствора сахара?

б) Как приготовить 50 мл 3%-го раствора борной кислоты?

260. Разбавленный раствор некоторого вещества содержит 99 % воды. Раствор оставили открытым в жарком помещении, и через некоторое время содержание воды стало составлять 98 %. Во сколько раз уменьшилась масса раствора?

21. Смешивание растворов

Основные расчетные формулы

Правило креста

$$\begin{array}{ccc}
 w_1 & & w_3 - w_2 \\
 & \swarrow \quad \searrow & \\
 & w_3 & \\
 & \swarrow \quad \searrow & \\
 w_2 & & w_1 - w_3
 \end{array}
 \quad \left| \quad \begin{array}{l} m_1 \\ m_2 \end{array} \right.
 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{w_3 - w_2}{w_1 - w_3}$$

261. Смешали два раствора массой m_1 с массовой долей растворенного вещества w_1 и массой m_2 с массовой долей растворенного вещества w_2 . Получили раствор с массовой долей растворенного вещества w_3 . Как относятся между собой массы исходных растворов m_1/m_2 ?

262. К раствору массой 160 г с неизвестной массовой долей соли добавили 80 г воды. Вычислите массовую долю соли в исходном растворе, если после разбавления она равна 20 %.

263. Определите массовую долю кислоты в растворе, который получили смешиванием 200 г раствора с массовой долей кислоты 15 % и 400 г раствора с массовой долей кислоты 24 %.

264. В лаборатории имеются растворы серной кислоты с массовыми долями 8 и 76 % соответственно. Как из них приготовить раствор с массовой долей кислоты 42 %?

265. Определите массы 10%-го и 90%-го растворов уксусной кислоты, необходимые для приготовления 500 г 30%-го раствора.

266. Какое наибольшее количество столового уксуса (3%-й раствор уксусной кислоты) можно получить из 200 г 90%-го раствора уксусной кислоты?

267. Нужно приготовить 500 г столового уксуса (3%-й раствор уксусной кислоты). Какое количество 90%-го раствора уксусной кислоты следует взять для этого?

268. Какую массу пресной воды необходимо добавить к морской воде, чтобы уменьшить массовую долю соли в ней: а) в 2 раза; б) в 2,5 раза?

269. Как изменится массовая доля (в %) соли в растворе, если к 200 г раствора добавить 300 г воды?

270. В трех сосудах содержится по 100 г растворов кислоты: в первом массовая доля кислоты 70, во втором — 60, в третьем — 30 %. Смешивая эти растворы, нужно получить 250 г раствора кислоты. Какую наибольшую и наименьшую концентрации может иметь полученный раствор? Как получить 250 г 55%-й кислоты?

271. Вычислите массовую долю гидроксида натрия в растворе, полученном при смешивании 200 г раствора с $w(\text{NaOH}) = 15\%$ и 300 г раствора с $w(\text{NaOH}) = 10\%$.

272. В 250 г раствора карбоната натрия с массовой долей растворенного вещества 0,04 растворили 20 г кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Какова массовая доля карбоната натрия в полученном растворе?

273. Какие массы растворов хлороводорода с массовыми долями $w_1 = 12\%$ и $w_2 = 28\%$ нужно смешать для получения 480 г раствора с массовой долей 22 %?

22. Концентрация вещества в растворе

Основные расчетные формулы

Способы выражения состава раствора	Формула	Единица измерения
Массовая доля растворенного вещества А, $w(A)$	$w(A) = \frac{m(A)}{m(\text{раствор})},$ где $m(A)$ — масса вещества А; $m(\text{раствор})$ — масса раствора	Доли единицы (или проценты)
Молярная доля растворенного вещества А, $\chi(A)$	$\chi(A) = \frac{n(A)}{n(A) + n(B)},$ где $n(A)$ — количество вещества А; $n(B)$ — количество вещества растворителя В	Доли единицы (или проценты)
Молярная доля растворителя В, $\chi(B)$	$\chi(B) = \frac{n(B)}{n(A) + n(B)}, \quad \chi(A) + \chi(B) = 1$	Доли единицы (или проценты)
Молярная концентрация растворенного вещества А, $c(A)$ (устар. — молярность)	$c(A) = \frac{n(A)}{V} = \frac{m(A)}{M(A) \cdot V},$ где $M(A)$ — молярная масса А; V — объем раствора	моль/л (устар. — М)
Молярная концентрация эквивалентов вещества А $c_e(A)$, (устар. — нормальность)	$c_e(A) = \frac{n_e(A)}{V(\text{раствор})} = \frac{m(A)}{M_e(A) \cdot V(\text{раствор})},$ где $n_e(A)$ — количество вещества эквивалентов; $M_e(A)$ — молярная масса эквивалентов.	моль/л (устар. — н.)

274. В 500 мл воды растворили 15,46 г гидроксида натрия. Плотность полученного раствора 1,032 г/мл. Определите: а) массовую долю гидроксида натрия в полученном растворе; б) молярную концентрацию гидроксида натрия в полученном растворе.

275. Определите: а) массовую долю; б) молярную концентрацию насыщенного при 20 °С раствора хлорида калия, растворимость которого при данной температуре равна 34 г; плотность насыщенного раствора 1 г/мл.

276. Определите молярную концентрацию 47,7%—го раствора фосфорной кислоты H_3PO_4 ; плотность раствора 1,315 г/мл.

277. Определите массовую долю (в %) раствора хлороводородной кислоты; плотность раствора 1,01 г/мл, молярная концентрация хлороводорода 0,1 моль/л.

278. Вычислите, какой объем 96%—го раствора серной кислоты (плотность раствора 1,836 г/мл) нужно взять для того, чтобы приготовить 0,5 л раствора, молярная концентрация кислоты в котором 0,2 моль/л.

279. Вычислите молярную концентрацию раствора, который получили после разбавления водой 24,8 мл раствора с массовой долей хлороводорода 37 % (плотность раствора 1,19 г/мл) до объема 1,5 л.

280. Определите объем соляной кислоты с молярной концентрацией хлороводорода 1,0 моль/л, который нужно добавить к 100 мл раствора с молярной концентрацией хлороводорода 0,1 моль/л для того, чтобы получить раствор с молярной концентрацией 0,25 моль/л.

281. Вычислите молярные доли глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ и воды в растворе с массовой долей глюкозы 36 %.

282. Молярная концентрация сульфата меди в растворе равна 0,7 моль/л; плотность раствора 1,107 г/мл. Вычислите массовую долю сульфата меди в растворе.

283. В аналитической химии широко использовали и продолжают использовать понятие «титр раствора». Титр раствора показывает массу растворенного вещества в граммах, содержащуюся в 1 мл раствора. Определите титр раствора гидроксида калия с молярной концентрацией 0,01 моль/л.

284. Какой объем раствора гидроксида натрия с массовой долей NaOH 20 % и плотностью 1,22 г/мл потребуется для приготовления 500 мл раствора с концентрацией NaOH 0,6 моль/л?

285. В медицине широко используется 0,85%—й раствор хлорида натрия (физиологический раствор). Вычислите: а) какая масса воды и соли потребуется для приготовления 2 кг физиологического раствора; б) какая масса соли вводится в кровь при инъекции 200 г такого раствора.

286. В одном объеме воды растворяется 700 объемов аммиака (при н. у.). Найдите массовую долю и молярную концентрацию аммиака в полученном растворе, плотность которого 0,88 г/мл.

23. Растворимость веществ

287. В 100 объемах воды растворяется при 0°C 4,8 объема кислорода и 2,4 объема азота. Определите растворимость (г/л) этих газов в воде.

288. Какова растворимость при 50°C сульфата калия, если при упаривании 460 г насыщенного при этой температуре раствора получено 60 г этой соли?

289. Какая масса воды потребуется для растворения при 30°C 250 г хлорида аммония, если его растворимость при этой температуре равна 41,4 г в 100 г воды.

290. Растворимость гидрокарбоната натрия при 20°C составляет 9,6 г на 100 г воды. Какова массовая доля этой соли в растворе?

291. Какая масса нитрата калия выкристаллизуется из раствора при охлаждении 500 г насыщенного при 90°C раствора (растворимость KNO_3 200 г на 100 г воды) до 30°C (растворимость KNO_3 46 г на 100 г воды)?

292. Растворимость хлорида натрия при 20°C составляет 36,0 г, а при 100°C — 39,8 г на 100 г воды. Какая масса соли выпадет в осадок при охлаждении 500 г раствора от 100 до 20°C ?

293. Растворимость сульфата железа (II) при 30°C равна 32,9 г в 100 г воды. Какую массу железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ следует взять для приготовления 5 кг насыщенного раствора?

294. Какая масса медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ выпадет в виде кристаллов при охлаждении до 20°C 500 г насыщенного при 100°C раствора сульфата меди? Растворимость сульфата меди при 100 и 20°C равна соответственно 75,5 г и 20,7 г на 100 г воды.

295. В каком количестве воды нужно растворить 125 г кристаллогидрата $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, чтобы получить насыщенный раствор, если растворимость MgSO_4 — 35,5 г в 100 г воды?

296. Растворимость хлора при 20°C составляет 0,716 г на 100 г воды. Какой объем газа растворится при этой температуре и давлении $101,33$ кПа в 5000 л воды?

297. Из воды и хлорида кальция приготовили насыщенный при 30°C раствор. Охлаждение его до 10°C привело к выпадению осадка кристаллогидрата $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ массой 21,9 г. Вычислите массы воды и безводной соли CaCl_2 , взятых для приготовления раствора,

если растворимость CaCl_2 составляет при 10 и 30 °C соответственно 65,0 и 102 г в 100 г воды.

298. Растворимость сероводорода равна 2,67 л на 1 л воды при температуре 20 °C и давлении 101,3 кПа. Вычислите массовую долю сероводорода в насыщенном водном растворе.

299. При охлаждении до 10 °C 200 г раствора нитрата свинца с массовой долей $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 36 % образовался осадок соли массой 10,2 г. Определите растворимость нитрата свинца при 10 °C.

24. Оксиды

300. Приведите примеры простых веществ, которые при контакте с кислородом воздуха образуют оксиды. Составьте уравнения реакций.

301. Составьте формулы оксидов K, Ag, Mg, B, Si, As, Cr, Os при условии, что высшая степень окисления элементов в них равна номеру группы Периодической таблицы элементов Д.И. Менделеева, в которой элемент находится.

302. Составьте формулы оксидов, исходя из содержания в них элементов:

- а) C — 27,3 %;
- б) N — 63,6 %;
- в) Fe — 70 %;
- г) Li — 46,7 %.

303. Составьте уравнения реакций взаимодействия с водой предложенных оксидов. Кислотные оксиды выделите подчеркиванием: MgO ; Li_2O ; SO_2 ; N_2O_4 .

304. Покажите, какие из предложенных оксидов могут реагировать между собой: Na_2O ; CaO ; SiO_2 ; Al_2O_3 ; P_2O_5 ; SO_3 ; PbO ; NO .

305. При восстановлении водородом оксида меди (I) получено 5,4 г воды. Какая масса оксида вступила в реакцию?

306. Карбонат кальция при нагревании разлагается, образуя два оксида. Какая масса оксида кальция и какой объем газа (н.у.) образуются при термическом разложении 1000 кг CaCO_3 ?

307. При прокаливании оксида меди (II) теряется половина кислорода, и образуется оксид меди (I). Какая масса оксида меди (II) была прокалена, если в результате образовалось 56 л кислорода (при н. у.)?

308. При действии щелочи на раствор нитрата серебра образуется осадок оксида серебра Ag_2O . Найдите массовую долю нитрата серебра в растворе, если при обработке 180 г его избытком щелочи образовалось 56,35 г осадка.

309. Состав глины часто выражают формулой в виде оксидов: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Какая масса алюминия может быть получена из 100 т глины?

310. Изобразите структурные формулы следующих оксидов:

а) CO , CO_2 , C_3O_2 ;

б) SO_2 , SO_3 ;

в) Cl_2O_7 .

311. Предложите способ разделения оксидов алюминия и магния, основываясь на различии химических свойств этих соединений.

312. Вольфрам можно получить, восстанавливая его оксид водородом; кремний — углеродом; бор — магнием; хром — алюминием. Составьте уравнения соответствующих реакций.

25. Основания. Кислоты

313. Какие из предложенных ниже оксидов могут вступать в реакцию с водой? Напишите уравнения возможных реакций.

K_2O ; Al_2O_3 ; CaO ; Li_2O ; SO_3 ; SiO_2 ; P_2O_5 ; Fe_2O_3 ; N_2O_5 ; CrO_3 .

314. Составьте формулы гидроксидов, если массовые доли составляют:

а) Fe — 52,3 %;

б) Mn — 61,8 %;

в) Sn — 77,7 %;

г) Be — 20,9 %.

315. Какую массу углекислого газа может поглотить 1 кг раствора с массовой долей гидроксида натрия 10 %?

316. При определенных условиях алюминий реагирует с водой с образованием гидроксида и выделением водорода. Какой объем за-

ймет водород (н. у.), выделившийся при взаимодействии с водой 5,4 г алюминия?

317. Предложите способ получения фосфорной кислоты из фосфора. Сколько фосфорной кислоты можно получить из 15,5 г фосфора?

318. Кислородсодержащие кислоты имеют состав:

а) Н — 2,2 %; Р — 34,9 %; О — 62,9 %;

б) Н — 4,8 %; В — 17,5 %; О — 77,7 %;

в) Н — 1,0 %; Cl — 35,3 %; О — 63,7 %.

Установите формулы кислот.

319. Составьте формулы кислородсодержащих кислот хлора со степенью окисления +1; +3; +5; +7.

320. Какие из предложенных ниже веществ могут взаимодействовать с соляной кислотой?

а) Mg; б) CuO; в) $\text{Zn}(\text{OH})_2$; г) SiO_2 ; д) Ag; е) Al; ж) AgNO_3 ;

з) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$. Составьте уравнения соответствующих реакций.

321. Сколько азотной кислоты можно получить при действии концентрированной серной кислоты на 10 кг натриевой селитры NaNO_3 ?

322. К раствору массой 200 г с массовой долей серной кислоты 8 % прилили раствор массой 50 г с массовой долей гидроксида натрия 12 %. Какую массу гидросульфата натрия можно выделить из полученного раствора?

323. Напишите структурные формулы следующих кислот: HClO , HClO_2 , HClO_3 и HClO_4 .

324. Напишите структурные формулы следующих кислот: HNO_3 , H_2CO_3 , H_3PO_4 .

325. Напишите структурные формулы кислот фосфора, исходя из предположения о пятивалентном фосфоре:

HPO_3 , H_3PO_4 и H_3PO_3 .

26. Связь между классами неорганических соединений

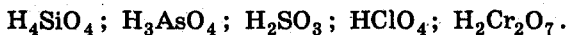
326. В два сосуда с голубым раствором медного купороса поместили: в первый — цинковую пластинку, а во второй — серебря-

ную. В каком сосуде цвет раствора постепенно пропадет? Запишите уравнение соответствующей реакции.

327. Как изменится масса цинковой пластинки, если ее поместить в раствор: а) сульфата меди (II); б) сульфата магния; в) нитрата свинца (II)? Запишите уравнения соответствующих реакций.

328. Приведите примеры реакций между средней солью, образованной металлом и кислородсодержащей кислотой, и оксидом этого же металла. В каких случаях такие реакции возможны?

329. Для указанных кислот запишите химические формулы их кислотных оксидов:

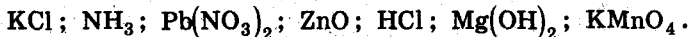


330. Запишите формулы оксидов, соответствующих гидроксидам: $\text{Fe}(\text{OH})_3$; $\text{Cu}(\text{OH})_2$; LiOH ; $\text{Mg}(\text{OH})_2$; $\text{Al}(\text{OH})_3$; H_2MnO_3 ; H_4SnO_4 .

331. Какие из указанных газов могут быть поглощены раствором щелочи? Составьте уравнения реакций.



332. Какие из перечисленных веществ могут реагировать с раствором серной кислоты?



Составьте уравнения реакций.

333. Что означает термин «амфотерность»? Приведите уравнения реакций, иллюстрирующих амфотерные свойства: а) оксида цинка ZnO ; б) гидроксида бериллия $\text{Be}(\text{OH})_2$.

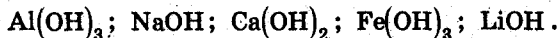
334. Составьте уравнения реакций, результатом которых является получение кислых солей натрия и кальция, образованных:

а) угольной кислотой;

б) ортофосфорной кислотой.

Назовите эти соли.

335. Укажите, какие из перечисленных гидроксидов могут образовывать основные соли. Приведите примеры основных солей и назовите их.



336. Кислород, применяемый в аппаратах искусственного дыхания, часто содержит углекислый газ. Можно ли очистить такой

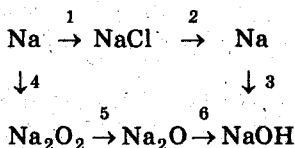
кислород, пропуская его через трубку, заполненную: а) негашеной известью; б) гашеной известью. Ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций.

337. Объясните, почему солевой состав воды остается практически неизменным, в то время как реки ежегодно вносят в океан около 1,5 млн тонн гидрокарбоната кальция?

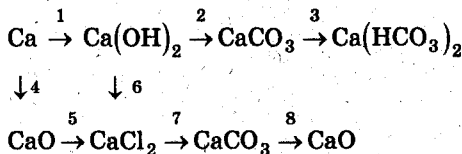
338. В двух пробирках без надписей находятся растворы сульфата алюминия и гидроксида натрия. Как распознать вещества, не используя никаких других реактивов?

27. Взаимные превращения неорганических веществ

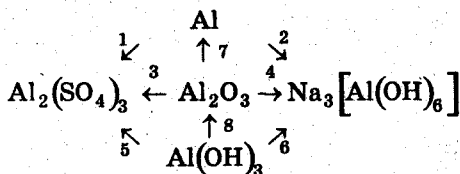
339. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



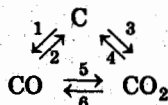
340. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



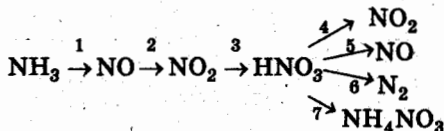
341. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



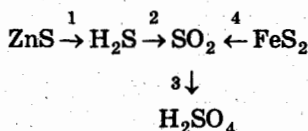
342. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



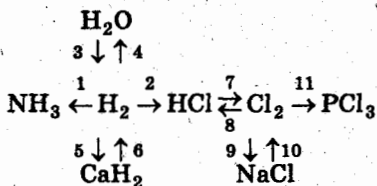
343. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



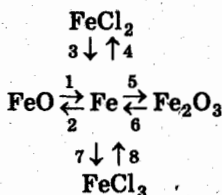
344. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



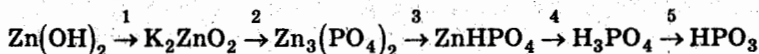
345. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



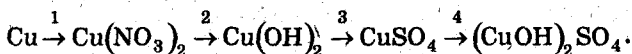
346. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



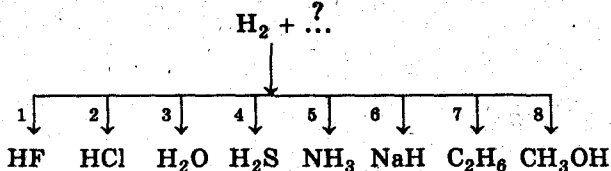
347. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



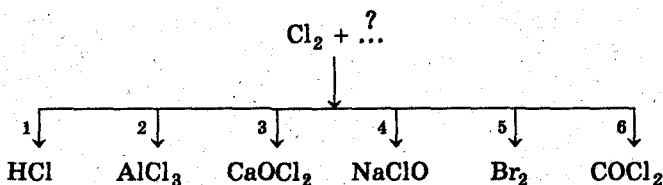
348. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



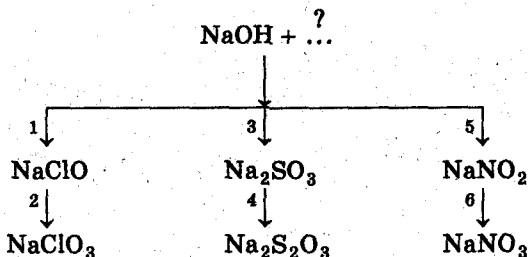
349. Составьте уравнения следующих превращений и укажите условия их осуществления.



350. Составьте уравнения следующих превращений и укажите условия их осуществления.



351. Составьте уравнения следующих превращений и укажите условия их осуществления.



28. Электролитическая диссоциация

352. Составьте уравнения электролитической диссоциации кислот: азотной HNO₃; серной H₂SO₄; фосфорной H₃PO₄; угольной H₂CO₃.

353. Составьте уравнения электролитической диссоциации оснований: гидроксида натрия NaOH ; гидроксида калия KOH ; гидроксида бария $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

354. Напишите уравнения электролитической диссоциации солей: хлорида калия KCl ; нитрата магния $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$; сульфата меди CuSO_4 ; сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

355. Представьте в виде уравнений последовательные ступени диссоциации мышьяковой кислоты H_3AsO_4 и сероводорода в водном растворе.

356. В 0,5 л раствора хлорида калия содержится 11,50 г этой соли. Какие ионы и в каких молярных концентрациях находятся в растворе?

357. Рассчитайте концентрацию ионов в растворе сульфата алюминия, концентрация которого 1 моль/л.

358. В 2 л раствора содержится 11,2 л хлороводорода (н. у.) и 58,5 г хлорида натрия. Какие ионы и в каких концентрациях присутствуют в растворе?

359. После растворения в воде трех солей раствор содержит 0,4 моль SO_4^{2-} , 0,1 моль ионов Cl^- , 0,4 моль ионов K^+ , 0,5 моль ионов Na^+ . Предложите возможный состав солевой смеси.

360. В каком из растворов объемом 1 л содержится большее число ионов: 0,3 моль/л раствора Na_3PO_4 или 0,4 моль/л раствора CuSO_4 ?

361. Какие частицы и в каком количестве содержатся в растворе, содержащем в 1 литре 10,4 г хлорида бария и 11,7 г хлорида натрия?

362. Из четырех химических элементов — калий, сера, кислород и водород — составьте формулы трех кислот, трех средних солей и трех кислых солей. Запишите их уравнения диссоциации на ионы.

363. Из четырех элементов — алюминий, хлор, кислород и водород — составьте формулы одного основания, двух основных солей и одной средней соли. Запишите уравнения диссоциации солей.

364. Какие ионы образуются при диссоциации следующих солей:

а) $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$; б) $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$; в) $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$; г) CaOCl_2 ?

29. Степень диссоциации

365. Концентрация ацетат-ионов в 0,1 моль/л растворе уксусной кислоты равна 0,014 моль/л. Определите степень диссоциации кислоты.

366. Степень диссоциации некоторого слабого электролита НУ равна 33 % при концентрации его в растворе 0,6 моль/л. Вычислите концентрации ионов и молекул в растворе.

367. Какая масса водорода находится в виде ионов в 5 л 0,1 моль/л раствора хлороводородной кислоты, степень диссоциации которой 90 %?

368. При какой молярной концентрации муравьиной кислоты степень диссоциации составит 2,6 %, если концентрация ионов водорода при этом $8 \cdot 10^{-3}$ моль/л?

369. Определите константу диссоциации кислоты НА, если при молярной концентрации кислоты 0,03 моль/л степень диссоциации $\alpha = 2,45$ %.

370. Степень диссоциации угольной кислоты H_2CO_3 по первой ступени в 0,1 моль/л растворе равна 0,211 %. Вычислите константу диссоциации угольной кислоты по первой ступени.

371. При какой концентрации муравьиной кислоты ($K = 2 \cdot 10^{-4}$ моль/л) степень диссоциации ее составит 0,03?

372. При какой концентрации азотистой кислоты 75 % ее будут находиться в растворе в недиссоциированном состоянии? $K(\text{HNO}_2) = 5 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

373. Как нужно изменить молярную концентрацию кислоты НА, чтобы степень ее диссоциации увеличилась в 2 раза? Провести расчет для $\alpha = 0,01$ и $\alpha = 0,2$.

374. Как изменится степень диссоциации уксусной кислоты концентрации $c = 0,1$ моль/л при добавлении к 1 л раствора кислоты 0,01 моль ацетата натрия? Константа диссоциации CH_3COOH равна $1,8 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

375. Ниже перечислены распространенные электролиты, в скобках указаны их степени диссоциации в одномолярных водных растворах при 18 °С. Укажите сильные, средние и слабые электролиты.

HBr (0,899); HCl (0,876); HI (0,901); HNO₃ (0,820); H₃PO₄ (0,170); H₂S (0,0007); H₂SO₄ (0,510); HCN (0,0001); H₂CO₃ (0,0017); CH₃COOH (0,004); Ca(OH)₂ (0,78); KOH (0,77); NH₃ · H₂O (0,004); NaOH (0,73).

376. Определите степень диссоциации некоторой кислоты HA в растворе с молярной концентрацией HA равной 0,01 моль/л, если общее число молекул и ионов в 1 мл раствора равно $6,82 \cdot 10^{18}$.

377. Сравните концентрацию ионов водорода H⁺ в двух растворах — растворе HNO₂ ($\alpha_{\text{HNO}_2} = 0,071$) и растворе HCN ($\alpha_{\text{HCN}} = 0,0001$), молярная концентрация растворов одинакова — 0,1 моль/л.

30. Слабые электролиты.

Константа диссоциации

378. Рассчитайте концентрации ионов слабой одноосновной кислоты HA, константа диссоциации которой $K_a = 1 \cdot 10^{-5}$ моль/л, в растворе с концентрацией 0,1 моль/л.

379. В растворе синильной кислоты с молярной концентрацией 1 моль/л содержится $2 \cdot 10^{-5}$ моль/л ионов водорода. Рассчитайте константу диссоциации HCN.

380. Рассчитайте концентрацию ионов аммония в растворе аммиака с концентрацией 0,1 моль/л, если константа приведенного равновесия $K = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

381. Константа диссоциации хлорноватистой кислоты равна $5 \cdot 10^{-8}$ моль/л. Чему равна степень диссоциации этой кислоты в ее растворе с концентрацией $c = 10^{-2}$ моль/л?

382. Вычислите концентрацию ионов водорода и степень диссоциации одноосновной кислоты ($K_a = 6,6 \cdot 10^{-4}$ моль/л) в ее децимолярном растворе.

383. При какой молярной концентрации уксусной кислоты в ее растворе концентрация ионов водорода будет равна 0,002 моль/л?

$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

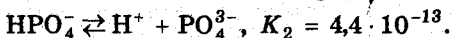
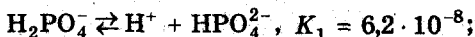
384. При какой концентрации ионов водорода концентрация сульфид-ионов в 0,1 моль/л растворе сероводорода будет равна $1 \cdot 10^{-10}$ моль/л? $K_a(\text{H}_2\text{S}) = 1,1 \cdot 10^{-20}$ моль/л.

385. Какую массу нитрита натрия следует прибавить к 1 л 0,05 моль/л раствора азотистой кислоты ($K_a = 4,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л), чтобы концентрация ионов водорода стала равной 10^{-4} моль/л?

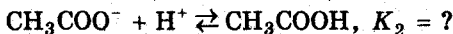
386. Вычислите концентрацию ионов H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} и PO_4^{3-} в 0,5 моль/л растворе фосфорной кислоты, если ступенчатые константы диссоциации составляют: $K_{a_1} = 7,6 \cdot 10^{-3}$ моль/л; $K_{a_2} = 6,2 \cdot 10^{-8}$ моль/л; $K_{a_3} = 4,2 \cdot 10^{-13}$ моль/л.

387. Вычислите концентрацию ионов H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} и PO_4^{3-} в 0,1 моль/л растворе фосфорной кислоты, в котором концентрация ионов водорода после добавления H_2SO_4 составила 0,1 моль/л.

388. Рассматривая химические равновесия, уравнения химических реакций часто: а) складывают, б) умножают на определенное число, в) левые и правые части уравнений меняют местами. Обратите внимание: химические уравнения преобразовывают так же, как и алгебраические уравнения. Как меняются при этом константы равновесия? Рассмотрите на следующих примерах:

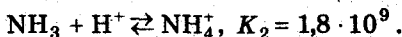
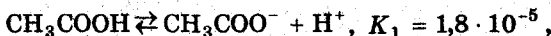


389. Запишите уравнение диссоциации уксусной кислоты и составьте выражение для константы диссоциации. Согласно справочным данным численное значение этой константы равно $K_1 = 1,8 \cdot 10^{-5}$. Составьте выражение для константы равновесия ионной реакции

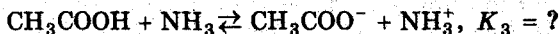


и вычислите значение константы K_2 .

390. Известны константы равновесия следующих реакций



Вычислите константу равновесия реакции



В сторону какой реакции — прямой или обратной — сдвинуто равновесие?

31. Ионное произведение воды. Водородный показатель

391. Рассчитайте pH раствора хлороводородной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л.

392. Рассчитайте pH раствора серной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л, исходя из допущения, что она диссоциирует нацело и по первой, и по второй ступеням.

393. Рассчитайте pH раствора серной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л, принимая во внимание значение константы диссоциации ее по второй ступени $K_2 = 1,2 \cdot 10^{-2}$ моль/л.

394. Рассчитайте pH раствора хлоруксусной кислоты с концентрацией 0,05 моль/л. $K_a(\text{ClH}_2\text{CCOOH}) = 1,4 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

395. Рассчитайте pH раствора, полученного при растворении 16,8 л аммиака (н. у.) в воде, если объем полученного раствора составил 3 литра. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, $K_b = 1,84 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

396. Считая, что кислотность желудочного сока (pH = 1,55) практически полностью обеспечивается хлороводородной кислотой, рассчитайте концентрацию HCl в желудочном соке.

397. Считая, что при укусе муравья в ранку вносится 10^{-6} моль муравьиной кислоты, а объем первоначально образующегося раствора равен 10^{-3} мл, рассчитайте pH в месте укуса. $K_a(\text{НСООН}) = 1,8 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

398. Рассчитайте pH раствора, образующегося при растворении в 300 мл раствора гидроксида калия с молярной концентрацией $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л 0,1 г гидроксида натрия.

399. Рассчитайте pH раствора, образованного смешиванием равных объемов децимолярных растворов азотной и фтороводородной кислот. $K_a(\text{HF}) = 6,8 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

400. Рассчитайте pH раствора, полученного при смешении 50 мл децимолярного раствора уксусной кислоты ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ моль/л) со 150 мл раствора ацетата натрия с концентрацией 0,05 моль/л.

401. В таблице приведены значения pH для некоторых растворов.

Вещество	pH
1. Лимонный сок	2,1
2. Апельсиновый сок	2,8
3. Томатный сок	4,1
4. Черный кофе	6,0
5. Молоко	7,0
6. Раствор пищевой соды	8,5
7. Известковая вода	10,5
8. Раствор аммиака в воде	11,9

а) Перечислите кислые, практически нейтральные и щелочные растворы.

б) Какой раствор более кислый — лимонный сок или томатный сок?

в) Какой раствор более щелочной — раствор пищевой соды или известковая вода?

г) Определите концентрацию ионов водорода в апельсиновом соке.

д) Каково соотношение ионов водорода H^+ и гидроксид-ионов OH^- в молоке?

402. Во сколько раз изменится концентрация ионов водорода, если pH некоторого раствора:

а) увеличивается на единицу;

б) уменьшается на единицу;

в) увеличивается на две единицы?

403. К каким процессам — экзотермическим или эндотермическим — относится диссоциация воды? При ответе используйте следующие данные.

Температура t , °C	Ионное произведение воды, $K_{H_2O} \quad H^+ \quad OH^-$
0	$0,115 \cdot 10^{-14}$
25	$1,008 \cdot 10^{-14}$
40	$2,95 \cdot 10^{-14}$
60	$9,5 \cdot 10^{-14}$

32. Ионные реакции в растворах

404. Уксус, лимонный сок и скисшее молоко имеют кислый вкус. Какие другие общие свойства они могут иметь?

405. Из известных вам кислот назовите ту, которая содержит наибольшую массовую долю водорода.

406. Заполните следующую таблицу, обозначив знаком «+» пары веществ, в результате взаимодействия которых образуется соль.

Неметаллы и их соединения	Металлы и их соединения			
	Металлы	Оксиды металлов	Основания	Соли
Неметаллы				
Оксиды неметаллов				
Кислоты				
Соли				

407. Напишите молекулярные и ионные (полные и сокращенные) уравнения реакций между растворами:

- а) серной кислоты и хлорида бария;
- б) гидроксида калия и серной кислоты;
- в) сульфата натрия и нитрата бария;
- г) хлорида бария и сульфата меди (II);
- д) нитрата серебра и соляной кислоты;
- е) гидроксида кальция и азотной кислоты;
- ж) карбоната натрия и хлорида бария;
- з) гидроксида бария и соляной кислоты;
- и) карбоната калия и фосфорной кислоты;
- к) гидроксида лития и азотной кислоты.

408. Даны формулы веществ, растворы которых попарно сливают:

а) AgNO_3 и K_3PO_4 ; б) CuSO_4 и NaOH ; в) KOH и HCl ; г) BaCl_2 и H_2SO_4 . Определите, в каких случаях реакция идет с образованием осадка. Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярной и ионной формах.

409. Даны формулы веществ, растворы которых попарно сливают:

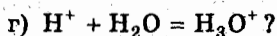
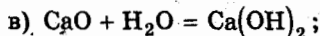
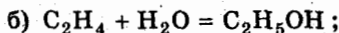
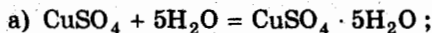
- а) Ca(OH)_2 и HNO_3 ; б) MgCl_2 и AgNO_3 ; в) HCl и Ba(OH)_2 ;
- г) NaOH и H_3PO_4 .

Определите, в каких случаях реакция идет с образованием воды. Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярной и ионной формах.

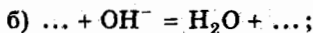
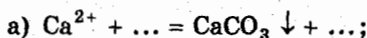
410. Даны формулы веществ, растворы которых попарно сливают: а) K_2CO_3 и HCl ; б) KOH и H_2SO_4 ; в) Na_2CO_3 и HNO_3 ; г) FeS и HCl . Определите, в каких случаях реакция идет с образованием газа. Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярной и ионной формах.

411. В шкафу для реактивов находятся пять склянок с веществами без этикеток, но известно, что это растворы гидроксида калия, серной кислоты, карбоната натрия, хлорида аммония и хлорида бария. Как, не применяя других реактивов, распознать каждое из веществ?

412. Какие реакции относятся к реакциям гидратации:



413. Составьте по два различных уравнения, которые соответствовали бы следующим схемам:



414. При сливании двух неизвестных растворов получен раствор, содержащий только ионы Na^+ и Cl^- . Подберите примеры пяти пар исходных веществ, необходимых для получения такого раствора. Запишите ионные и молекулярные уравнения реакций.

415. Какие из предложенных веществ — CO_2 , HNO_3 , KNO_3 , $CuCl_2$ — реагируют с гидроксидом натрия? Составьте уравнения соответствующих реакций в молекулярной и ионной формах.

416. В трех пробирках без надписей находятся кусочки магния, натрия и серебра. Как определить металлы, используя чистую воду, соляную кислоту и лакмус? Напишите уравнения соответствующих реакций в ионной форме.

33. Гидролиз солей

417. Для предложенных солей запишите в молекулярной и ионно-молекулярной формах уравнения гидролиза. Сделайте вывод о механизме взаимодействия и укажите, какая реакция среды в растворах: а) CH_3COONa ; б) KCN ; в) $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$.

418. Составьте уравнения гидролиза и укажите характер среды в растворах солей: а) K_2CO_3 ; б) Na_3PO_4 ; в) NaHCO_3 .

419. Напишите уравнения гидролиза и укажите реакцию среды в растворе каждой соли: а) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; б) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; в) FeCl_3 .

420. Укажите, какие из предложенных солей подвергаются гидролизу. Составьте уравнения реакций гидролиза.

$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; ZnCl_2 ; KNO_2 ; NaNO_3 ; K_2HPO_4 .

421. Составьте уравнения гидролиза солей Al_2S_3 ; $\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$; $\text{Cr}_2(\text{CO}_3)_3$, учитывая, что гидролиз таких солей необратим.

422. Поясните, почему невозможно получить карбонат железа (III) путем смешивания растворов карбоната натрия и хлорида железа (III). Какие продукты образуются в результате?

423. Сравните реакцию среды в растворах солей, не производя вычислений:

а) Na_2SO_4 ; Na_2SO_3 ; Na_2CO_3 ;

б) KCl ; MgCl_2 ; AlCl_3 .

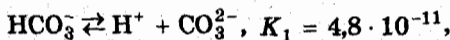
424. Рассчитайте pH раствора карбоната калия с молярной концентрацией 0,01 моль/л. $K_a(\text{HCO}_3^-) = 4,8 \cdot 10^{-11}$.

425. Рассчитайте pH раствора, образованного смешиванием равных объемов растворов гидроксида натрия и уксусной кислоты с одинаковой молярной концентрацией 0,02 моль/л.

426. Рассчитайте pH раствора хлорида свинца с молярной концентрацией 0,03 моль/л, если известна константа равновесия $\text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{PbOH}^+ + \text{H}^+$, равная $3,3 \cdot 10^{-7}$.

427. При сливании водных растворов $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и Na_2S образуется белый осадок и выделяется газ. Составьте уравнение соответствующей реакции. В каком случае происходит полный гидролиз соли?

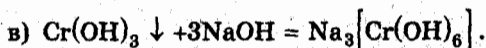
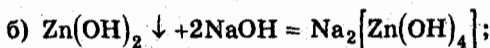
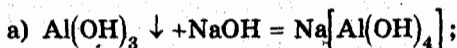
428. Составьте выражение для константы гидролиза карбоната натрия по первой ступени. Вычислите константу, если



429. Запишите выражение для константы гидролиза NH_4CN .

34. Комплексные соединения

430. При растворении амфотерных гидроксидов в щелочах образуются комплексные соединения:



Дайте названия комплексных соединений, укажите внутреннюю и внешнюю сферы, комплексообразователь и лиганды, степень окисления комплексообразователя и его координационное число. Запишите уравнения их диссоциации в водном растворе.

431. Составьте координационные формулы следующих соединений:

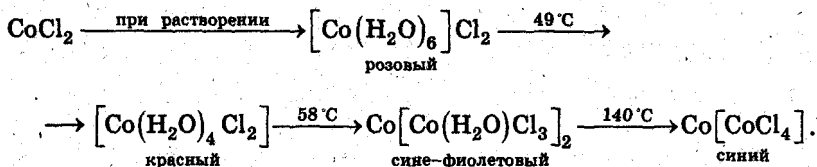
а) $\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$ и $\text{PtCl}_4 \cdot 3\text{NH}_3$ (координационное число платины (IV) равно 6);

б) $\text{PtCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3$ и $\text{PtSO}_4 \cdot 4\text{NH}_3$ (координационное число платины (II) равно 4).

432. Для кобальта (III) известны соединения состава $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$ и $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Координационное число кобальта равно 6.

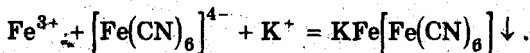
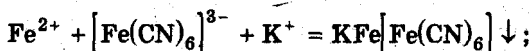
При действии раствора нитрата серебра AgNO_3 на растворы, содержащие по 1 моль каждого из этих соединений, осаждается 3 моль хлорида серебра AgCl . Составьте координационные формулы комплексных соединений кобальта.

433. Если смочить раствором хлорида кобальта (II) фильтровальную бумагу, а затем осторожно высушить ее над пламенем горелки, то бумага посинеет. Это связано со следующими превращениями:



Назовите комплексные соединения и укажите, к какому типу комплексов они относятся.

434. Известно, что красная кровяная соль $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с растворами солей железа (II) и желтая кровяная соль $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с растворами солей железа (III) образуют осадки синего цвета:



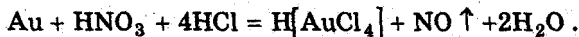
Определите степени окисления железа и приведите названия комплексных соединений. Выскажите предположение о составе продуктов реакций.

435. Составьте молекулярные и ионные реакции обмена, происходящие между веществами:

- гексацианоферратом (II) калия и сульфатом меди;
- гексацианоферратом (III) калия и нитратом серебра.

Образующиеся в результате реакций комплексные соединения не растворимы в воде.

436. Золото растворяется в царской водке, образуя комплексное соединение, растворимое в воде:



Приведите название комплексного соединения. К какому классу неорганических соединений его можно отнести? Составьте формулу его натриевой соли.

437. Составьте уравнения реакций, по которым можно получить:

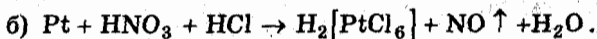
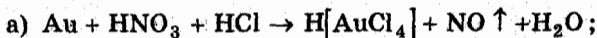
- хлорид диамминсеребра при растворении хлорида серебра в водном растворе аммиака;

б) Сульфат тетрааквамеди (II) при растворении безводного сульфата меди в воде;

в) сульфат тетраамминмеди (II) при добавлении к раствору сульфата меди водного раствора аммиака.

438. Запишите электронную конфигурацию атома Ag и его иона Ag^+ . Рассмотрите механизм образования комплексных ионов серебра $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ и $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$. Как называется такая связь?

439. Подберите коэффициенты в уравнениях следующих реакций:



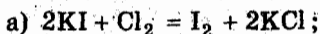
440. Соль Мора имеет состав $(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Определите степень окисления железа. Составьте формулу этой соли в виде двойного сульфата. Учтите, что координационное число Fe (II) равно 6.

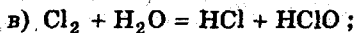
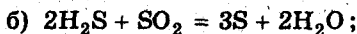
441. Из комплексов Ag(I) практическое значение имеет $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$, который образуется при закреплении фотоматериалов тиосульфатом натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. При этом не разложившийся под действием света бромид серебра AgBr при обработке раствором тиосульфата растворяется. Составьте уравнение соответствующей реакции в молекулярной и ионной формах.

442. При цианидном способе добычи золота сначала золотоносную породу отмывают водой, затем обрабатывают раствором NaCN на воздухе. При этом золото образует комплекс $\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2]$, из которого его осаждают цинком. Цинк переходит в раствор в виде комплексной соли $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$. Составьте уравнения соответствующих реакций.

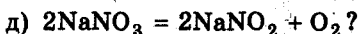
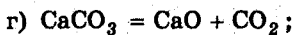
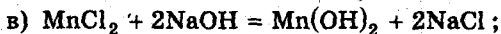
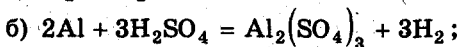
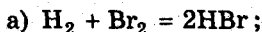
35. Окислительно-восстановительные реакции. Метод электронного баланса

443. Какие элементы изменяют степени окисления в следующих уравнениях реакций:

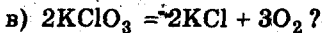
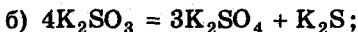
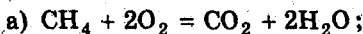




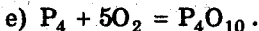
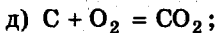
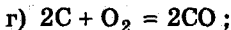
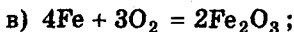
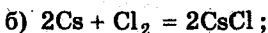
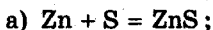
444. Какие из следующих уравнений относятся к уравнениям окислительно-восстановительных реакций:



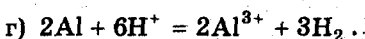
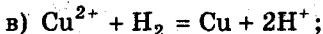
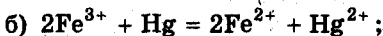
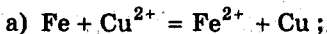
445. К какому типу окислительно-восстановительных реакций (межмолекулярная, внутримолекулярная окислительно-восстановительная реакция или реакция диспропорционирования) относятся следующие уравнения:



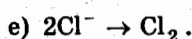
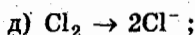
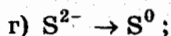
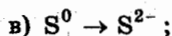
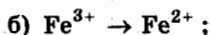
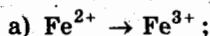
446. Укажите, какое число электронов переносится от одних атомов к другим в следующих уравнениях реакций:



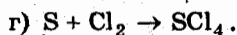
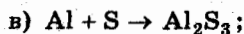
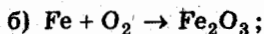
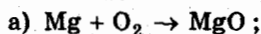
447. Составьте уравнения полуреакций, укажите процессы окисления и восстановления, окислитель и восстановитель в следующих сокращенных уравнениях ионных реакций:



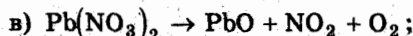
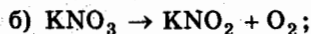
448. Какие из следующих схем химических превращений соответствуют процессам окисления, а какие — восстановления? Для каждого процесса укажите направление перехода электронов.



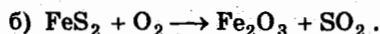
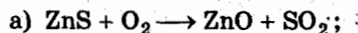
449. Используя метод электронного баланса, подберите коэффициенты в уравнениях следующих реакций:



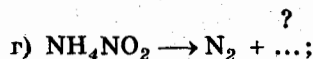
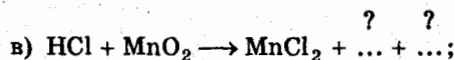
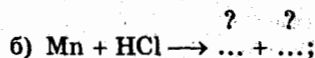
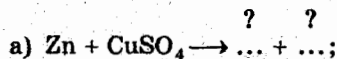
450. Используя метод электронного баланса, подберите коэффициенты в уравнениях следующих реакций:

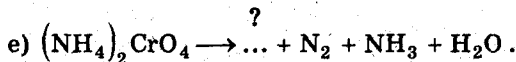
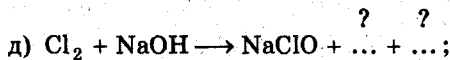


451. Используя метод электронного баланса, подберите коэффициенты в уравнениях следующих реакций:



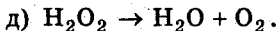
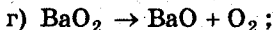
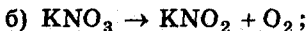
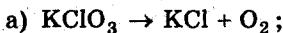
452. Предскажите продукты следующих окислительно-восстановительных реакций и подберите коэффициенты:



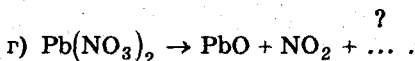
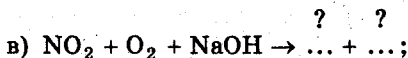
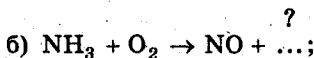
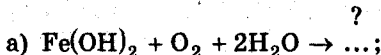


453. Кислород впервые получили: а) Шееле в 1770 г. при нагревании селитры NaNO_3 ; б) Пристли в 1774 г. при разложении оксида ртути HgO и свинцового сурика Pb_3O_4 . Составьте уравнения соответствующих реакций, подберите коэффициенты методом электронного баланса.

454. Кислород в лаборатории получают нагреванием кислородсодержащих веществ в присутствии катализатора — пиролюзита MnO_2 или при нагревании. Подберите коэффициенты методом электронного баланса в уравнениях следующих реакций, иллюстрирующих лабораторные методы получения кислорода:



455. Заполните пропуски в схемах следующих химических превращений. Подберите коэффициенты методом электронного баланса:



36. Окислительно—восстановительные реакции.

Метод электронно—ионного баланса.

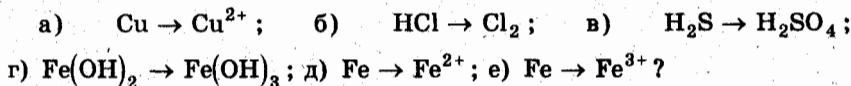
Взаимодействие металлов с кислотами

456. Укажите, какие из перечисленных ниже соединений могут проявлять: а) только восстановительные свойства; б) только

окислительные свойства; в) и окислительные, и восстановительные свойства:



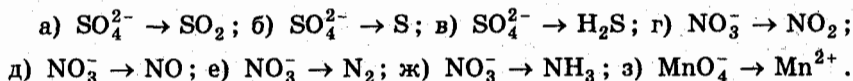
457. С помощью каких окислителей можно совершить следующие превращения:



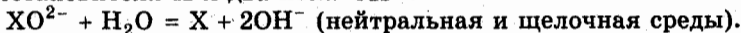
458. В процессе восстановления на один атом кислорода, уходящий из частицы окислителя XO^{2-} , в кислой среде затрачиваются два иона H^+ и образуются одна частица восстановителя и одна молекула H_2O :



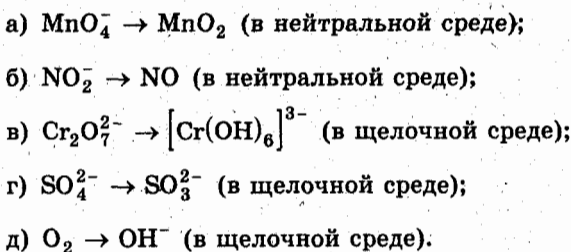
Составьте уравнения полуреакций, соответствующие следующим превращениям в кислой среде:



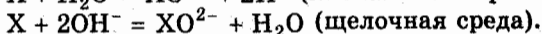
459. В процессе восстановления на один атом кислорода, уходящий из частицы окислителя XO^{2-} , в нейтральной и щелочной среде затрачивается одна молекула H_2O и образуются одна частица восстановителя X и два иона OH^- :



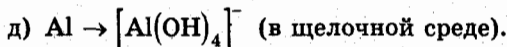
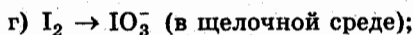
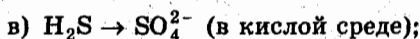
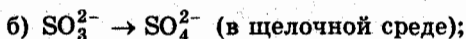
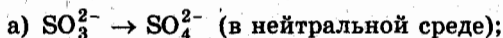
Составьте уравнения полуреакций, соответствующие следующим превращениям:



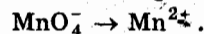
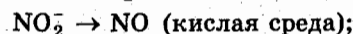
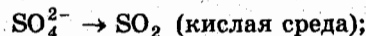
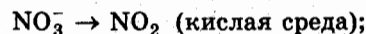
460. В процессе окисления на один атом кислорода, присоединяющийся к частице восстановителя X , затрачивается в кислой и нейтральной средах одна молекула H_2O и образуются два иона H^+ ; в щелочной среде затрачиваются два иона OH^- и образуется одна молекула H_2O :



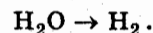
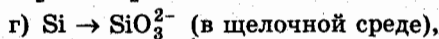
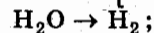
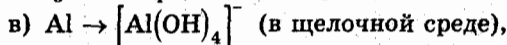
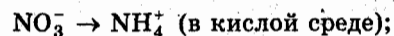
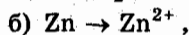
Составьте уравнения полуреакций, соответствующие следующим превращениям:



461. Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций в ионной форме, которые соответствуют следующим процессам окисления и восстановления:



462. Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций в ионной и молекулярной формах, соответствующие следующим процессам окисления и восстановления:

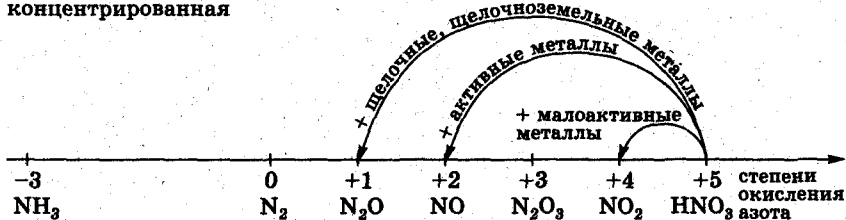


463. Азотная кислота — сильный окислитель. Состав продуктов восстановления зависит от концентрации азотной кислоты (концентрированная, разбавленная) и силы восстановителя.

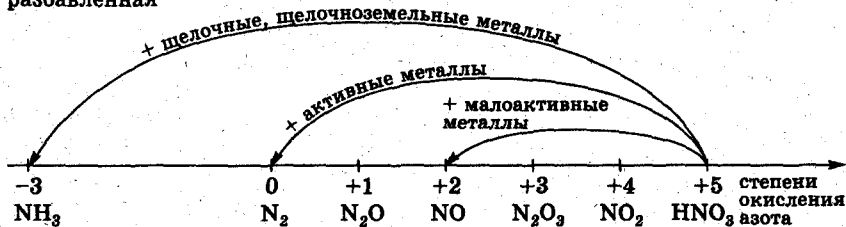
Азотная кислота в разбавленных растворах при взаимодействии с металлами дает, как правило, смесь продуктов своего восстановления. Продуктом взаимодействия очень разбавленной азотной кис-

лоты как с активными, так и с малоактивными металлами являются соли аммония. При взаимодействии азотной кислоты с неметаллами образуется диоксид азота NO_2 .

концентрированная



разбавленная

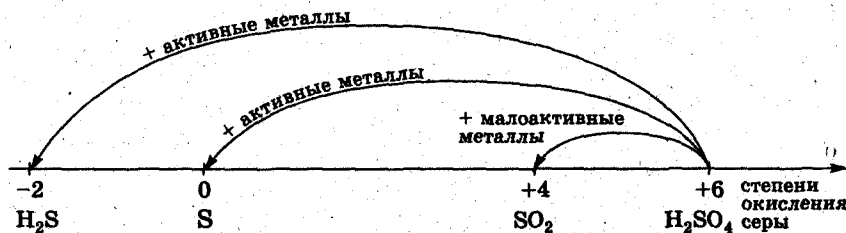


Предскажите продукты следующих окислительно-восстановительных реакций:

- $\text{Ag} + \text{HNO}_3$, конц. $\rightarrow$
- $\text{Ag} + \text{HNO}_3$, разб. $\rightarrow$
- $\text{Mg} + \text{HNO}_3$, конц. $\rightarrow$
- $\text{Mg} + \text{HNO}_3$, разб. $\rightarrow$
- $\text{Mg} + \text{HNO}_3$, очень разб. $\rightarrow$

Подберите коэффициенты в уравнениях реакций методом электронно-ионного баланса.

464. Концентрированная серная кислота — сильный окислитель, продукты ее восстановления представлены на схеме:



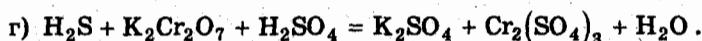
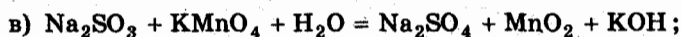
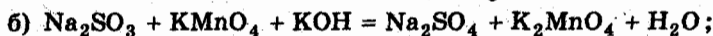
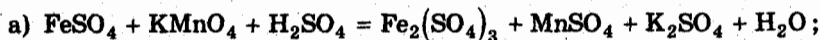
Предскажите продукты следующих окислительно-восстановительных реакций:

- $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4$, разб. $\rightarrow$

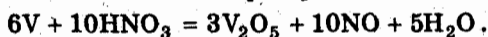
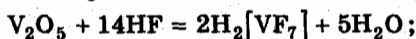


Подберите коэффициенты в уравнениях реакций методом электронно-ионного баланса.

465. Подберите коэффициенты в следующих уравнениях окислительно-восстановительных реакций методом электронно-ионного баланса:

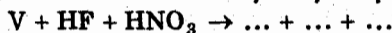


466. Поверхность ванадия покрыта плотной пассивирующей пленкой, в связи с этим ванадий устойчив в агрессивных средах. Лучшее всего он растворяется в смесях кислот, одна из которых является окислителем, а другая образует комплексные ионы, например, в смеси азотной и плавиковой кислот. Плавиковая кислота растворяет поверхностную пленку V_2O_5 , а азотная — окисляет обнаженную поверхность металла:



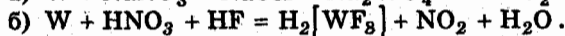
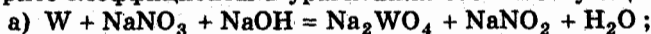
Составьте уравнение суммарного процесса:

? ? ?

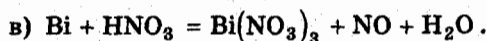
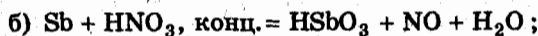
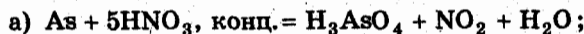


и подберите коэффициенты.

467. Вольфрам растворяется в расплавах щелочей в присутствии окислителей и в горячей смеси азотной и плавиковой кислот. Подберите коэффициенты в уравнениях соответствующих реакций:



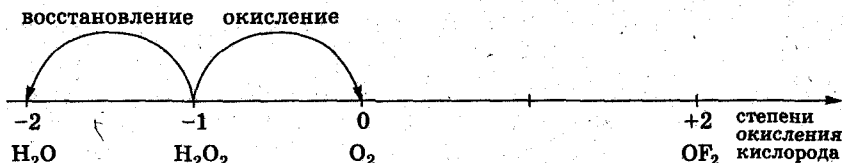
468. Мышьяк, сурьма и висмут находятся в одной подгруппе, однако продукты их окисления азотной кислотой различны:



Подберите коэффициенты в уравнениях приведенных реакций. Какой из элементов проявляет металлические свойства?

37. Окислительно–восстановительные свойства неорганических соединений

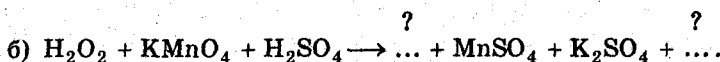
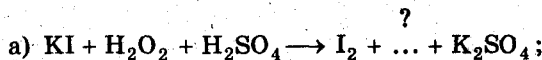
469. Пероксид водорода H_2O_2 в окислительно–восстановительных реакциях может выступать как окислителем, так и восстановителем:



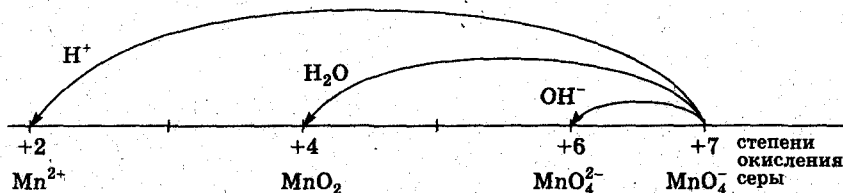
Процесс окисления: $\text{H}_2\text{O}_2 - 2e = \text{O}_2 + 2\text{H}^+$.

Процесс восстановления: $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{H}_2\text{O}$.

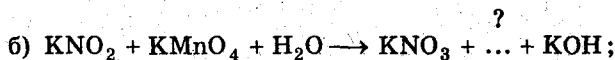
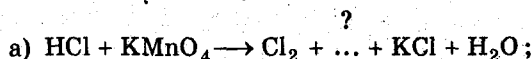
Предскажите продукты реакции и подберите коэффициенты в уравнениях следующих реакций:



470. Для перманганат–иона MnO_4^- при изменении среды от кислой до щелочной количество присоединяемых электронов уменьшается в ряду 5, 3, 1. Схему восстановления перманганат–иона в разных средах можно представить следующим образом:

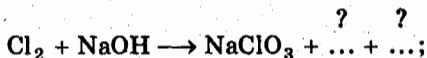


Предскажите продукты реакции и подберите коэффициенты в уравнениях следующих реакций:

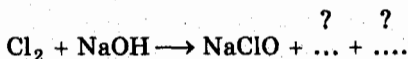


471. На протекание окислительно-восстановительных реакций могут оказывать влияние концентрация реагентов и температура. Составьте уравнение реакции диспропорционирования хлора:

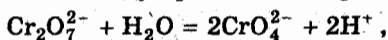
а) в горячем концентрированном растворе гидроксида натрия



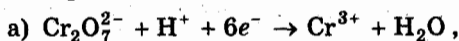
б) в холодном разбавленном растворе



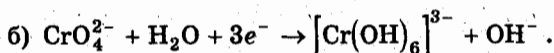
472. Между хромат- и бихромат-ионами существует равновесие:



которое смещается в щелочной среде вправо, а в кислой — влево. В связи с этим процесс восстановления бихромат-иона в кислой среде протекает по схеме:

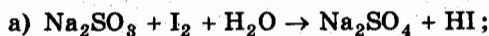


а процесс восстановления хромат-иона — по схеме:



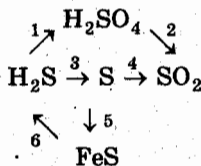
Подберите коэффициенты в уравнениях приведенных выше реакций восстановления, а также подходящие восстановители и составьте соответствующие молекулярные уравнения.

473. Окислительно-восстановительные свойства сульфит-иона иллюстрируют следующие схемы превращений:



Подберите коэффициенты в уравнениях и укажите, в какой реакции сульфит-ион является окислителем, и в какой — восстановителем.

474. При помощи каких реакций можно осуществить следующие превращения?



Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций и подберите коэффициенты.

475. Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций, соответствующих следующим превращениям: азот $\xrightarrow{1}$ аммиак $\xrightarrow{2}$ оксид азота (II) $\xrightarrow{3}$ оксид азота (IV) $\xrightarrow{4}$ азотная кислота. Укажите условия протекания реакции.

476. При пропускании оксида азота (II) через теплый раствор концентрированной азотной кислоты жидкость окрашивается в бурый цвет. Составьте уравнение соответствующей реакции.

477. При пропускании сероводорода через бромную воду красно-бурная окраска, присущая бром, исчезает. Что при этом наблюдается. Составьте уравнение соответствующей реакции.

478. Опишите, что наблюдают, когда в сосуд с йодоводородом добавляют азотную кислоту. Составьте уравнение соответствующей реакции.

479. В лаборатории водород получают несколькими способами: а) действием разбавленных кислот на металлы; б) действием щелочей на цинк или алюминий; в) гидролизом гидридов натрия или кальция; г) электролизом водных растворов кислот или щелочей. Составьте уравнения реакций в молекулярной и ионной формах.

480. Озон получают в специальных приборах — озонаторах. К выходной трубке озонатора поднесли стакан с подкисленным раствором йодида калия и несколькими каплями крахмала, раствор приобрел синюю окраску. Какими свойствами обладает озон? Какое вещество обуславливает синюю окраску раствора? Запишите уравнение соответствующей реакции в ионной форме.

481. При пропускании газообразного водорода через раствор, содержащий ионы железа (III), их восстановление не происходит. Объясните, почему эти ионы восстанавливаются в ионы железа (II), если в раствор добавляют разбавленную серную кислоту и цинк.

38. Электрохимические реакции.

Электролиз

482. Составьте уравнения полуреакций окисления на аноде и восстановления на катоде, протекающих при электролизе водного раствора сульфата меди (II), если используют: а) медные электроды; б) графитовые электроды.

483. Составьте уравнения полуреакций окисления на аноде и восстановления на катоде, протекающих при электролизе: а) расплава йодида калия; б) водного раствора йодида калия (инертные электроды).

484. Составьте уравнения полуреакций: а) окисления воды на аноде; б) восстановления воды на катоде, которые могут протекать при электролизе водных растворов солей (инертные электроды).

485. Составьте уравнения электрохимических реакций, которые происходят при электролизе водных растворов следующих солей (инертные электроды): а) хлорида натрия; б) сульфата калия; в) сульфата цинка.

486. Предскажите продукты электролиза расплавов следующих солей (инертные электроды): а) KCl ; б) $PbBr_2$.

487. Предскажите продукты электролиза водных растворов следующих солей (инертные электроды): а) KCl ; б) $CuCl_2$; в) KNO_3 ; г) $CuSO_4$; д) H_2SO_4 ; е) $NaOH$.

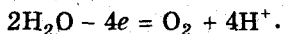
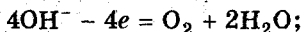
488. При электролизе расплава хлорида магния получили 2,4 г металлического магния. Электролиз проводили в течение 5 ч. Определите силу тока, прошедшего через электролитическую ячейку за это время.

489. Определите массу металлического кальция, которую получили, когда на протяжении 3,5 ч через расплавленный хлорид кальция пропускали электрический ток силой 1 А.

490. Определите молярную массу эквивалентов меди, если известно, что при пропускании через водный раствор хлорида меди (II) постоянного электрического тока силой 3 А на протяжении 5 мин на катоде выделилось 0,2965 г чистой меди.

491. Раствор сульфата никеля подвергли электролизу постоянным электрическим током силой 15 А. Какая масса никеля выделилась на катоде за 1 ч, если выход металла по току составляет 60 %?

492. Кислород можно получить электролизом: а) щелочных или б) сульфатных растворов с применением нерастворимых (платиновых) анодов, на которых происходит разрядка гидроксид-ионов или окисление воды:



Подберите соответствующие полуреакции восстановления и составьте уравнения электрохимических реакций в ионной и молекулярной формах.

493. При электролизе глинозема Al_2O_3 происходит его ионизация в расплаве



На катоде выделяется алюминий, а на аноде — кислород. Составьте уравнения для электродных реакций.

494. При электролизе водного раствора нитрата серебра на катоде получили серебро массой 21,6 г. Определите массовую долю нитрата серебра в оставшемся растворе, если в исходном растворе массой 400 г массовая доля нитрата серебра — 30 %.

39. Количественные отношения в химии

Основные расчетные формулы

Количество вещества:	$n(\text{A})$, моль
Молярная масса вещества:	$M(\text{A})$, г/моль
Молярный объем:	$V_m = 22,4$ л/моль (для любого газа при н. у.)
Закон постоянных отношений:	$\frac{m(\text{A})}{m(\text{B})} = \text{const}$
Определение $n(\text{A})$:	$n(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})}$
Стехиометрическое соотношение:	$\frac{n(\text{A})}{a} = \frac{n(\text{B})}{b}$, где a и b — стехиометрические коэффициенты.
Если А и В — газы, стехиометрическое соотношение:	$\frac{V(\text{A})}{a} = \frac{V(\text{B})}{b}$ (закон объемных отношений)

495. Уравнение химической реакции можно записать в общем виде $a\text{A} + b\text{B} = \text{A}_a\text{B}_b$,

где А и В — символы реагентов; A_aB_b — символ продукта; a и b — коэффициенты в уравнении реакции, или стехиометрические коэффициенты*. Пусть массы веществ А, В, и A_aB_b , измеряемые экспе-

* Стехиометрия — раздел химии, в котором изучают количественный состав веществ, а также количественные изменения, происходящие с ними при химических реакциях. В основе стехиометрии лежат количественные законы химии.

риментально, равны соответственно $m(A)$, $m(B)$ и $m(A_aB_b)$, а их молярные массы — $M(A)$, $M(B)$ и $M(A_aB_b)$. Эти данные можно представить в виде следующей таблицы.

m	$m(A)$	$m(B)$	$m(A_aB_b)$
Уравнение реакции	aA	$+ bB$	$= A_aB_b$
M	$M(A)$	$M(B)$	$M(A_aB_b)$

Запишите математическое выражение для закона сохранения массы с использованием: а) экспериментально измеряемых масс m ; б) молярных масс M . Почему математические выражения одного и того же закона имеют разную форму?

496. Запишите математическое выражение для закона постоянных отношений (закон постоянства состава) с использованием: а) экспериментально измеряемых масс m ; б) молярных масс M .

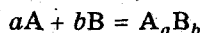
497. На основе закона постоянных отношений покажите, что массы веществ, участвующих в реакции, $m(A)$ и $m(B)$, относятся между собой как их молярные массы, умноженные на соответствующие стехиометрические коэффициенты, $aM(A)$ и $bM(B)$.

498. Для выражения количественных отношений в химии используют следующие понятия:

мольное отношение $\frac{n(A)}{n(B)}$, равное отношению количества вещества A к количеству вещества B ;

стехиометрическое отношение $\frac{a}{b}$, равное отношению стехиометрических коэффициентов a и b в уравнении химической реакции.

Покажите, что для химической реакции

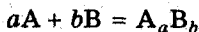


мольное отношение $\frac{n(A)}{n(B)}$ равно стехиометрическому отношению $\frac{a}{b}$.

499. Покажите, что для химической реакции $aA + bB = A_aB_b$ выполняются следующие соотношения:

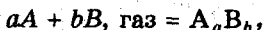
$$а) \frac{n(A)}{n(B)} = \frac{a}{b}; б) \frac{n(A)}{n(A_aB_b)} = a; в) \frac{n(B)}{n(A_aB_b)} = b.$$

500. Покажите, что для химической реакции



справедливо стехиометрическое соотношение $\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b}$.

501. Покажите, что если одно из веществ, участвующих в реакции, находится в газообразном состоянии

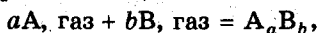


выполняется соотношение:

$$\frac{m(A)}{aM(A)} = \frac{V(B, \text{ газ})}{bV_m},$$

где $V_m = 22,4$ л/моль при н. у.

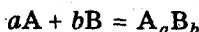
502. Покажите, что если в химической реакции участвуют газообразные вещества



их объемы относятся между собой как стехиометрические коэффициенты:

$$\frac{V(A, \text{ газ})}{V(B, \text{ газ})} = \frac{a}{b}.$$

503. Покажите, что для химической реакции



а) из условия $\frac{n(A)}{a} < \frac{n(B)}{b}$ следует, что вещество В находится в избытке и расчеты следует проводить по веществу А;

б) из условия $\frac{n(A)}{a} > \frac{n(B)}{b}$ следует, что вещество А находится в избытке и расчеты следует проводить по веществу В.

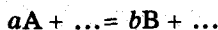
504. Для стехиометрических вычислений можно предложить следующий алгоритм.

Задача

Дано $m(A)$ или $V(A)$

Уравнение реакции:

Найти: $m(B)$ или $V(B)$



Алгоритм решения

1. Анализ условия задачи с целью установления закономерностей, на основе которых она может быть решена.

Для каждой химической реакции массовые отношения веществ постоянны. Эта закономерность может быть записана в форме стехиометрического соотношения

$$\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b}$$

2. Введение обозначений для величин, приведенных в задаче.

Пусть по условию задачи известные величины относятся к веществу А, неизвестные — к веществу В. Неизвестную величину, например, $m(B)$, можно обозначить x . Но в простых задачах с одним неизвестным можно использовать буквенные обозначения m или V .

3. Вывод алгебраической формулы для неизвестной величины.

4. Когда алгебраическое выражение составлено, нужно подставить известные величины, согласовать их размерности и произвести необходимые вычисления.

Предложенный алгоритм рассчитан на использование калькуляторов или другой вычислительной техники. В связи с этим поэтапные расчеты, например, численного значения $n(A)$, если известно значение $m(A)$, лишены смысла. Назначение алгоритма — составить стехиометрическое соотношение, на основе которого получить решение в виде алгебраической формулы для вычисления неизвестной величины.

Используя предложенный алгоритм, решите следующую задачу.

Вычислите объем кислорода, выделившегося при полном каталитическом разложении 24,5 г хлората калия $KClO_3$.

505. Массовая доля KI в смеси йодидов натрия и калия равна 65 %. Вычислите массу смеси, содержащей 12,7 г йода.

506. Минерал сильвинит содержит хлориды калия и натрия. Химический анализ определил массовую долю хлора в минерале — 53,38 %. Вычислите массовую и молярную долю хлорида калия в минерале.

507. Какой объем газообразного хлора (н. у.) может быть получен при взаимодействии 26,1 г диоксида марганца с избытком концентрированной хлороводородной кислоты?

40. Вычисления по уравнениям химических реакций

Основные расчетные формулы

Если в задаче дано количество вещества А и требуется рассчитать количество вещества В,

$$\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b}$$

Если в задаче дана масса вещества А и требуется рассчитать массу вещества В,

$$\frac{m(A)}{aM(A)} = \frac{m(B)}{bM(B)}$$

Если в задаче дан объем вещества А и требуется рассчитать массу вещества В,

$$\frac{V(A)}{aV_m} = \frac{m(B)}{bM(B)}$$

Если в задаче дан объем вещества А и требуется рассчитать объем вещества В,

$$\frac{V(A)}{a} = \frac{V(B)}{b}$$

Если в задаче требуется определить стехиометрические коэффициенты по данным массам реагирующих веществ А, В, С и т. д.,

$$\frac{m(A)}{M(A)} : \frac{m(B)}{M(B)} : \frac{m(C)}{M(C)} = a : b : c$$

Если в задаче требуется определить стехиометрические коэффициенты по известным объемам реагирующих веществ А, В, С и т. д.,

$$V(A) : V(B) : V(C) = a : b : c$$

508. Вычислите количество вещества кислорода, необходимое для полного окисления металлической меди, если при этом образовалось 2,4 моль оксида меди (II).

509. Вычислите массу оксида алюминия, который образуется при полном сгорании в струе кислорода чистого алюминия массой 4,05 г.

510. Вычислите массу хлорида железа (III), образовавшегося при взаимодействии с хлором железных стружек, количество вещества железа в которых равно 1,5 моль.

511. Вычислите массу перманганата калия KMnO_4 , при полном разложении которого получили манганат калия K_2MnO_4 , диоксид марганца MnO_2 и 5,6 л кислорода (при н. у.).

512. В соляной кислоте растворили навеску магния массой 0,6713 г. Какой объем водорода (при н. у.) выделился при этом?

513. Металл А вступает в реакцию с азотом воздуха, образуя нитрид состава A_3N . Определите металл, если известно, что в реакции полностью израсходовано 1,4 г металла А и образовалось 2,33 г его нитрида.

514. Смешали растворы — один содержит 1,12 г гидроксида калия KOH , а второй — 0,65 г хлороводорода HCl . Какое из веществ прореагирует полностью?

515. Какая соль — кислая или средняя — образуется, если реагируют:

а) гидроксид натрия NaOH массой 1,2 г и серная кислота H_2SO_4 массой 2,94 г;

б) гидроксид натрия NaOH массой 2,4 г и серная кислота H_2SO_4 массой 2,94 г?

516. При полном сгорании 20 л сероводорода получили сернистый газ и воду. Какой объем кислорода затратили?

517. При полном сгорании в кислороде 125 мл неизвестного газа, содержащего только углерод и азот, затратили при определенных условиях 250 мл кислорода и получили 250 мл углекислого газа и 125 мл азота. Составьте формулу неизвестного газа.

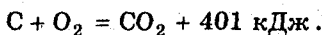
518. Объясните, почему гидрид кальция CaH_2 часто называют твердым источником водорода. Рассчитайте, какой объем водорода образуется при взаимодействии с водой 1 кг гидрида кальция при 25°C и $1,013 \cdot 10^5$ кПа.

519. При разложении 3,03 кг нитрата металла образовалось 2,55 г нитрита металла. Рассчитайте атомную массу металла.

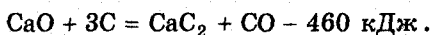
520. При разложении 0,72 г йодида двухвалентного металла на нагретой пластинке масса пластины увеличилась на 0,22 г. Определите, йодид какого металла разложили при нагревании.

41. Вычисления по термохимическим уравнениям

521. Вычислите теплоту, выделяющуюся при сгорании 1 кг угля, если термохимическое уравнение реакции имеет вид:

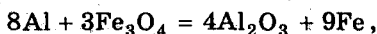


522. Термохимическое уравнение реакции имеет вид:



Вычислите теплоту, которую нужно затратить для того, чтобы сплавить с негашеной известью 1 кг угля.

523. Вычислите тепловой эффект реакции:



если известно, что методом алюмотермии получили 1,68 г чистого железа и при этом выделилось 11,08 кДж теплоты.

524. Составьте термохимическое уравнение реакции горения фосфора, если известно, что на горение израсходовали 3,1 г фосфора и 2,8 л кислорода при нормальных условиях и при этом выделилось 75,25 кДж теплоты.

525. При сжигании образца цинка массой 1,5 г выделилось 5,9 кДж теплоты. Определите, содержал ли образец цинка негорючие примеси, если известно, что при сжигании 1 моль цинка выделяется 348 кДж теплоты.

526. Вычислите массу угля, который нужно сжечь для того, чтобы полученной теплоты хватило для полного разложения 12,6 кг воды, если известны термохимические уравнения реакций:



527. Известны термохимические уравнения следующих реакций:

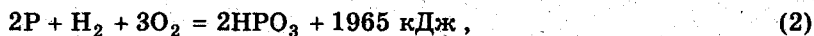
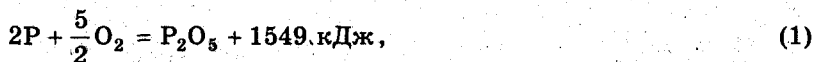


Составьте термохимические уравнения реакций:

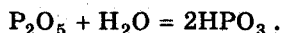




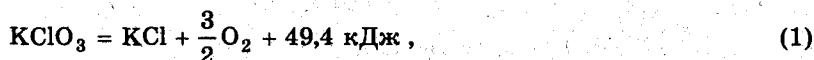
528. Исходя из термохимических уравнений реакций:



составьте термохимическое уравнение реакции:



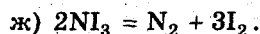
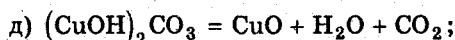
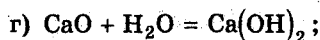
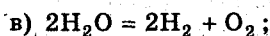
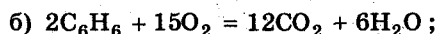
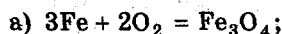
529. Исходя из термохимических уравнений реакций:



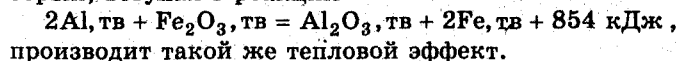
составьте термохимическое уравнение реакции



530. Не используя дополнительную литературу, укажите, какие из следующих реакций являются экзотермическими, а какие — эндотермическими.

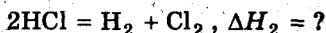


531. Съедая плитку шоколада массой 100 г, человек получает 529 ккал (1 ккал = 4,184 кДж). Рассчитайте массу алюминия, который, вступая в реакцию

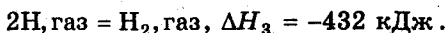
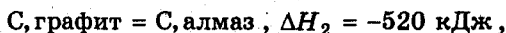


532. Для разрыва связей в 1 моль молекул H_2 и в 1 моль молекул Cl_2 нужно затратить 679 кДж. Энергия, выделяющаяся при

образовании 2 моль HCl равна 863 кДж. Используя эти данные, вычислите стандартную энтальпию следующих реакций:



533. Вычислите среднюю энергию связи в молекуле метана, используя стандартные энтальпии следующих процессов:



42. Вычисления по уравнениям химических реакций, если один из реагентов содержит примеси

534. Вычислите объем углекислого газа (при н. у.), который выделится при взаимодействии 1 кг известняка, содержащего 10 % примесей, с избытком соляной кислоты.

535. Вычислите массу древесного угля, необходимого для полного восстановления железа из оксида железа (III) массой 1 т. Известно, что древесный уголь содержит 96 % углерода.

536. Технический алюминий содержит 98 % чистого алюминия. Рассчитайте, какая масса технического алюминия потребуется для полного восстановления марганца из 1 т пиролюзита, содержащего 87 % оксида марганца (IV).

537. Навеску магнезита массой 10,01 г обработали избытком соляной кислоты. Выделившийся при этом газ пропустили через известковую воду. Масса известковой воды после поглощения ею газа увеличилась на 4,4 г. Определите массовую долю (в %) карбоната магния в магнезите.

538. Рассчитайте массовую долю (в %) углерода в угле, если при сжигании 1 кг угля выделилось $1,12 \text{ м}^3$ углекислого газа (при н. у.). Предположите, что примеси в угле негорючи.

539. В природном газе объемная доля метана CH_4 составляет 95 %, остальное — негорючие примеси. Вычислите объем воздуха, который потребуется для сжигания 150 м^3 природного газа.

540. Вычислите объемную долю (в %) хлора в смеси с азотом, если, пропуская 2 л смеси через избыток раствора йодида калия, получили 0,254 г йода. Объемы приведены к нормальным условиям.

541. Железные стружки массой 0,17 г обработали избытком соляной кислоты. Рассчитайте массовую долю (в %) примесей в стружках, если в реакции выделилось 56 мл водорода при 25 °C и $1,05 \cdot 10^5$ Па. Предположите, что примеси не растворяются в соляной кислоте.

542. В избытке серной кислоты растворили образец технического цинка массой 5,14 г, в котором массовая доля нерастворимых примесей равна 2 %. Достаточно ли полученного при этом водорода для того, чтобы полностью восстановить медь из оксида меди (II) массой 6,4 г?

543. Вычислите, какую массу технического цинка, содержащего 96 % чистого металла, и какую массу 27,5%-го раствора хлороводорода в воде нужно взять для получения 1 т 45%-го раствора хлорида цинка.

544. Одной из стадий в технологическом процессе получения серной кислоты является получение SO_2 обжигом пирита. Какой объем сернистого газа, измеренный при 100 °C и давлении 95 кПа, может быть получен из 1 т пирита, содержащего 15 % примесей?

545. Какое количество железной руды, содержащей 62 % минерала магнетита, Fe_3O_4 , потребуется для выплавки 10 т железа?

546. Определите массу твердого остатка, образовавшегося при термическом разложении 16 кг известняка, содержащего 6 % термически устойчивых примесей.

43. Вычисления по уравнениям реакций, протекающих в водных растворах

547. Вычислите, какую массу металлического натрия нужно растворить в воде для того, чтобы получить 10%-й раствор гидроксида натрия массой 150 г.

548. Вычислите массу осадка, который получили, пропустив 1 л сероводорода (при н. у.) через 1 л раствора сульфата меди (II) с молярной концентрацией 0,25 моль/л.

549. Смешали два раствора — 20 мл раствора серной кислоты с молярной концентрацией 0,2 моль/л и 20 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0,2 моль/л. Рассчитайте массу образовавшейся соли.

550. Рассчитайте объем раствора фосфорной кислоты с молярной концентрацией 0,015 моль/л, который требуется для взаимодействия с 250 г 4%-го раствора гидроксида натрия, если образуется дигидроортофосфат натрия.

551. Рассчитайте объем 35%-го раствора аммиака в воде (плотность раствора 0,88 г/л), который требуется для полного взаимодействия с 800 мл соляной кислоты с молярной концентрацией хлороводорода 5,8 моль/л.

552. Вычислите объем раствора серной кислоты с молярной концентрацией 0,2 моль / л, который полностью нейтрализуется прибавлением 800 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0,25 моль/л.

553. К раствору, содержащему 4,59 г хлорида некоторого элемента группы IIA Периодической системы элементов, прибавили избыток раствора нитрата серебра. Масса полученного осадка составила 11,86 г. Назовите элемент.

554. Кусок медной проволоки массой 20,48 г некоторое время выдерживали в растворе нитрата ртути (II), после чего масса проволоки возросла до 26,84 г. Вычислите массу меди, вступившей в реакцию.

555. Железную пластинку массой 10,04 г некоторое время выдерживали в растворе массой 250 г с массовой долей сульфата меди (II) 15 %, после чего масса пластинки составила 10,81 г. Вычислите массовую долю сульфата меди в растворе после реакции.

556. К раствору массой 100 г с массовой долей хлороводорода 20 % прибавили 100 г раствора карбоната натрия. После этого для полной нейтрализации раствора потребовалось 50 мл с массовой долей гидроксида натрия 2,5 % (плотность раствора 1,03 г/мл). Определите массовую долю карбоната натрия в исходном растворе.

557. В раствор, содержащий 3,2 г ионов металла, погрузили железную пластинку массой 50 г. После полного выделения металла на пластинке ее масса увеличилась на 0,8 %. Рассчитайте атомную массу металла.

558. На весах уравновешены два химических стакана, в каждом из которых находится 100 г раствора с массовой долей хлороводорода 7,3 %. В первый стакан добавили карбонат кальция массой 10,0 г. Какую массу гидрокарбоната кальция следует добавить во второй стакан, чтобы после окончания реакций равновесие не нарушилось?

559. Неизвестный металл массой 1,3 г обработали избытком очень разбавленного раствора азотной кислоты. К полученному раствору добавили избыток раствора щелочи и прокипятили. При этом выделилось 112 мл газа (при н. у.) с характерным резким запахом. Какой металл растворили в азотной кислоте?

44. Вычисления по уравнениям последовательных реакций

560. Колонна синтеза аммиака дает 1500 т продукта в сутки. Рассчитайте массу раствора 63%-й азотной кислоты, которую получают из этого количества аммиака.

561. Вычислите массу бертолетовой соли, которую нужно разложить для выделения кислорода, необходимого для получения 10,8 г оксида алюминия из чистого металла.

562. Сожгли 12 л (при н. у.) пропана C_3H_8 , содержащего 0,02 объемных долей негорючих примесей. Полученный углекислый газ пропустили через известковую воду. Вычислите массу полученного осадка.

563. Вычислите, какая масса белого фосфора сгорела в избытке кислорода, если известно, что образовавшийся продукт растворили в избытке воды, а затем в раствор для полной нейтрализации кислоты добавили 40 мл раствора с молярной концентрацией гидроксида калия, равной 0,25 моль/л.

564. Навеску алюминия нагрели с оксидом неизвестного металла X_2O_3 , при этом получили 28 г металла X. Та же навеска алюминия полностью растворилась в соляной кислоте, вытеснив 16,8 л водорода при н. у. Назовите металл X.

565. Диоксид серы (сернистый газ), получившийся при сжигании 12,2 л сероводорода при 25 °C и $1,013 \cdot 10^5$ Па, пропустили через 500 мл 25%-го раствора гидроксида натрия (плотность раство-

ра 1,28 г/моль). Какую соль — кислую или среднюю — получили при этом? Вычислите массу этой соли.

566. Определите массу хлорида фосфора (V), растворенного в воде, если на нейтрализацию полученных при этом кислот израсходовали 200 мл 10%-го раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,109 г/мл).

567. Определите массу пирита, содержащего 10 % примесей, необходимого для получения 1 т олеума с массовой долей серного ангидрида* (триоксид серы SO_3) 10 %.

568. При действии серной кислоты на твердый гидросульфит натрия получили газ, который обесцветил 1 л раствора перманганата калия. Если к полученному раствору добавить избыток хлорида бария, выпадет 46,6 г осадка. Определите массу израсходованного гидросульфита натрия и молярную концентрацию раствора перманганата калия.

569. Оксид хрома (VI) массой 1,42 г растворили в воде, через полученный раствор пропустили избыток диоксида серы, а затем добавляли раствор аммиака до прекращения образования осадка. Затем осадок отделили от раствора и прокалили. Вычислите массу остатка после прокаливания.

570. Рассчитайте, какой объем воздуха, содержащего 79 % по объему азота, перерабатывается в процессе получения 1 т аммиачной селитры, NH_4NO_3 ?

571. Определите массу метафосфорной кислоты, полученной из фосфорного ангидрида*, который образовался при сжигании фосфина, полученного из 18,2 г фосфида кальция.

572. Сырьем для промышленного получения серной кислоты служит минерал пирит (серный колчедан), FeS_2 . Рассчитайте массу пирита, содержащего 5 % индифферентных примесей, необходимую для получения 1,5 т олеума, содержащего 8 % серного ангидрида.

* Ангидриды кислот образуются при отщеплении воды от соответствующих кислородных кислот, например, SO_3 — ангидрид серной кислоты, P_2O_5 — фосфорный ангидрид и т. д. Термин используется в технической химии.

45. Вычисления по уравнениям параллельных реакций

573. Смесь кальция и оксида кальция массой 4,8 г обработали водой. Объем выделившегося газа составил 1,12 л. Рассчитайте массовые доли компонентов смеси.

574. После нагревания смеси нитратов цинка и натрия массой 20,5 г образовавшиеся газы были пропущены через воду, причем 1,12 л газа (н. у.) не поглотилось. Определите состав смеси нитратов.

575. При окислении смеси, содержащей железо, медь и алюминий, израсходовано 5,32 л кислорода (н. у.), при взаимодействии такой же навески этой же смеси с соляной кислотой, молярная концентрация которой равна 5 моль/л, потребовалось 120 мл раствора, а при воздействии раствором гидроксида натрия выделилось 1,12 л водорода (н. у.). Определите состав смеси металлов.

576. При действии избытка соляной кислоты на 7,12 г смеси карбонатов кальция и натрия выделилось 1,568 л газа. Вычислите массу осадка, который образовался после добавления к полученному раствору избытка сульфата натрия (растворимость осадка пренебречь).

577. Смесь меди и алюминия массой 13,0 г обработали умеренно концентрированной азотной кислотой при нагревании. При этом выделилось 25,2 л газа (н. у.). Определите состав смеси металлов.

578. Смесь опилок алюминия и магния массой 4,3 г растворили в соляной кислоте, а выделившийся газ пропустили сначала через трубку, содержащую избыток оксида меди (II) и нагретую до 400 °С, а затем через трубку с P_2O_5 . В результате масса второй трубки увеличилась на 3,6 г. Рассчитайте массовую долю магния в смеси.

579. Смесь гидрокарбоната и карбоната натрия массой 95 г нагрели до постоянной массы, которая оказалась равной 79,5 г. Вычислите массовые доли компонентов смеси.

580. Смешали раствор, содержащий смесь хлоридов калия и натрия массой 5,0 г, с раствором, содержащим 33,2 г нитрата серебра. Осадок отфильтровали, а в раствор опустили медную пластинку массой 6,0 г, которую выдержали в растворе в течение времени, необходимого для полного протекания реакции. В результате масса пластинки возросла до 8,54 г. Определите состав исходной смеси.

581. В каком массовом отношении следует взять две навески одного и того же металла: а) цинковой пыли; б) алюминия, чтобы при внесении одной в раствор щелочи, а другой — в раствор соляной кислоты выделились равные объемы газов?

582. В каком массовом отношении следует взять навески магния и алюминия, чтобы при внесении их в растворы разбавленной азотной кислоты выделились равные объемы азота?

583. Сплав натрия с калием нашел применение в атомной промышленности в качестве теплоносителя. Для определения количественного состава 1,232 г сплава обработали водой. Объем выделившегося водорода, измеренный при 20 °С и давлении 103 кПа составил 0,519 л.

Рассчитайте состав (в массовых долях) натрийкалиевого сплава.

584. Смесь диоксида марганца с диоксидом неизвестного элемента массой 33,7 г обработали избытком соляной кислоты. При этом выделилось 6,72 л хлора (н. у.). Определите неизвестный диоксид, если с соляной кислотой он реагирует так же, как и MnO_2 , а молярное отношение диоксидов в смеси равно 5 : 1.

585. В воде растворили 3,855 г смеси солей KBr , NaCl , BaCl_2 . Полученный раствор обработали избытком AgNO_3 . Масса выпавшего осадка равна 6,185 г. Фильтрат после отделения осадка обработали избытком раствора H_2SO_4 . При этом получился осадок массой 2,33 г. Вычислите состав (в массовых долях) смеси солей, если второй осадок не содержал соединений серебра.

46. Вычисление количественного состава газовых смесей, если в них протекают химические реакции

586. При сжигании водорода в кислороде объем газовой смеси уменьшился на 12 мл. Вычислите объем водорода в исходной смеси. Объемы измерены при 110 °С и $1,013 \cdot 10^5$ Па.

587. Взорвали 87 мл смеси водорода с кислородом (объем измерен при 110 °С и $1,013 \cdot 10^5$ Па). После взрыва и приведения продуктов реакции к первоначальным условиям объем газа составил 60 мл. Определите состав исходной смеси.

588. Определите состав газовой смеси, которая образовалась при сгорании 20 м³ монооксида углерода в 20 м³ кислорода.

589. Смесь состоит из монооксида углерода и кислорода объемом 150 мл. Эту смесь сожгли в избытке кислорода. Объем газовой смеси уменьшился на 45 мл. Рассчитайте объемные доли компонентов исходной смеси. Все объемы приведены к одинаковым условиям.

590. Смесь водорода с хлором в объемном отношении 3 : 2 поместили в закрытый стеклянный сосуд над водой и рядом сожгли ленту магния. Как изменится давление в сосуде, если известно, что при этом прореагировало 50 % хлора? Растворимостью хлора и водорода в воде можно пренебречь.

591. Сосуд определенного объема заполнили воздухом массой 145 г, после чего в нем сожгли 6,2 г фосфора, а затем температуру привели к первоначальной. Как относится давление в сосуде после реакции к давлению до реакции? Объемом твердого продукта можно пренебречь.

592. Сожгли 50 мл смеси бутана C_4H_{10} с кислородом (кислород взят в избытке). После окончания реакции и приведения газов к начальным условиям объем смеси уменьшился на 17,5 мл. Рассчитайте объемные доли компонентов исходной и полученной смесей после реакции газовых смесей. Объемы газов измерены при 25 °C и $1,013 \cdot 10^5$ Па.

593. К смеси азота с метаном объемом 100 мл добавили 100 мл кислорода (кислород взят в избытке) и подожгли. После окончания реакции и конденсации паров воды объем газов составил 120 мл. Объемы газов измерены при одинаковых условиях. Определите объем азота в исходной смеси.

594. При сжигании 134,4 л смеси метана, монооксида углерода и этана получили 179,2 л диоксида углерода. Объемы измерены при н. у. Определите объем этана в газовой смеси.

595. Газовая смесь, состоящая из водорода, метана и монооксида углерода, имеет плотность 0,857 г/л при н. у. Для полного сжигания 1 л смеси требуется 4,52 л воздуха. Определите объемные доли компонентов смеси.

596. Смесь монооксида углерода с кислородом занимает объем 1,1 л (н. у.) После сгорания всего монооксида углерода газовую смесь пропустили через раствор гидроксида натрия, масса которого увеличилась на 1,375 г. Определите состав исходной смеси газов.

597. Смесь, состоящую из 2,8 л азота и 5,6 л водорода, пропустили над катализатором. Для поглощения образовавшегося аммиака потребовалось 22,6 мл раствора азотной кислоты плотностью 1,09 и массовой долей HNO_3 16 %. Вычислите объемные доли компонентов газовой смеси после пропускания ее над катализатором (н. у.).

598. В закрытом сосуде смешали оксид азота (II) с избытком кислорода. После окончания реакции давление в сосуде уменьшилось в 1,25 раза. Определите состав исходной и полученной газовых смесей.

47. Вычисления по уравнениям реакций с учетом практического выхода продукта

Основные расчетные формулы

$$\text{Практический выход } \eta = \frac{m_{\text{практ}}}{m_{\text{теор}}} \cdot 100 \, \%.$$

Обозначения:

$m_{\text{теор}}$ — теоретически возможная масса продукта, рассчитывают по уравнению химической реакции;

$m_{\text{практ}}$ — практически полученная масса продукта, измеряют экспериментально после реакции.

599. Для производства 142,3 кг аммиачной селитры использовали аммиак объемом 50 м³ (н. у.) и 160 л 65%-й азотной кислоты (плотность 1391 кг/м³). Определите выход продукта реакции (в %) от теоретически возможного.

600. Вычислите, какой объем 10%-го раствора хлороводорода в воде (плотность 1047 кг/м³) можно получить из 58,5 кг хлорида натрия, если выход хлороводорода равен 68 % от теоретического.

601. Для производства моноаммофоса $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ использовали 244,5 м³ аммиака (при 25 °С и $1,013 \cdot 10^5$ Па) и 1,7 т раствора 60%-й ортофосфорной кислоты. Вычислите массу полученного удобрения, если его выход составил 78 % от теоретического.

602. Рассчитайте, какой объем раствора 65%-й азотной кислоты (плотность 1391 кг/м³) можно получить из 1,5 т аммиака, если выход кислоты составляет 72 % от теоретически возможного.

603. Из природного фосфорита массой 840 кг получили фосфорную кислоту массой 500 кг. Рассчитайте массовую долю фосфата кальция в природном фосфорите, если производственные потери составляют 18 %.

604. При электролизе расплава хлорида кальция на аноде выделился хлор объемом 198 л (н. у.), а на катоде — кальций массой 240 г. Предполагая, что практический выход кальция составляет 100 %, вычислите практический выход хлора.

605. При электролизе водного раствора сульфата никеля (II) с инертными электродами получили чистый никель. При электролизе на аноде собрали кислород, объем которого равен 16,8 м³ (н. у.). Вычислите массу никеля, образовавшегося на катоде, если практический выход кислорода 100 %, а никеля — 77 %.

606. Рассчитайте массу раствора 55%-й азотной кислоты, которая получается из 1 т аммиака, если выход продукта окисления аммиака в контактном аппарате составляет 98 %, а выход кислоты в поглотительных колоннах — 94 %.

607. Вычислите массу серного колчедана, содержащего 45 % серы, необходимого для получения 405 т безводной серной кислоты при условии, что потери серы в производстве составляют 5 %.

608. Технологическая схема получения едкого натра NaOH при каустификации соды известью состоит в следующем. Порцию раствора карбоната натрия Na_2CO_3 заливают в реактор с мешалкой. Затем в реактор добавляют порцию негашеной извести CaO . Смесь нагревают при перемешивании. Получают взвесь твердых и жидких продуктов, которую декантируют (осторожно сливают), чтобы удалить как можно больше жидкости. Оставшийся отстой промывают вдвое большим по массе количеством воды, а затем отфильтровывают. На поверхности фильтра образуются влажные твердые остатки. Расход реагентов и выход продуктов (в кг) представлены на схеме. Обратите внимание, что негашеная известь CaO израсходована полностью. Вычислите выход едкого натра.

Технологическая схема получения NaOH из Na_2CO_3 .

Расход, кг		Выход, кг	
H_2O	80 320		
Na_2CO_3	8 480		
CaO	4 480		
↓ Реактор			
↓ Декантатор		Раствор	H_2O 63 224
			NaOH 4 622
↓ Фильтр			Na_2CO_3 680
Промывные воды	38 960	Фильтрат	H_2O 46 908
			NaOH 1 060
			Na_2CO_3 90
		Остаток на фильтре	H_2O 7 636
			CaCO_3 7 200
			Ca(OH)_2 592
			NaOH 78
			Na_2CO_3 78
Итого	132 240	Итого	132 240

609. На производстве для получения 1000 кг сульфата аммония расходуется 970 кг серной кислоты с массовой долей 78 % и 270 кг аммиака. Вычислите массовую долю выхода сульфата аммония по отношению:

- а) к расходуемой кислоте;
- б) к расходуемому аммиаку.

610. Солевая масса, получаемая из вод Балтийского моря, содержит в среднем 84,7 % хлорида натрия и 9,7 % хлорида магния. Сколько солевой массы требуется для получения 315,5 м³ хлора (н. у.), если массовая доля выхода конечного продукта составляет 91,9 %.

611. Дихромат натрия $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ получают из хромистого железняка $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$, подвергая его окислительной плавке в присутствии соды при участии кислорода воздуха. Образующийся хромат натрия, Na_2CrO_4 , извлекают из плава водой и полученный раствор обрабатывают серной кислотой. Побочными продуктами являются оксид железа (III) и углекислый газ. Вычислите массу сырья, содержащего 45 % хромита железа, соды и кислоты, расходуемых при получении 10 т дихромата натрия, если массовая доля выхода конечного продукта составляет 87 %, а расход соды и кислоты на 50 % больше теоретического.

48. Вычисления на основе закона эквивалентных отношений

Основные расчетные формулы

Количество вещества эквивалентов:

$$n_{\text{экв}}(A) = n \left(\frac{1}{Z} A \right),$$

где Z — эквивалентное число

Молярная масса эквивалентов вещества:

$$M_{\text{экв}}(A) = M \left(\frac{1}{Z} A \right)$$

(для водорода — 1 г/моль, для кислорода — 8 г/моль)

Объем эквивалентов вещества:

$$V_{\text{экв}}(A) = \frac{V_m}{Z},$$

(для водорода — 11,2 л/моль, для кислорода — 5,6 л/моль)

Закон эквивалентных отношений:

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{M_{\text{экв}}(A)}{M_{\text{экв}}(B)}$$

Определение $n_{\text{экв}}(A)$:

$$n_{\text{экв}}(A) = \frac{m(A)}{M_{\text{экв}}(A)}$$

Эквивалентное соотношение:

$$n_{\text{экв}}(A) = n_{\text{экв}}(B)$$

612. Рассчитайте молярную массу эквивалентов некоторого неметалла (не Me), если известно, что его образец массой 1,0 г полностью сгорает в кислороде, масса которого также равна 1,0 г. Назовите неметалл, если степень его окисления в оксиде равна +4.

613. При растворении в кислоте некоторого металла массой 1,8 г выделилось 2,24 л (н. у.) водорода. Определите молярную массу эквивалентов этого металла.

614. Один из металлов группы IIA Периодической системы элементов массой 2,25 г при взаимодействии с соляной кислотой вытесняет 6,01 л водорода при 20 °C и $1,013 \cdot 10^5$ Па. Назовите металл.

615. Рассчитайте молярную массу эквивалентов одного из металлов группы IIA Периодической системы элементов, если при соединении 3,6 г этого металла с хлором было получено 14,1 г соли. Молярная масса эквивалентов хлора равна 35,5 г/моль. Назовите металл.

616. Один из металлов группы IIIA Периодической системы элементов образует оксид, массовая доля металла в котором составляет 52,94 %. Назовите металл.

617. Вычислите степень окисления марганца в его оксиде, содержащем 36,78 % кислорода. Составьте формулу оксида.

618. Мышьяк образует два оксида, массовая доля мышьяка в которых соответственно равна 65,2 и 75,7 %. Рассчитайте молярную массу эквивалентов мышьяка в этих оксидах и составьте их формулы.

619. Гидрид металла содержит 4,76 % водорода. Рассчитайте молярную массу эквивалентов металла и назовите металл.

620. Навеска металла вытесняет из кислоты 140 мл водорода (н. у.). Эта же навеска вытесняет 1,295 г свинца из растворов его солей. Рассчитайте молярную массу эквивалентов свинца.

621. В раствор, содержащий 3,2 г ионов металла, погрузили железную пластину массой 50 г. После полного выделения металла на пластине ее масса увеличилась на 0,8 %. Рассчитайте молярную массу эквивалентов металла.

622. Вычислите молярную массу эквивалентов висмута, если известно, что на окисление 1,74 г висмута израсходовали 153 мл кислорода при 25 °C и $1,013 \cdot 10^5$ кПа.

623. Алюминий массой 0,4092 г растворили в серной кислоте. Выделившийся водород занимает объем 0,548 л при 19 °C и 755 мм рт. ст. Вычислите молярную массу эквивалентов алюминия.

624. При электролизе раствора соли металла током силой 4,4 А за 1 час 12 мин 22 сек выделилось 1,782 г металла. Для нагревания такой же массы металла от 293,15 К до 373,15 К затрачено 128,8 Дж теплоты. Используя эти данные, рассчитайте значение атомной массы металла.

49. Химические эквиваленты сложных веществ

Основные расчетные формулы

Молярная масса эквивалентов элемента в соединении A_aB_b :

$$M_{\text{экв}}(A^{b+}) \equiv M\left(\frac{1}{b} A^{b+}\right) = \frac{M(A)}{b},$$

где b — эквивалентное число

Молярная масса эквивалентов оксида A_2O_b :

$$M_{\text{экв}}(A_2O_b) \equiv M\left(\frac{1}{2b} A_2O_b\right) = \frac{M(A_2O_b)}{2b}$$

Молярная масса эквивалентов кислоты H_aB :

$$M_{\text{экв}}(H_aB) \equiv M\left(\frac{1}{a} H_aB\right) = \frac{M(H_aB)}{a},$$

где a — основность кислоты

Молярная масса эквивалентов основания $A(OH)_b$:

$$M_{\text{экв}}[A(OH)_b] = M \left[\frac{1}{b} A(OH)_b \right] = \frac{M[A(OH)_b]}{b},$$

где b — кислотность основания

Молярная масса эквивалентов соли A_aB_b :

$$M_{\text{экв}}(A_aB_b) = M \left(\frac{1}{a \cdot b} A_aB_b \right) = \frac{M(A_aB_b)}{a \cdot b}$$

625. Определите молярную массу эквивалентов

а) металла в следующих соединениях: Mn_2O_7 , $Ba(OH)_2$, $Ca_3(PO_4)_2$, $Mg_2P_2O_7$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$;

б) кислотных остатков в следующих кислотах: HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 ;

в) следующих солей: $CuCl_2$, ZnS , $NaNO_3$, K_2SO_4 , $Al_2(SO_4)_3$.

626. Вычислите молярную массу эквивалентов H_3PO_4 при реакциях обмена, в результате которых образуются: а) Na_3PO_4 ; б) Na_2HPO_4 ; в) NaH_2PO_4 .

627. Определите молярную массу эквивалентов некоторого металла в двух его оксидах: а) если при восстановлении водородом первого оксида массой 1,0 г образуется 0,126 г воды; б) при восстановлении водородом второго оксида массой 1,0 г образуется 0,226 г воды.

628. Определите молярную массу эквивалентов одного из металлов группы IIA Периодической системы элементов, если 5,6 г оксида этого металла образуют 13,6 г сульфата металла. Назовите металл.

629. При пропускании сероводорода через раствор, содержащий 2,025 г хлорида металла XCl_2 , последний полностью превращается в 1,44 г сульфида XS . Вычислите молярную массу эквивалентов металла.

630. На полную нейтрализацию раствора кислоты, масса кислоты в котором 7,35 г, израсходовали раствор гидроксида натрия, масса гидроксида натрия в котором 6,0 г. Вычислите: а) молярную массу эквивалентов кислоты; б) количество вещества эквивалентов гидроксида натрия.

631. Раствор серной кислоты, объем которого равен 200 мл, содержит 39,2 г серной кислоты. Вычислите: а) молярную концентрацию H_2SO_4 ; б) молярную концентрацию эквивалентов H_2SO_4 ,

если основность H_2SO_4 равна 2. Как связаны между собой молярная концентрация и молярная концентрация эквивалентов H_2SO_4 ?

632. Смешали два раствора гидроксида калия — первый объемом 400 мл с молярной концентрацией эквивалентов KOH 0,6 моль/л, а второй объемом 800 мл и с молярной концентрацией эквивалентов KOH 1,5 моль/л. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов KOH в полученном растворе.

633. Вычислите, какой объем раствора с молярной концентрацией H_2SO_4 , равной 0,25 моль/л, можно полностью нейтрализовать, если добавить 0,4 л раствора с молярной концентрацией $\text{Ca}(\text{OH})_2$, равной 0,15 моль/л.

634. Слили два раствора — раствор азотной кислоты, объем которого 300 мл и молярная концентрация эквивалентов HNO_3 0,48 моль/л, и раствор гидроксида бария, объем которого 350 мл и молярная концентрация эквивалентов $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,24 моль/л. Какую среду — кислую или щелочную — будет иметь полученный раствор?

635. Медь образует два оксида. В первом на 1,000 г кислорода приходится 3,973 г меди, а во втором на 1,000 г кислорода приходится 7,964 г меди. Определите степени окисления меди в оксидах.

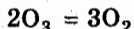
636. На нейтрализацию 0,41 г фосфористой кислоты H_3PO_3 израсходовали 0,56 г гидроксида калия. Вычислите основность кислоты.

637. На осаждение хлора, находящегося в 0,5833 г соли, израсходовали 0,9520 г нитрата серебра. Определите молярную массу эквивалентов соли.

50. Скорость химической реакции

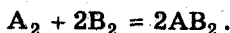
638. Определите среднюю скорость реакции водорода с йодом, если начальные концентрации водорода и йода составили соответственно 1,0 моль/л и 1,2 моль/л, а спустя 30 минут концентрация водорода уменьшилась до 0,5 моль/л.

639. Средняя скорость превращения озона в реакции



равна $9,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л · с. В некоторый момент концентрация озона в газовой смеси составляла $1,33 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Найдите концентрацию озона в этой смеси через 60 минут.

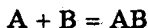
640. Реакция проходит по уравнению:



Начальные концентрации веществ A_2 и B_2 составляли 1,2 моль/л и 1,5 моль/л соответственно.

Спустя 30 секунд концентрация вещества A_2 снизилась до 0,8 моль/л. Какова в этот момент будет концентрация вещества B_2 ? Вычислите среднюю скорость реакции по веществу A_2 и по веществу B_2 .

641. Зависимость между скоростью химической реакции и концентрациями реагирующих веществ определяется «законом действующих масс»: при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ. Для реакции

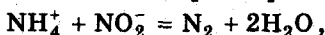


скорость реакции можно представить в виде:

$$v = kc(A) \cdot c(B),$$

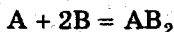
где k — константа скорости реакции.

Вычислите скорость реакции:



если $c(NH_4^+) = c(NO_2^-) = 0,1$ моль/л; $k = 2,7 \cdot 10^{-4}$ моль⁻¹ · л · с⁻¹.

642. Скорость химической реакции



можно выразить уравнением: $v = k \cdot c(A) \cdot c^2(B)$.

Начальные концентрации веществ составляли:

$$c_0(A) = 0,8 \text{ моль/л}, \quad c_0(B) = 1,2 \text{ моль/л}.$$

Как изменится скорость реакции в момент, когда концентрация вещества B уменьшится в два раза?

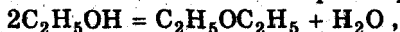
643. Как повлияет на скорость реакции $CO_2, \text{газ} + C, \text{граф} = 2CO$, газ увеличение в два раза давления углекислого газа?

644. В реакции $2NO + O_2 = 2NO_2$ объем реагирующей смеси газов уменьшили в два раза. Как изменится при этом скорость реакции, если она может быть представлена как

$$v = k \cdot c^2(NO) \cdot c(O_2)?$$

645. Как изменится скорость реакции образования бромоводорода, если концентрацию брома увеличить в два раза, а водорода — в четыре раза?

646. Как изменится скорость реакции



если концентрацию этанола увеличить с 0,1 до 0,5 моль/л?

647. Как следует изменить концентрацию оксида углерода (II) в реакции $2\text{CO} = \text{CO}_2 + \text{C}$, чтобы ее скорость увеличилась в четыре раза, если $v = k \cdot c^2(\text{CO})$?

648. Запишите соотношения между скоростью расходования реагента (скорость реакции по реагенту) и скоростями образования каждого продукта (скорость реакции по продукту) для реакции



649. Средняя скорость образования кислорода из озона по реакции $2\text{O}_3 = 3\text{O}_2$ за некоторый промежуток времени равна $13,5 \cdot 10^{-3}$ атм/с. Определите скорость этой реакции по озону (скорость расходования озона за этот промежуток времени).

650. В лаборатории экспериментально определили объем углекислого газа, выделяющегося в реакции между мраморной крошкой и разбавленной соляной кислотой. Постройте график зависимости объема выделяющегося углекислого газа от времени t реакции и на его основе вычислите среднюю скорость реакции в интервале $t_1 = 20$ с и $t_2 = 40$ с.

$t, ^\circ\text{C}$	0	15	30	45	60	75	90	105
$V, \text{см}^3$	0	27	47	61	69	75	80	80

51. Зависимость скорости реакции от температуры. Энергия активации

651. Во сколько раз возрастет скорость химической реакции, если увеличить температуру с 60 до 100 $^\circ\text{C}$? Температурный коэффициент реакции принять равным 3.

652. Температурный коэффициент реакции равен 2. Как следует изменить температуру реакционной смеси, чтобы увеличить скорость реакции в 128 раз?

653. Вычислите температурный коэффициент реакции, скорость которой возрастает в 40 раз при повышении температуры от 40 до 80 $^\circ\text{C}$.

654. Температурный коэффициент реакции $\gamma = 3,5$. Вычислите скорость этой реакции при 80°C , если при 40°C она равна $0,1$ моль/л $\cdot$ с.

655. В общем случае зависимость скорости реакции от температуры может быть представлена уравнением Аррениуса:

$$k = A \exp(-E_a/RT),$$

где k — константа скорости реакции; A — постоянная величина; E_a — энергия активации реакции — дополнительная энергия, необходимая молекулам для участия в реакции; R — газовая постоянная; T — абсолютная температура.

Вычислите E_a реакции, скорость которой при повышении температуры от 27 до 47°C возрастает в 5 раз.

656. Вычислите температурный коэффициент реакции, если при 80°C она заканчивается за 320 секунд, а при 110°C — за 40 секунд.

657. Вычислите энергию активации реакции, для которой температурный коэффициент реакции при 400 K равен 4 .

658. Константа скорости реакции разложения N_2O_5

$2\text{N}_2\text{O}_5 = 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
при 45°C равна $6,2 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Вычислите константу скорости этой реакции при 100°C , если энергия активации реакции равна 103 кДж/моль .

659. Как изменится скорость реакции в присутствии катализатора, если энергия активации реакции с участием катализатора $37,82 \text{ кДж/моль}$, а при его отсутствии — $70,30 \text{ кДж/моль}$. Температуру принять равной 298 K .

660. Как увеличится скорость реакции при 366 K , если энергию активации ее уменьшить на 7 кДж/моль ?

661. Температурный коэффициент скорости некоторой реакции равен $2,3$. Во сколько раз изменится скорость этой реакции, если понизить температуру на 25 градусов?

662. Вычислите температурный коэффициент скорости реакции, если при увеличении температуры на 30 градусов скорость реакции возросла в $15,6$ раз.

663. Реакция при температуре 20°C проходит за 135 с . Через какое время закончится эта реакция при 40°C , если температурный коэффициент реакции равен 3 ?

52. Химическое равновесие.

Константа равновесия

664. Вычислите константу равновесия реакции $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, если равновесные концентрации составляют:

$$[\text{NO}_2] = 0,8 \text{ моль/л}; [\text{NO}] = 0,4 \text{ моль/л}; [\text{O}_2] = 0,2 \text{ моль/л}.$$

665. При определенных условиях равновесные концентрации веществ в реакции синтеза аммиака составили: $[\text{NH}_3] = 1,2 \text{ моль/л};$

$[\text{N}_2] = 0,8 \text{ моль/л}; [\text{H}_2] = 0,2 \text{ моль/л}.$ Вычислите константу равновесия реакции.

666. В сосуд объемом 2 л поместили 0,4 моль SO_2 и 0,2 моль O_2 . К моменту установления равновесия образовалось 0,02 моль SO_3 . Рассчитайте константу равновесия реакции.

667. Смесь CH_4 и H_2O пропустили над никелевым катализатором при 1200 К. Выходящий из реактора газ содержит вещества в таких концентрациях:

$$[\text{CO}] = 0,616 \text{ моль/л}; [\text{CH}_4] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,538 \text{ моль/л}.$$

Считая, что в реакторе достигается равновесие, вычислите константу равновесия происходящей реакции.

668. В сосуд вместимостью 1 л поместили смесь, состоящую из 0,03 моль SO_2 , 0,01 моль SO_3 , 0,04 моль NO_2 и 0,04 моль NO . В результате протекания реакции к моменту установления равновесия в сосуде содержалось 0,01 моль SO_2 . Найдите равновесные концентрации остальных веществ, участвующих в реакции, и константу равновесия.

669. Константа равновесия реакции $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ при 1263 К равна 0,51. Найдите состав реакционной смеси после достижения равновесия, если в реакционный сосуд емкостью 20 л ввели по 2 моль оксида углерода (II) и водяного пара.

670. Найдите количества вещества HI , I_2 и H_2 в момент равновесия, если константа равновесия реакции $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ при 440 °C равна $\frac{1}{64}$, и для реакции был взят 1 моль HI .

671. Какое количество йодоводорода образуется из 1 моль I_2 и 2 моль H_2 , если константа равновесия реакции $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$ равна 50?

672. Константа равновесия реакции $A + B \rightleftharpoons 2E + D$ равна 1 моль / л. Равновесные концентрации $[A] = 4$ моль/л; $[B] = 8$ моль/л. Рассчитайте равновесные концентрации веществ E и D, если их начальные концентрации равны нулю.

673. При некоторой температуре константа скорости реакции этерификации

$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$ равна 0,8, а константа скорости обратной реакции $CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$ составляет 0,2. Найдите константу равновесия реакции этерификации.

674. Какую размерность имеют константы равновесия в следующих равновесных системах:

- а) SO_2 , газ + Cl_2 , газ $\rightleftharpoons SO_2Cl_2$, газ;
- б) H_2 , газ + Br_2 , газ $\rightleftharpoons 2HBr$, газ;
- в) $3H_2$, газ + N_2 , газ $\rightleftharpoons 2NH_3$, газ?

675. Как изменится выражение для константы равновесия K , если все коэффициенты в полном уравнении реакции: а) умножить

на 3; б) разделить на 3; в) умножить на $\frac{1}{2}$?

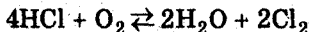
676. Уравнение синтеза аммиака может быть записано как с целочисленными, так и с дробными коэффициентами:

- а) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$, K_1 ;
- б) $\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \rightleftharpoons NH_3$, K_2 ;
- в) $\frac{1}{3}N_2 + H_2 \rightleftharpoons \frac{2}{3}NH_3$, K_3 .

Составьте выражения для констант равновесия K_1 , K_2 и K_3 и установите соотношение между ними.

53. Вычисления равновесного состава

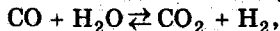
677. Равновесие гомогенной реакции:



установилось при концентрации HCl равной 0,20 моль/л и O_2 — 0,32 моль/л. Вычислите равновесные концентрации хлора и водя-

ных паров, если начальные концентрации HCl и O_2 были 0,48 и 0,39 моль/л, а объем реакционной смеси постоянный.

678. Вычислите равновесные концентрации CO , H_2O и H_2 при постоянном давлении в реакции



если начальные концентрации оксида углерода (II) и водяных паров равны 0,03 моль/л, а равновесная концентрация диоксида углерода 0,01 моль/л. Рассчитайте константу равновесия.

679. Определите равновесные концентрации йода и водорода в реакции диссоциации йодоводорода, если начальная концентрация HI равна 0,12 моль/л, а константа соответствующего равновесия $K = 2 \cdot 10^{-2}$.

680. При нагревании до определенной температуры железной окалины [оксид железа (III)] в наполненном водородом закрытом сосуде получается смесь, содержащая 35 % по объему водорода и 65 % по объему водяного пара, состав которой со временем не изменяется. Каким будет состав газовой смеси, образующейся в сосуде, наполненном водяными парами и содержащем достаточно большое количество металлического железа, если реакция протекает при той же температуре?

681. При некоторой температуре константа равновесия реакции $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ равна $0,5 \text{ (моль/л)}^{-2}$. Равновесные концентрации водорода и аммиака равны 0,2 и 0,1 моль/л соответственно. Вычислите равновесную и начальную концентрации азота, считая объем реакционной смеси постоянным.

682. В закрытом сосуде происходит обратимая реакция $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$.

В некоторый момент концентрации были следующими:

$$c(\text{NO}_2) = c(\text{O}_2) = 0,05 \text{ моль/л}; c(\text{NO}) = 0,1 \text{ моль/л}.$$

Найдите концентрации всех веществ в момент, когда концентрация кислорода уменьшится на 0,02 моль/л.

683. Вычислите константу равновесия обратимой реакции $2\text{NO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{NOCl}$, если начальные концентрации оксида азота (II) и хлора соответственно равны 0,5 и 0,2 моль/л, а к моменту наступления равновесия прореагировало 20 % оксида азота.

684. В сосуде объемом 1 л находится 0,2 моль COCl_2 . При определенных условиях степень диссоциации COCl_2 равняется 50 %. Какое количество вещества COCl_2 следует поместить в такой же сосуд при таких же условиях, чтобы степень диссоциации была 25 %?

685. Константа равновесия реакции $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ при 1500 К равна $1,0 \cdot 10^{-5}$. Рассчитайте равновесные концентрации веществ, если в начальный момент в сосуд емкостью 2,0 л поместили 0,5 моль NO.

686. Константа равновесия K_p^0 реакции $NH_4HS, \text{газ} \rightleftharpoons NH_3, \text{газ} + H_2S, \text{газ}$ равна при 295 К $1,2 \cdot 10^{-4}$ моль²/л². Рассчитайте равновесные концентрации NH_3 и H_2S , если равновесие достигается в замкнутом сосуде.

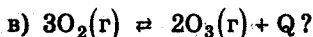
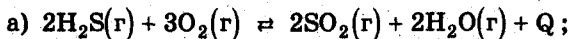
687. При некоторой температуре равновесие в системе $2A, \text{газ} \rightleftharpoons 2B, \text{газ} + C, \text{газ}$ установилось при следующих равновесных концентрациях $[A] = 0,06$ моль/л, $[B] = 0,24$ моль/л, $[C] = 0,12$ моль/л. Вычислите константу равновесия этой реакции.

688. Начальные концентрации веществ А и В равны соответственно 2,76 моль/л и 5,52 моль/л. Через некоторое время после начала реакции $A, \text{газ} + 2B, \text{газ} \rightleftharpoons C, \text{газ}$ в системе установилось равновесие. Вычислите равновесные концентрации, если константа равновесия равна 2,5.

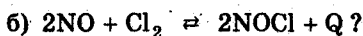
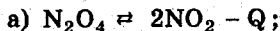
689. Константа равновесия реакции $FeO, \text{тв} + CO, \text{газ} \rightleftharpoons Fe, \text{тв} + CO_2, \text{газ}$ при некоторой температуре равна 0,5. Равновесные концентрации CO и CO_2 равны соответственно 0,04 моль/л и 0,02 моль/л. Вычислите начальные концентрации этих веществ.

54. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье

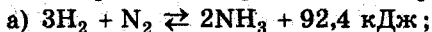
690. Как повлияет изменение температуры, давления и объема системы на состояние равновесия в реакциях:



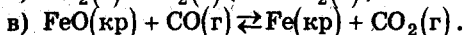
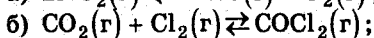
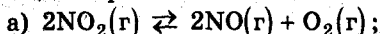
691. Как повлияет повышение температуры и понижение давления на равновесие следующих реакций:



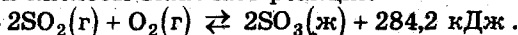
692. Каким образом можно нарушить состояние равновесия и сместить равновесие реакции в сторону образования продуктов:



693. Как изменятся при увеличении объема системы скорости прямых и обратных реакций? В каком направлении произойдет смещение равновесий?



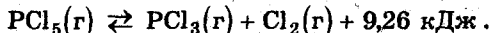
694. Одна из стадий технологического процесса получения серной кислоты включает реакцию



Изменением каких условий можно добиться смещения равновесия в сторону образования оксида серы (VI)?

695. В каком направлении смещается равновесие $2\text{A}(\text{кр}) + \text{B}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{AB}(\text{г})$ при повышении температуры на 20°C , если температурный коэффициент прямой реакции $\gamma_1 = 2,5$, а температурный коэффициент обратной — $\gamma_2 = 3,0$?

696. Экзотермическую реакцию разложения пентахлорида фосфора описывает уравнение:



Как надо изменить условия, чтобы сместить равновесие в сторону прямой реакции разложения?

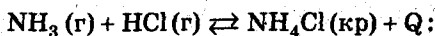
697. В условиях равновесия в закрытом сосуде для реакции $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ определены концентрации веществ:

$$[\text{CO}] = 0,18 \text{ моль/л}; [\text{H}_2\text{O}] = 0,8 \text{ моль/л}, [\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 0,12 \text{ моль/л}.$$

В каком направлении сместится равновесие и какими станут концентрации веществ после установления нового равновесия, если в сосуд дополнительно ввести водяные пары с концентрацией $0,1 \text{ моль/л}$?

698. Изменится ли давление в стеклянном баллоне, если смешать равные объемы водорода и хлора и облучить баллон ультрафиолетовыми лучами?

699. Как повлияет на состояние равновесия реакции



- а) повышение температуры;
- б) повышение давления?

700. При каких условиях равновесие в системе



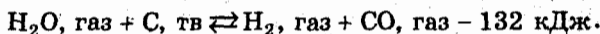
можно сместить в сторону образования бромоводорода?

701. Как изменится химическое равновесие в следующих обратимых системах:

- а) $\text{A}, \text{газ} + \text{B}, \text{газ} \rightleftharpoons \text{C}, \text{газ}, \Delta H < 0$;
- б) $\text{A}, \text{газ} + \text{B}, \text{газ} \rightleftharpoons 2\text{C}, \text{газ}, \Delta H > 0$;
- в) $\text{A}, \text{газ} + \text{B}, \text{газ} \rightleftharpoons 3\text{C}, \text{газ}, \Delta H < 0$

при повышении температуры, при повышении давления, при увеличении концентрации реагента А, при увеличении концентрации продукта С, при введении катализатора?

702. Для получения водяного газа через слой порошка угля пропускают водяной пар, обогащенный кислородом. Процесс проводят в непрерывно действующем реакторе при 1000 °С. Основная реакция этого процесса:



Объясните, для чего водяной пар обогащают кислородом. Как перерабатывают водяной пар для получения водорода?

55. Электронное строение органических соединений

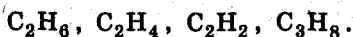
703. Приведите электронное строение молекул H_2O , NH_3 , CH_4 , ионов H_3O^+ , NH_4^+ . Укажите изоэлектронные частицы.

704. Приведите электронные конфигурации атома углерода в основном и возбужденном состояниях.

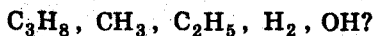
705. Назовите типы гибридизации, характерные для атома углерода, охарактеризуйте для каждого типа гибридизации пространственную направленность гибридных орбиталей.

706. Укажите, в каких состояниях гибридизации атом углерода может образовывать: а) σ -связи; б) π -связи.

707. Среди приведенных ниже соединений найдите вещества с π -связями и определите, сколько σ - и сколько π -связей в молекулах этих соединений:

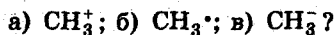


708. Какие из приведенных ниже формул соответствуют устойчивым молекулам, а какие — свободным радикалам:



709. Объясните, может ли в случае углерода существовать ион CH_5^+ — аналог ионов NH_4^+ и H_3O^+ .

710. В каком состоянии гибридизации находится атом углерода в частицах:



711. Ниже описаны свойства соединений А и Б — неорганической соли бромида калия и типичного органического вещества ацетона. Определите, какому соединению соответствует каждое описание, и объясните свое решение.

А — кристаллическое вещество с высокими температурами плавления и кипения; водной раствор А проводит электрический ток; реакции с участием А в растворах проходят практически мгновенно.

Б — летучая легко кипящая жидкость, водный раствор Б не проводит ток, реакции с участием Б требуют нагревания и проходят длительно.

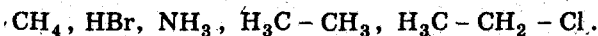
712. Во многих органических соединениях существуют достаточно длинные цепочки связанных друг с другом атомов углерода. Является ли образование таких цепочек отличительным признаком органических веществ?

713. Приведите электронные формулы следующих частиц: $H_3C-CH_2^{\cdot}$, $H_3C-CH_2^+$. В каком состоянии гибридизации находятся атомы углерода в этих частицах?

714. Среди перечисленных ниже соединений укажите вещества: а) с ковалентными; б) с ионными связями.

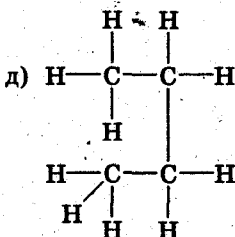
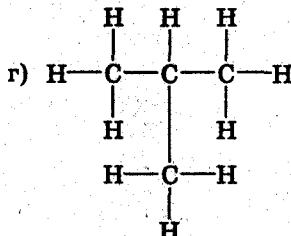
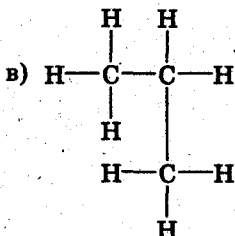
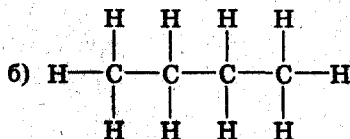
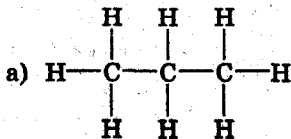


715. Среди перечисленных ниже соединений укажите вещества с полярными молекулами.



56. Предельные углеводороды: структурные формулы, структурные изомеры

716. Укажите, какие из структурных формул отвечают одним и тем же соединениям.



717. Углеводород имеет нормальное строение, если каждый из углеродных атомов в цепочке (кроме крайних) соединен ковалентными связями с двумя другими атомами углерода. Напишите структурные формулы предельных углеводородов нормального строения с четырьмя, пятью и семью атомами углерода.

718. Напишите структурные формулы всех изомеров предельных углеводородов, имеющих в своем составе: а) четыре; б) пять атомов углерода.

719. Атом углерода, соединенный в молекуле ковалентной связью с одним атомом углерода, называют первичным.

Атом углерода, соединенный ковалентными связями с двумя атомами углерода, называют вторичным.

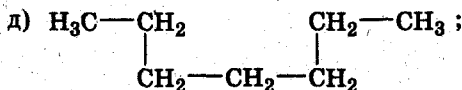
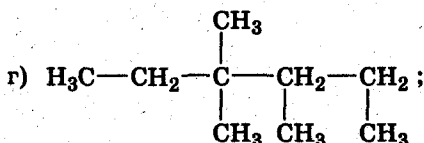
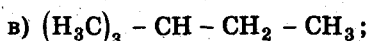
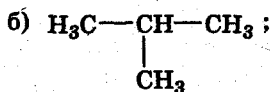
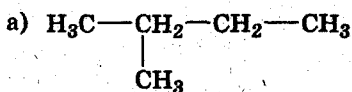
Какие атомы углерода называют третичными и четвертичными? Приведите по одному примеру соединений с первичными, вторичными, третичными и четвертичными атомами углерода.

720. Сколько углеводородов с общей формулой C_5H_{12} содержат в своем составе: а) первичные; б) вторичные; в) третичные; г) четвертичные атомы углерода? Запишите структурные формулы этих углеводородов.

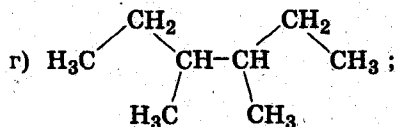
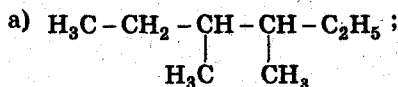
721. Запишите структурные формулы всех изомеров состава C_6H_{14} , содержащих третичные атомы углерода.

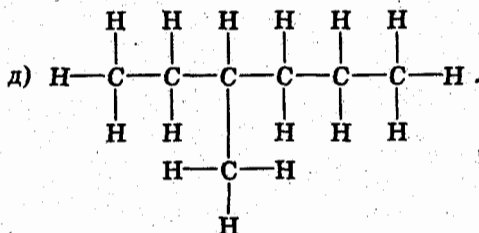
722. Запишите структурные формулы всех изомеров состава C_7H_{16} , содержащих четвертичные атомы углерода.

723. Найдите среди приведенных структурных формул написанные неправильно и исправьте их.



724. Среди приведенных ниже структурных формул найдите такие, которые соответствуют одним и тем же веществам:





725. Запишите структурные формулы всех изомеров состава C_8H_{14} ; отметьте первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода.

726. Напишите структурные формулы всех изомерных углеводородов состава C_8H_{18} , содержащих третичный атом углерода.

727. Напишите структурные формулы простейших углеводородов, содержащих: а) вторичный; б) третичный атомы углерода.

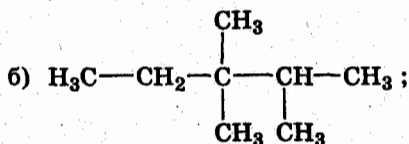
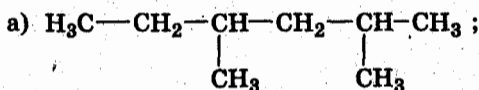
728. Напишите структурные формулы всех изомерных углеводородов с пятью атомами углерода, которые можно вывести из углеводорода $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ замещением атомов водорода на группу $-\text{CH}_3$.

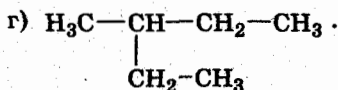
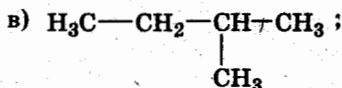
57. Номенклатура и синтез алканов

729. Сформулируйте понятие гомологического ряда, запишите общую формулу членов гомологического ряда алканов. С ее помощью установите, какие гомологи легче воздуха, а какие — тяжелее.

730. В каком объемном отношении следует смешать метан CH_4 и пропан C_3H_8 , чтобы их смесь имела ту же плотность, что и воздух?

731. Назовите по международной номенклатуре следующие алканы:



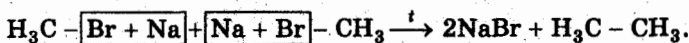


732. Напишите структурные формулы углеводов:

- а) 3-метил-3-этилпентана;
 б) 2, 2, 4, 4-тетраметилпентана;
 в) 3, 4-диэтилоктана;
 г) 4-изопропилгептана.

733. Правильно ли названы следующие соединения: а) 3-метилбутан; б) 2, 4, 4-триметилпентан; в) 3-метил-3-этилгексан; г) 2-этил-3, 3-диметилпентан? Исправьте допущенные ошибки в названиях.

734. Алканы можно получить по реакции Вюрца. Например, этан получают из бромметана H_3CBr :

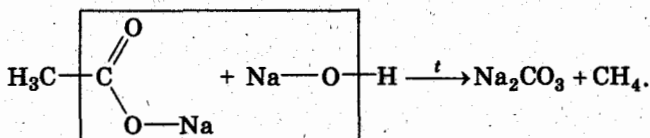


Из каких соединений по реакции Вюрца можно получить *n*-бутан?

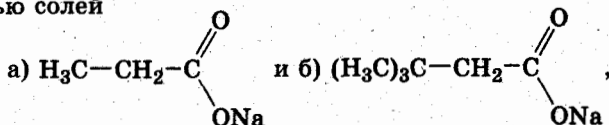
735. По реакции Вюрца получите: а) *n*-октан; б) 2,5-диметилгексан.

736. Какие продукты получатся, если нагреть с металлическим натрием смесь йодэтана и 1-йодбутана?

737. Алканы синтезируют, прокаливая натриевые соли карбоновых кислот со щелочами. Например, метан получается при реакции



Напишите реакции, происходящие при прокаливании со щелочью солей



и назовите полученные углеводороды.

738. Предложите способ получения 2,4-диметилпентана из соединения, содержащего 8 атомов углерода. Напишите уравнение реакции.

739. По способу Вюрца получите: а) *n*-декан, б) 2,3-диметилбутан.

740. Напишите уравнения реакции, позволяющих в лабораторных условиях синтезировать этан.

741. Напишите структурные формулы углеводородов, которые получатся при действии металлического натрия на смесь 2-йодпропана с 1-бромбутаном.

58. Строение и свойства алканов

742. Запишите электронно-точечные формулы (формулы Льюиса) этана и 2-метилпропана. В каком состоянии гибридизации находятся атомы углерода в этих соединениях?

743. Для алканов характерны реакции замещения атомов водорода, происходящие по радикальному механизму. Запишите основные стадии процесса хлорирования метана на свету.

744. Устойчивость свободных радикалов — промежуточных короткоживущих частиц в реакциях, происходящих по радикальному механизму, зависит от того, из какого углеводорода эти радикалы образовались. Первичными называют радикал метил $\cdot\text{CH}_3$ и радикалы, образовавшиеся при отрыве атома водорода от первичного атома углерода, вторичными — при отрыве атома водорода от вторичного атома углерода, третичными — при отрыве атома водорода от третичного атома углерода. Устойчивости первичных, вторичных и третичных радикалов относятся друг к другу примерно как 1 : 30 : 1500. Основываясь на этих данных, рассчитайте соотношение разных изомеров, получающихся при замещении на атом брома одного атома водорода: а) в *n*-бутане; б) 2-метилпропане.

745. При хлорировании метана всегда получается смесь нескольких соединений. Объясните этот факт, принимая во внимание механизм реакции.

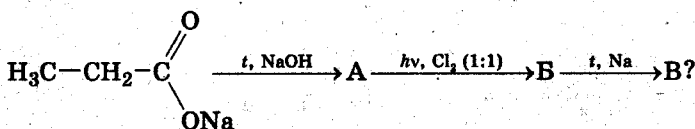
746. Алканы горят на воздухе, выделяя много теплоты. Объясните, почему низшие алканы (метан, этан, пропан, бутан) горят светло-синим пламенем без копоти, а горение парафина (смеси твер-

дых алканов) в фарфоровой чашке сопровождается образованием большого количества копоти.

747. *n*-Гексан кипит при 69 °С, а 2,2-диметилбутан — при 50 °С. Имея в виду, что летучесть зависит от энергии взаимодействия между молекулами, объясните большую летучесть 2,2-диметилбутана.

748. Один из изомеров гексана при бромировании образует только два монобромпроизводных. Напишите структурную формулу этого изомера и назовите его.

749. Какие соединения можно получить при следующих превращениях:

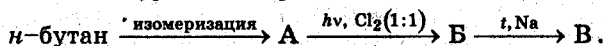


Напишите соответствующие уравнения реакций.

750. Назовите вещество состава C_5H_{12} , если при его хлорировании получается преимущественно третичное хлорпроизводное.

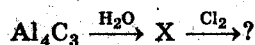
751. Один из важных методов производства алканов — крекинг (нагревание углеводородов до 400—500 °С в присутствии катализатора). При этом алканы нормального строения переходят в другие изомеры, с разветвленными цепями (происходит реакция изомеризации).

Составьте уравнения реакций, отвечающие следующей схеме:



752. Сколько первичных, вторичных и третичных монобромзамещенных соответствует углеводороду $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHC}_2\text{H}_5$? Напишите структурные формулы.

753. Какие продукты получатся в результате следующих превращений:

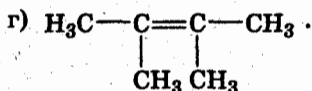
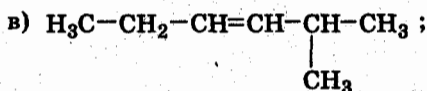
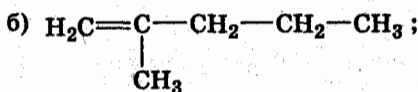
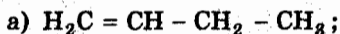


Напишите уравнения реакций.

754. Углеводород состава C_6H_{14} получается без побочных продуктов по реакции Вюрца и дает два изомерных монохлорпроизводных. Назовите его по систематической номенклатуре.

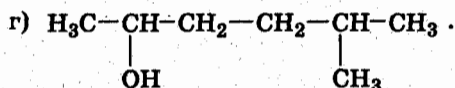
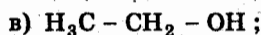
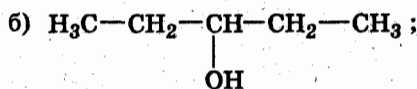
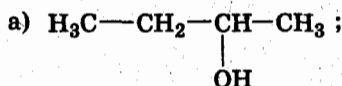
59. Алкены: номенклатура, синтез, цис-транс-изомерия

755. Назовите следующие соединения:



756. Правильно ли названы следующие углеводороды: а) 4-гексен; б) 2-метил-2-бутен; в) 2, 3-диэтил-2-бутен? Напишите структурные формулы этих углеводородов, исправьте неверные названия.

757. Напишите уравнения реакций, происходящих при дегидратации следующих спиртов:



Назовите полученные углеводороды.

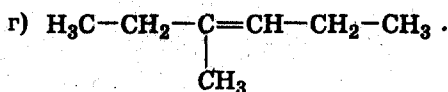
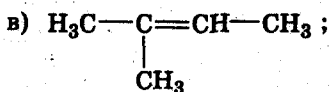
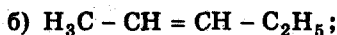
758. Получите алкены: а) из 1-бромбутана; б) 1-йодпропана; в) 2-хлор-2-метилбутана. Назовите полученные углеводороды.

759. Из ацетилена $\text{HC} \equiv \text{CH}$ получите этилен.

760. Получите алкены: а) из 1,2-дибромпропана; б) 2, 3-дйодпентана. Назовите полученные углеводороды.

761. Напишите уравнения реакций дегидрогенизации: а) *n*-бутана; б) 2-метилпентана и укажите условия их проведения.

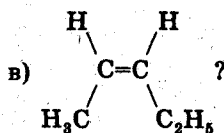
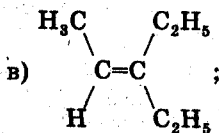
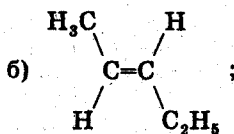
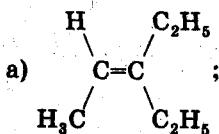
762. Среди приведенных ниже веществ укажите те, которые существуют в виде *цис*- и *транс*-изомеров.



763. Молекула одного из геометрических изомеров 1,2-дихлорэтена неполярна (дипольный момент $\mu = 0$), а другого — сильно полярна ($\mu = 1,85 \text{ D}$).

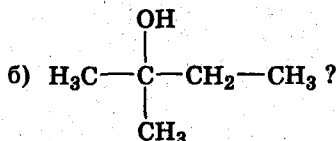
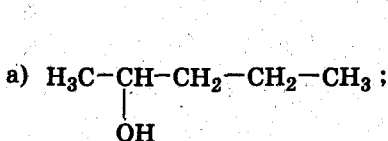
Какой из изомеров — *цис*- или *транс*- — полярен, а какой — нет?

764. Какие из приведенных ниже формул отвечают *цис*- и *транс*-изомерам:



765. Тремя способами получите пропилен, напишите уравнения реакций.

766. Какие алкены получают при дегидратации следующих спиртов:



767. Сравните длину, энергию и поляризуемость простой и двойной связей углерод—углерод. Какая связь обладает большей реакционной способностью?

60. Химические свойства алкенов

768. Напишите структурные формулы всех алкенов, при гидрировании которых получается 2,3-диметилгексан, и назовите их.

769. Напишите уравнения реакций, происходящих при взаимодействии 2-метил-2-пентена:

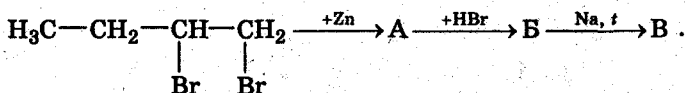
а) с бромом; б) бромоводородом; в) O_3 ; H_2O ; г) водородом (в присутствии катализатора).

770. Напишите уравнения реакций, происходящих при взаимодействии пропилена с бромоводородом: а) в отсутствие перекисей; б) в присутствии перекисей.

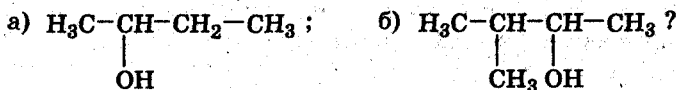
771. Напишите уравнения реакций, происходящих при взаимодействии 2-метил-1-бутена: а) с хлором; б) бромоводородом (в отсутствие перекисей); в) $HBrO$.

772. Какие продукты образуются при действии на 2-гексен: а) водного раствора перманганата калия $KMnO_4$; б) хромовой смеси при нагревании; в) кислорода в присутствии серебряного катализатора?

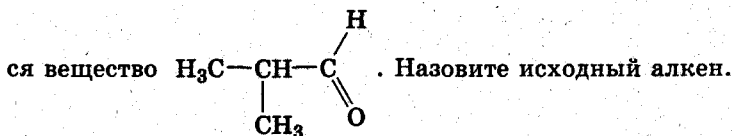
773. Напишите уравнения реакций, происходящих при следующих превращениях:



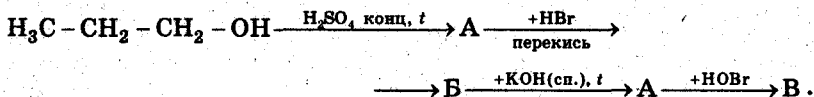
774. Из каких алкенов можно при их гидратации получить следующие спирты:



775. При действии озона, а затем воды на некоторый алкен в качестве единственного органического продукта реакции образуется



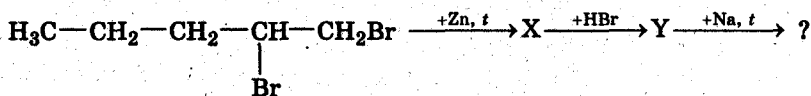
776. Напишите уравнения реакций, происходящих при следующих превращениях:



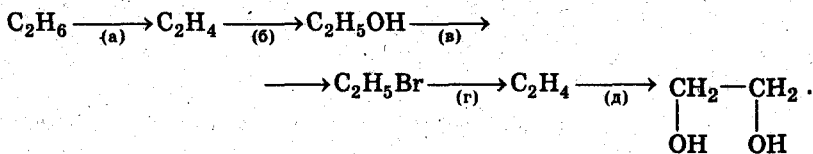
777. Какими реакциями из пропилена можно получить: а) *n*-гексан; б) 2, 3-диметилбутен?

778. Определите формулу алкена, который при гидрохлорировании дает 3-хлор-3-метил-4-этил-гептан. Назовите этот алкен.

779. Назовите соединение, которые получатся в результате следующих превращений:



780. Для следующей схемы превращений укажите реагенты и условия проведения реакций:

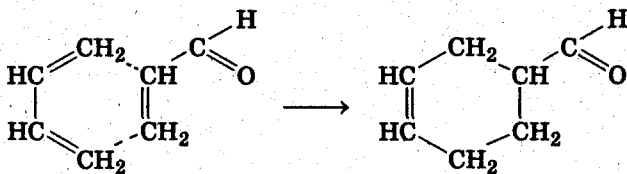


61. Алкадиены

781. Напишите структурные формулы всех углеводородов состава C_5H_8 , содержащих две двойные связи, и назовите их.

782. Какие соединения получаются при взаимодействии с 1 моль Br_2 : а) 1,4-пентадиена, б) 1,3-пентадиена? Напишите уравнения реакций.

783. Соединения с сопряженными двойными связями ($>\text{C}=\text{C}-\text{C}=\text{C}<$) легко вступают в реакции диенового синтеза (реакции Дильса — Альдера), например:



Второй участник реакции (в нашем случае $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CHO}$) называется диенофилом и должен содержать электроноакцепторные группы.

Запишите уравнения реакции Дильса — Альдера, в которой 2-метил-1,3-бутадиен реагирует с соединением $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CN}$.

784. Какие продукты получатся при озоноллизе:

а) 1,5-гексадиена; б) изопрена?

785. Предложите способ синтеза 1,3-бутадиена из этана. Напишите уравнения реакций.

786. Напишите структурную формулу алкадиена нормального строения, который вступает в реакцию Дильса — Альдера, а при озоноллизе в качестве одного из двух органических продуктов дает $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$.

787. Сколько геометрических изомеров должно быть у каждого из приведенных ниже соединений? Напишите соответствующие структурные формулы:

а) метилпропена; б) 1,4-пентадиена; в) 2,4,6-октатриена.

788. Напишите уравнения реакций полимеризации: а) 1,3-бутадиена (дивинила); б) изопрена. Запишите структурные формулы *цис*- и *транс*-форм элементарных звеньев полученных полимеров.

789. Аналогично изопрену, можно полимеризовать хлорпропен (2-хлор-1,3-бутадиен). Напишите уравнение соответствующей реакции.

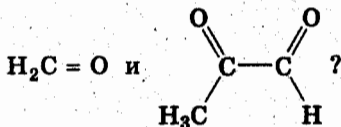
790. Напишите структурную формулу алкадиена C_6H_{10} и уравнение реакции его полимеризации, если известно, что он присоединяет одну молекулу хлора, давая вещество $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{Cl}_2$, а при озоноллизе последнего получается соединение $\text{H}_2\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3$.



791. Напишите структурную формулу 1,3-гексадиена и охарактеризуйте взаимодействие 1 моль этого углеводорода с 1 моль Br_2 .

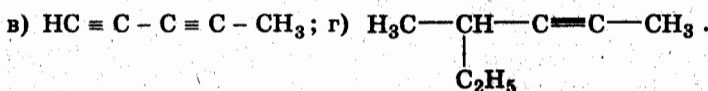
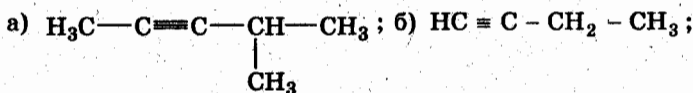
792. Напишите уравнение реакции полимеризации 2,3-диметил-1,3-бутадиена с образованием каучука.

793. Какую структурную формулу имеет углеводород, при озоноллизе которого в молярном соотношении 2 : 1 получаются



62. Алкины

794. Назовите следующие соединения:



795. Напишите структурные формулы:

а) 3-метил-1-бутина; б) 3,3-диэтил-1-гексина; в) 1,3,5-гептатриина.

796. Предложите способы получения:

а) 2-бутина из *n*-бутана; б) 3-гексина из метана.

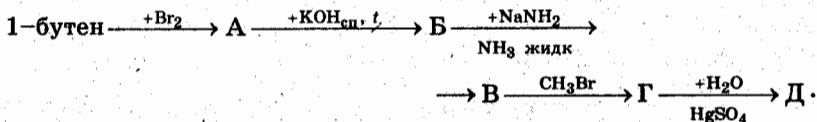
797. Запишите уравнения последовательности реакций, происходящих при получении ацетилена из извести и угля карбидным способом. Рассчитайте массу извести, необходимую для получения 1 м^3 ацетилена ($P = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $t = 25^\circ\text{C}$), если известно, что выход целевых продуктов на каждой стадии 80 %.

798. Какие из названных ниже алкинов будут реагировать с водно-аммиачным раствором хлорида меди (I) и аммиачным раствором амида натрия: а) 2,5-диметил-3-октин; б) 4-метил-1-гексин; в) 4-этил-2-пентин? Напишите уравнения реакций.

799. Предложите метод, с помощью которого можно определить количественный состав смеси *n*-бутана, 1-бутена и 1-бутина.

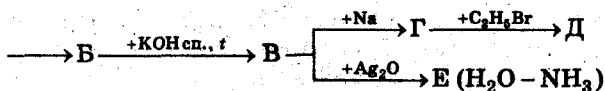
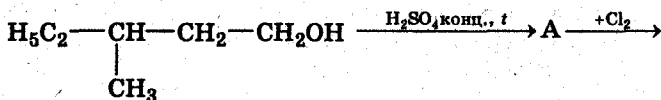
800. Запишите уравнения реакций гидратации: а) ацетилена; б) 2-бутина по Кучерову.

801. Запишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:



802. Углеводород состава C_6H_{10} при энергичном окислении хромовой смесью образует только пропионовую кислоту. Назовите его. Будет ли он реагировать с амидом натрия; бромом; водой (в присутствии солей ртути)? Напишите уравнения соответствующих реакций.

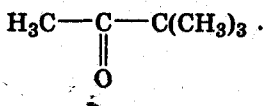
803. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей цепочке превращений:



804. Используя реактив Иодича (амид натрия), получите из ацетилена 2-пентин.

805. С помощью каких реагентов в лабораторных условиях легко отличить 1-гептин от 3-гептина? Напишите уравнения соответствующих реакций.

806. Напишите структурную формулу углеводорода, в условиях реакции Кучерова образующего метилтрет-бутилкетон



63. Галогенопроизводные предельных углеводов. Реакции нуклеофильного замещения

807. Запишите уравнения реакции этана с бромом. Можно ли аналогичным путем получить фтор-, хлор- и йодэтан? Ответ обоснуйте.

808. Предложите способы получения хлороформа: а) из ацетилена;

б) муравьиной кислоты $\text{H}-\underset{\text{OH}}{\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}}$.

809. Для галогенопроизводных характерны реакции замещения. Обычно они происходят под действием электроноизбыточных частиц (нуклеофилов) как бимолекулярные реакции S_N2 (S — от англ. «substitution», замещение, N — нуклеофил) или мономолекуляр-

ные реакции (S_N1). Протекание реакции по механизму S_N2 или S_N1 зависит от природы реагентов и реакционной среды.

Бромэтан реагирует с KI в условиях S_N2 -реакции. Запишите уравнение реакции. Изобразите строение промежуточного соединения (интермедиата, переходного состояния).

810. Взаимодействие 2-хлор-2-метилпропана с йодидом калия происходит по механизму S_N1 (реакция первого порядка, скорость которой зависит только от концентрации 2-хлор-2-метилпропана). Рассмотрите механизм реакции. Какой растворитель — полярный или неполярный — будет способствовать увеличению скорости реакции?

811. Какой вывод о механизме реакции гидролиза 2-хлор-2-метилбутана позволяют сделать следующие наблюдения: а) добавление в реакционную смесь щелочи не влияет на скорость реакции; б) скорость гидролиза зависит от концентрации исходного хлорида, но не от концентрации воды.

812. Гидролиз 1-хлор-2,2-диметилпропана приводит к образо-

ванию спирта $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{OH}$. Объясните этот результат.

813. При помощи каких реакций можно различить 1,1-дибромбутан и 1,4-дибромбутан?

814. Напишите уравнения реакций, с помощью которых из 2-бромбутана можно получить: а) *n*-бутан; б) 3,4-диметилгексан.

815. Получите 1,2-дихлорэтан из метана, напишите уравнения необходимых реакций.

816. Предложите химический метод, позволяющий отличить хлорметан от хлорэтана.

817. Получите из этана хлороформ, напишите уравнения соответствующих реакций.

818. По какому механизму преимущественно будут протекать реакции с йодидом натрия а) 1-бромпропана; б) 2-хлор-2-метилпентана?

819. Назовите продукты, которые получаются при действии спиртового раствора щелочи на: а) 2-бром-3-метилбутан; б) хлорэтан.

64. Ненасыщенные галогенопроизводные

820. Сравните взаимодействие пропилена с хлором при комнатной и высокой (400 °C) температуре и объясните причины различия.

821. Объясните, какие из приведенных ниже соединений обладают повышенной, какие — пониженной, а какие — обычной реакционной способностью в реакциях нуклеофильного замещения:

- а) $\text{H}_3\text{C}-\text{Br}$; б) $\text{Br}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$; в) $\text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$; г) $\text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$.

822. Напишите уравнение реакции хлорэтена с бромоводородом и объясните состав продукта реакции.

823. Напишите уравнения реакций, происходящих при взаимодействии с бромоводородом: а) 3-хлор-1-пропена; б) 3,3,3-трихлор-1-пропена, и объясните направление реакций.

824. Определите структурную формулу соединения $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$, гидролиз которого дает вещество $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$. После дегидратации $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ получается продукт C_5H_{10} , озонлиз которого приводит к смеси веществ $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ и $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_2\text{H}_5$.



825. Галогенопроизводное нециклического строения $\text{C}_4\text{H}_7\text{Cl}$ очень легко гидролизуется, обработка его при нагревании спиртовым раствором щелочи дает углеводород C_4H_6 , при озонлизе которого

образуется смесь $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ и

$$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{O} \\ \parallel \qquad \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \end{array}$$

Напишите структурную формулу $\text{C}_4\text{H}_7\text{Cl}$.

826. Определите структурную формулу галогенопроизводного $\text{C}_3\text{H}_5\text{Cl}$, не вступающего в реакции нуклеофильного замещения, а при гидрировании дающего 2-хлорпропан.

827. Предложите способ получения тетрафторэтена из метана.

828. Предложите химический способ (пробирочную реакцию), позволяющий различить 1-хлор-2-метил-1-пропен (I) и 3-хлор-1-бутен (II).

829. Предложите метод синтеза 1,2-пропадиена (аллена) из пропилена.

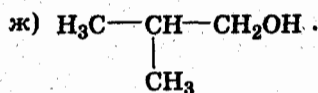
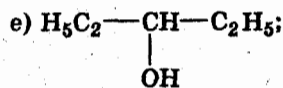
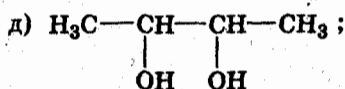
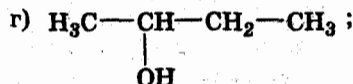
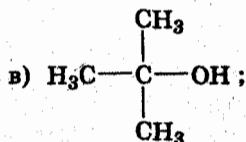
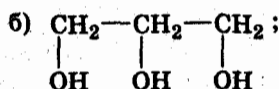
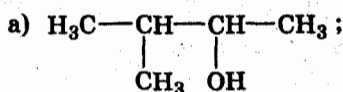
830. Исходя из 3-бром-1-пропена, получите: а) 1, 5-гексадиен; б) аллиловый спирт $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{OH}$.

831. Сравните реакционную способность: а) хлорэтена; б) 4-хлор-1-бутена; в) 3-хлор-1-пропена в реакциях нуклеофильного замещения.

832. Из метана получите 3-хлор-1-пропен, а из последнего — 1,2,3-трихлорпропан. Укажите необходимые реагенты и условия реакций.

65. Номенклатура и синтез спиртов

833. Назовите следующие спирты:



834. Среди спиртов, формулы которых приведены в условии задачи 833, укажите одноатомные (первичные, вторичные, третичные); двухатомные и трехатомные.

835. Напишите структурные формулы:

а) 2-метил-1-пентен-3-ола;

б) 2-циклогексен-1-ола;

в) 2-пропен-1-ола.

836. Напишите уравнения реакций, с помощью которых из 1,1-дибромбутана можно получить 2-бутанол.

837. С использованием магниорганических соединений (реактив Гриньяра) получите: а) 1-пропанол; б) 1-бутанол; в) 2-пентанол; г) 2-метил-2-пентанол.

838. Какие непредельные углеводороды следует использовать для того, чтобы в реакции гидратации получить: а) 2-метил-2-бутанол; б) 2,2,3-триметил-3-пентанол; в) 3,4-диметил-3-гексанол? Напишите уравнения соответствующих реакций.

839. Из пропилена получите аллиловый спирт. Напишите уравнения соответствующих реакций.

840. Из ацетилена получите *n*-пропанол. Напишите уравнения реакций.

841. Получите: а) 1,2-этанediол (этиленгликоль) из этилена; б) глицерин из пропилена. Напишите уравнения реакций.

842. Получите из пропилена 2-метил-4-пентен-2-ол. Напишите уравнения необходимых реакций.

843. Используя только неорганические вещества, из карбоната кальция получите этиловый спирт.

844. Предложите два способа синтеза 2,2,3-триметил-3-пентанола с использованием реактива Гриньяра (магниорганических соединений).

845. Из 3,3-диметил-1-пентанола получите 2,2-диметил-1-бутанол.

66. Свойства спиртов

846. Объясните изменение температур кипения в ряду: *n*-пропан (-1°C), 1-пропанол (97°C), 1,2-этанediол (197°C) и 1,2,3-пропантриол (290°C).

847. Хлор-, бром- и йодэтан легко вступают в реакции нуклеофильного замещения, тогда как для этанола такие реакции происходят лишь в специальных условиях. Объясните, почему. О каких условиях идет речь?

848. Какие продукты образуются при дегидратации 1-бутанола серной кислотой? Напишите уравнения реакций и объясните их направление.

849. Объясните, почему при действии на 3-метил-2-бутанол бромоводорода в кислой среде образуется 2-бром-2-метилбутан.

850. Какие продукты образуются при дегидратации: а) 2-метил-1-бутанола, б) 2,2-диметил-1-бутанола под действием концентрированной серной кислоты?

851. Из бромэтана синтезируйте 3-метил-3-пентанол. Напишите уравнения реакций взаимодействия последнего с натрием Na, хлористым сульфуром SO_2Cl_2 и метилмагнийбромидом BrMgCH_3 .

852. В неподписанных пробирках находятся 1-пропанол, 2-пропанол и 2-метил-2-пропанол. Как определить содержимое каждой из пробирок?

853. Напишите уравнения реакций взаимодействия глицерина с избытком:

а) уксусной кислоты ; б) азотной кислоты.

854. Определите структурную формулу вещества $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$, которое реагирует с металлическим натрием, при окислении дает кетон $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$, а при дегидратации — 2-метил-2-бутен.

855. Установите структурную формулу соединения $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2$, реагирующего с натрием, дающего при действии PCl_5 дихлоралкан, образующего с уксусной кислотой сложные эфиры, если известно, что при окислении $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2$ получаются ацетон и уксусная кислота. Напишите уравнения упомянутых реакций.

856. Напишите уравнение реакции 2-пропанола с пропионовой кислотой $\text{H}_5\text{C}_2\text{COOH}$. В каких условиях происходит эта реакция?

857. Поливиниловый спирт — полимер $\left(\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\ | \\ \text{OH} \end{array} \right)_n$. Получите его, исходя из метана.

858. Назовите спирт, при дегидратации которого образуется углеводород, озонлиз которого приводит к образованию в качестве

единственного органического продукта ацетальдегида $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}$.

67. Альдегиды и кетоны

859. Напишите структурные формулы всех изомерных альдегидов и кетонов состава C_4H_8O и назовите их.

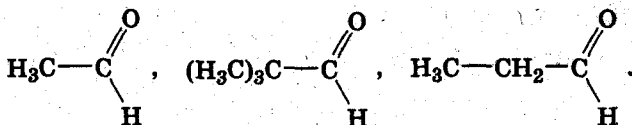
860. Получите: а) пропаналь и б) 2-бутанон пятью способами. Напишите уравнения соответствующих реакций.

861. Для альдегидов и кетонов характерны реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной группе. Напишите уравнения реакций взаимодействия пропанала и пропанона (ацетона) с HCN . Какое из соединений реагирует с HCN легче?

862. Как химическим методом разделить смесь 1-пентанола, пентанала и пентановой кислоты?

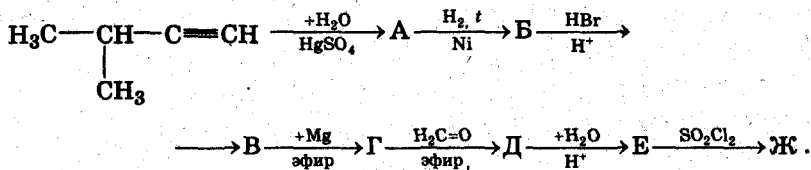
863. Предложите способ количественного определения этанала в его смеси с ацетоном.

864. Для альдегидов и в несколько меньшей степени для кетонов характерны реакции конденсации. Какие из перечисленных ниже соединений: а) реагируют с фенилгидразином; б) вступают в реакцию альдольной конденсации; в) вступают в кротоновую конденсацию; г) дают реакцию Канниццаро? Напишите уравнения соответствующих реакций.



865. Какие продукты образуются при окислении: а) 2-пентанола; б) бутанала?

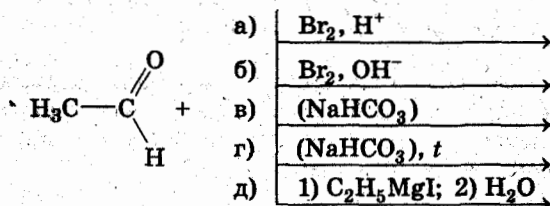
866. Напишите структурные формулы промежуточных и конечного соединений в следующей схеме превращений:



867. Вещество состава $C_5H_{10}O$ реагирует с фенилгидразином и дает йодоформную реакцию. При его окислении получаются ацетон и уксусная кислота. Напишите структурную формулу этого соединения.

868. Из метана получите кротоновый альдегид. Как химическими способами доказать его строение?

869. Укажите продукты взаимодействия уксусного альдегида (этаналь) со следующими веществами:

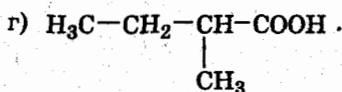
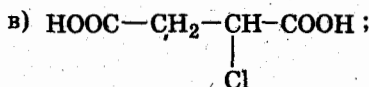
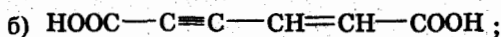
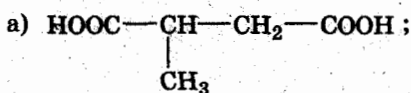


870. Из метана получите оксим 2-бутанона.

871. Установите структурную формулу карбонильного соединения, которое дает бисульфитную реакцию, не реагирует с водно-аммиачным раствором оксида серебра (I), образует гидразид. Нагревание последнего в присутствии KOH приводит к образованию 2-метилбутана.

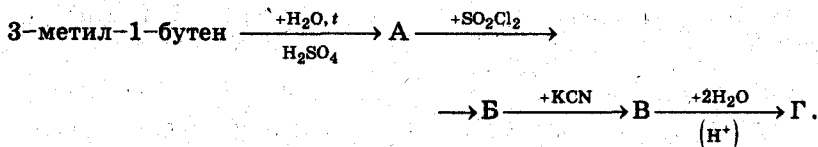
68. Номенклатура и синтез карбоновых кислот

872. Назовите следующие карбоновые кислоты:



873. Из этилена получите кислоты: а) пропановую (пропионовую); б) этановую (уксусную).

874. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям:



875. Из неорганических веществ получите: а) метановую (муравьиную); б) уксусную и в) этандиовую (щавелевую) кислоты.

876. Из пропилена получите:

а) 3-бутеновую кислоту; б) бутановую кислоту.

877. Получите пропеную (акриловую) кислоту: а) из этилена и б) ацетилен.

878. Из метаналя получите пропандиовую (малоновую) кислоту.

879. Напишите уравнения реакций, происходящих: а) при нагревании малоновой кислоты; б) взаимодействии ее 1 моль с 2 моль этанола; в) взаимодействии продукта реакции «б» с этилатом натрия.

880. С помощью малонового эфира синтезируйте: а) бутановую (масляную); б) гександиовую (адипиновую) кислоты.

881. С помощью малонового эфира получите кротоновую кислоту.

882. Многочисленные исследования карбоновых кислот в растворах, парах, твердом состоянии показали, что молекулы кислот образуют димеры. Объясните этот факт.

883. Тремя способами синтезируйте пропановую (пропионовую) кислоту.

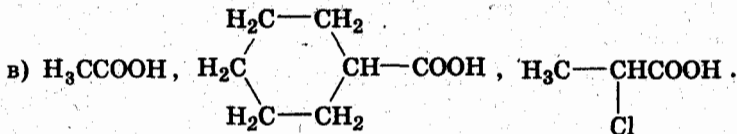
884. Из этаналь синтезируйте янтарную кислоту
 $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$.

69. Свойства карбоновых кислот. Производные карбоновых кислот

885. Укажите последовательность, в которой возрастает сила кислот в рядах:

а) HCOOH , H_3CCOOH , $\text{HOOC} - \text{COOH}$;

б) ClH_2CCOOH , Cl_2HCCOOH , Cl_3CCOOH ;

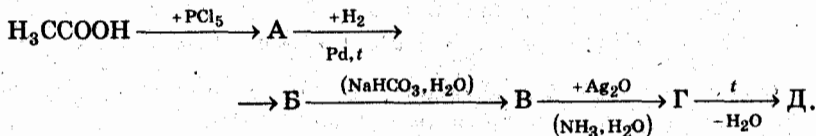


886. Какие из записанных ниже формул отвечают солям, сложным эфирам, ангидридам, хлорангидридам, амидам:

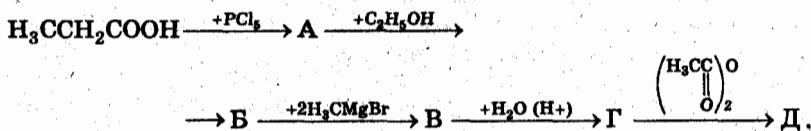
$\text{H}_3\text{CCH}_2\text{COCl}$, $\text{H}_3\text{CCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$, $(\text{H}_3\text{CCO})_2\text{O}$, HCOONH_4 ,
 $\text{HCOON}(\text{CH}_3)_2$, HCOOCH_3 , $(\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{CO})_2\text{O}$, $\text{H}_3\text{CCOONH}_4$? Запи-
 шите структурные формулы указанных веществ.

887. Запишите уравнения реакций, с помощью которых из уксусной кислоты можно получить хлорангидрид, сложный эфир, амид и нитрил.

888. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:

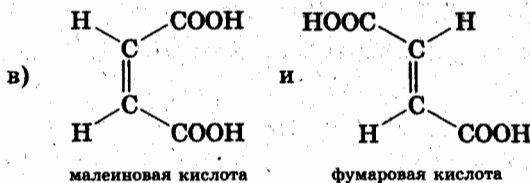


889. Напишите уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:



890. Предложите химические реакции, которые позволят различить следующие соединения:

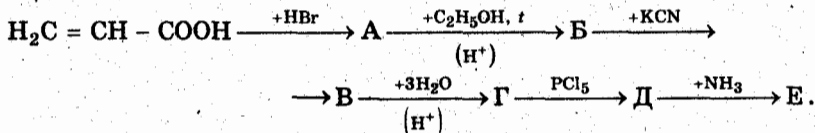
а) HCOOH и H_3CCOOH ; б) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{COOH}$ и $\text{H}_3\text{CCH}_2\text{COOH}$;



891. Соединение $C_{10}H_{18}O_4$ не растворяется в воде и не проявляет ни кислотных, ни основных свойств, при его гидролизе образу-

ется вещество кислого характера $C_6H_{10}O_4$. При восстановлении $C_{10}H_{18}O_4$ образуются 1,2-гексантиол и этанол. Определите структурную формулу $C_{10}H_{18}O_4$.

892. Напишите уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:

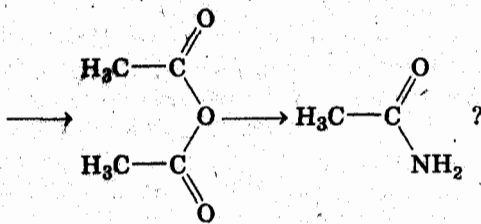


893. 1 моль вещества X вступает в реакцию нейтрализации с 1 моль щелочи; при прокаливании продукта взаимодействия Y с гидроксидом натрия образуется изобутан. Напишите структурные формулы веществ X, Y.

894. Вещество состава $C_4H_6O_3$ не обладает ни кислыми, ни основными свойствами, энергично взаимодействует с водой, причем полученный раствор приобретает кислую реакцию. 1 моль $C_4H_6O_3$ реагирует с 2 моль этанола, а энергичное восстановление продукта взаимодействия дает единственный продукт — этанол. Какова структурная формула $C_4H_6O_3$? Напишите уравнения упомянутых реакций.

895. Какие продукты получатся при нагревании следующих кислот: а) метановой (муравьиной) в присутствии H_2SO_4 ; б) малоновой $HOOC - CH_2 - COOH$; в) янтарной?

896. С помощью каких реагентов и в каких условиях можно осуществить следующие превращения:

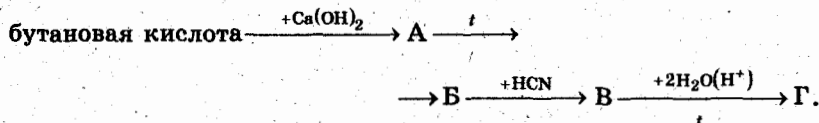


897. Органическое стекло — полиметилметакрилат — получается при полимеризации метилового эфира метакриловой кислоты $H_2C = \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{C} - COOH$.

Получите полиметилметакрилат, исходя из метакриловой кислоты и метанола.

70. Оксикислоты. Аминокислоты

898. Напишите уравнения реакций, описывающие следующую схему превращений:



899. Напишите уравнения реакций, описывающие отношение α -, β - и γ -оксикислот к нагреванию.

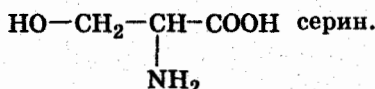
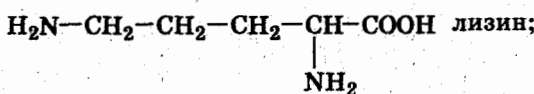
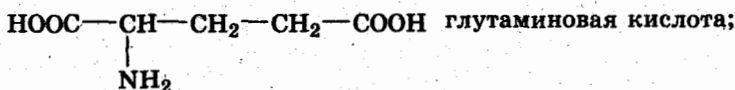
900. Объясните, почему аминокислоты имеют высокие температуры плавления и плохо растворяются в неполярных растворителях.

901. Получите из 1-пропанола α -аминопропионовую кислоту и напишите уравнения реакций, отображающих ее амфотерные свойства.

902. Предложите способ, которым можно определить количественный состав смеси аминокислотной и α -аминопропионовой кислот.

903. При действии избытка азотистой кислоты на раствор, содержащий уксусную и аминокислоту, выделилось 224 мл азота (н. у.). Определите массу аминокислоты в растворе.

904. При электролизе подкисленных растворов аминокислоты накапливаются в прикатодном пространстве; при электролизе щелочных растворов — в прианодном. Для каждой аминокислоты существует определенное значение pH раствора, при котором аминокислоты не движутся ни к катоду, ни к аноду. Как называется эта точка? Расположите в ряду по увеличению pH растворов, при которых аминокислоты не движутся к электродам, следующие аминокислоты:

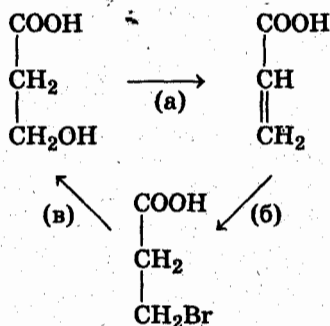


905. Вещество состава $C_3H_6O_2$ при нагревании теряет воду и дает кристаллический продукт $C_6H_{10}O_3$, реагирует как со щелочами, так и, при определенных условиях, с кислотами. Цепочка превращений $C_3H_6O_2 \xrightarrow{+PCl_5} A \xrightarrow{+H_2/Pd} B \xrightarrow{+PCl_5} 1,1,2\text{-трихлорпропан}$ приводит к трихлоралкану. Напишите структурную формулу А и уравнения реакций, о которых идет речь в задаче.

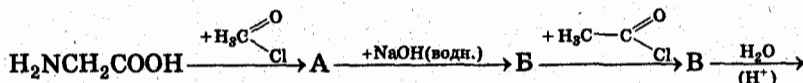
906. Имеющее высокую температуру плавления кристаллическое вещество Х количественно реагирует с азотной кислотой (при этом выделяется азот). Нагревание продукта реакции А приводит к веществу В, обесцвечивающему бромную воду. Озонолиз В дает формальдегид и соединение В, при окислении которого получается щавелевая кислота. Определите структурные формулы соединений Х, А, В, В.

907. Соединение $C_5H_{11}NO_2$ не реагирует с раствором бикарбоната натрия и с азотистой кислотой, однако при реакции с соляной кислотой дает соль. Нагревание $C_5H_{11}NO_2$ приводит к образованию соли $C_4H_8NO_2Na$. Напишите структурную формулу $C_5H_{11}NO_2$.

908. Укажите реагенты и условия для проведения следующих превращений:



909. Напишите уравнения реакций, соответствующих превращениям:

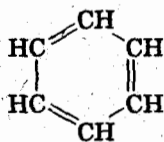


910. Запишите структурную формулу вещества $C_3H_7NO_2$, которое с соляной кислотой дает соль, реагирует с азотистой кислотой, но не с гидрокарбонатом натрия, при нагревании с водным раствором NaOH превращается в соль $C_2H_4NO_2Na$.

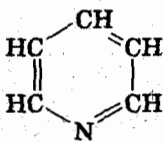
71. Ароматичность

Правило Хюккеля: Повышенной устойчивостью обладают циклические соединения, которые имеют плоское строение и содержат в замкнутой системе сопряжения $4n + 2$ (где n — 0 или натуральное число 1, 2, 3...) электронов

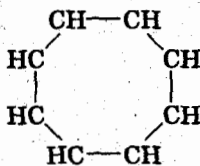
911. Какие из приведенных ниже структур отвечают ароматическим соединениям?



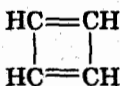
а



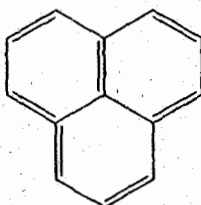
б



в

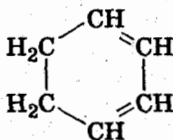


г

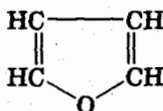


д

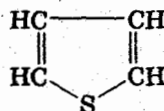
912. Какие из приведенных ниже структур отвечают ароматическим соединениям?



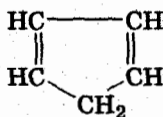
а



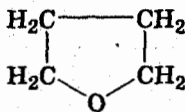
б



в

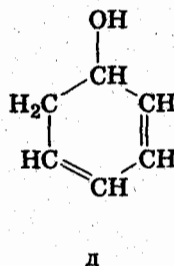
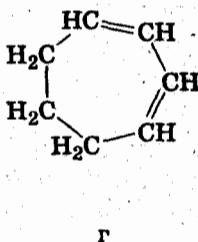
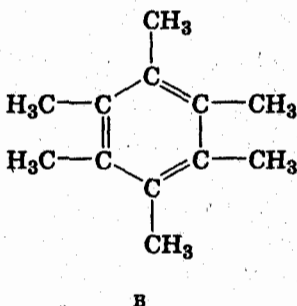
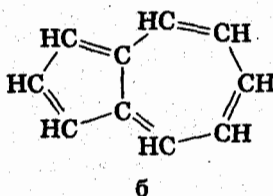
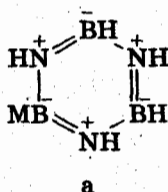


г



д

913. Какие из приведенных ниже соединений являются ароматическими?



914. Из каких углеводов, перечисленных ниже, можно получить ионы, обладающие ароматическим характером:

а) 1,3,5,7-циклооктатетраен; б) 1,3,5-циклогептатриен; в) 1,3-циклопентадиен; г) циклопропен? Запишите формулы соответствующих ароматических ионов, укажите значение n в $(4n + 2)$ — правиле Хюккеля.

915. Какие из нижеперечисленных признаков присущи всем ароматическим соединениям:

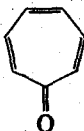
- а) наличие цикла;
- б) sp^2 -гибридизация всех атомов, входящих в цикл;
- в) sp^2 -гибридизация всех атомов углерода в молекуле;
- г) sp^2 -гибридизация атомов углерода, входящих в цикл;
- д) плоская форма всей молекулы;
- е) плоская форма цикла;
- ж) наличие *цис-транс*-изомерии?

916. Какие из перечисленных признаков присущи ароматическим углеводам:

- а) склонность к реакциям присоединения;
- б) склонность к реакциям замещения;
- в) хорошая растворимость в полярных растворителях;
- г) наличие ярко выраженных окислительных свойств?

917. Запишите основные резонансные структуры бензола. Как следует понимать термин «резонанс структур»?

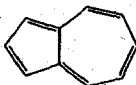
918. Кетон тропон



обладает высоким дипольным мо-

ментом, а при действии кислот образует солеобразные продукты. Дайте объяснение этим фактам.

919. Углеводород азулен



имеет синюю окраску. Из

раствора в *n*-гексане он извлекается концентрированной серной кислотой, причем окраска при этом исчезает. Как можно объяснить эти свойства азулена? Напишите формулу ароматического углеводорода, изомерного азулену. Какой из двух изомеров более устойчив?

920. В таблице приведены длины связей углерод—углерод в зависимости от кратности связи. Оцените длину связей в бензоле.

Углеводород	Кратность связи	Длина связи, нм
Этан	1	0,154
Этилен	2	0,134
Ацетилен	3	0,120
Бензол	1,67	?

921. Напишите формулу бензола, предложенную Кекуле. В чем достоинства и недостатки этой формулы?

922. Охарактеризуйте особые свойства органических веществ, проявляющих ароматический характер.

923. Приведите факты, указывающие на большую устойчивость

молекулы реального бензола



по сравнению с гипотетичес-

ким 1,3,5-циклогексатриеном



72. Изомерия и синтез производных бензола

924. Напишите структурные формулы всех изомерных ароматических углеводородов состава C_8H_{10} и назовите их.

925. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно получить бензол: а) из ацетилена, б) циклогексена; в) бензойной кислоты.

926. Синтезируйте изопропилбензол из ацетилена.

927. Из циклогексана получите циклогексилбензол.

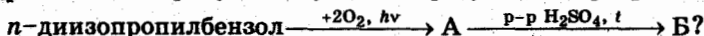
928. Напишите структурные формулы монобромпроизводных толуола. Какие из них можно получать из толуола в одну стадию?

929. Напишите уравнения реакций сульфирования и нитрования толуола.

930. Из бензола синтезируйте анилин и ацетанилид.

931. Получите фенол: а) из бензола; б) хлорбензола; в) анилина.

932. Какой продукт получится в результате превращений:



933. Получите бензойную кислоту: а) из бензола; б) толуола.

934. Напишите структурные формулы и назовите все изомеры производных бензола состава C_9H_{13} , содержащих в качестве одного из заместителей этильную группу.

935. Получите стирол  $-CH=CH_2$ из бензола.

936. Исходя из метана, синтезируйте бензол.

73. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре

Правила замещения в бензольном ядре

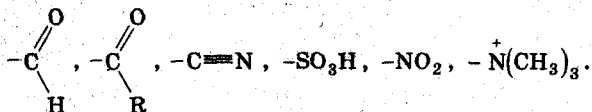
Если в бензольном ядре уже есть какой-либо заместитель, то второй заместитель занимает определенное положение, зависящее от характера первого заместителя.

Заместители первого рода направляют вводимые заместители в *о*- и *п*-положения.

Заместители второго рода направляют вводимые заместители в *м*-положения.

Заместители I рода — электронодонорные группы $-\text{Cl}$, $-\text{Br}$, $-\text{I}$, $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$, $-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$, $-\text{OCH}_3$, $-\text{OC}_2\text{H}_5$;

Заместители II рода — электроноакцепторные группы $-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$,



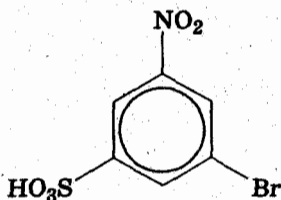
Заместители I рода (кроме галогенов) ускоряют реакции замещения, заместители II рода — замедляют.

937. Какие конкурирующие реакции происходят при взаимодействии толуола с бромом в присутствии катализатора FeBr_3 ? Каковы основные продукты взаимодействия? Дайте объяснение, исходя из механизма реакции.

938. Напишите схемы мононитрования: а) толуола; б) бромбензола; в) бензойной кислоты. Какая реакция происходит с наибольшей скоростью?

939. Напишите схему мононитрования фенола, объясните направление реакции, исходя из устойчивости возможных промежуточных σ -комплексов.

940. Предложите последовательность реакций, позволяющих с наибольшим выходом получать из бензола соединение



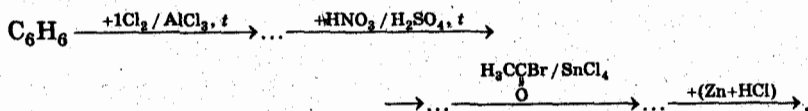
941. Предложите последовательность реакций, позволяющих из бензола получить *p*-аминонитробензол.

942. В каком порядке следует вводить заместители, чтобы из бензола получить 2,4-динитротолуол? Напишите схему превращений.

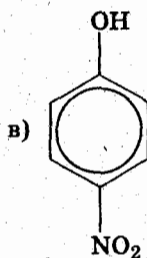
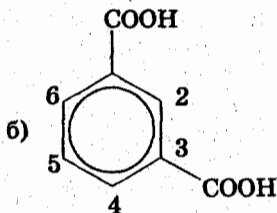
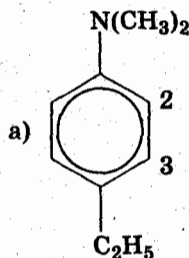
943. Объясните, почему алкилирование бензола в условиях реакции Фриделя — Крафта хлорэтаном приводит к получению смеси продуктов. Как получить этилбензол из бензола с высоким выходом?

944. Диметиламиногруппа — $N(CH_3)_2$ является сильным ориентантом I рода. Однако при действии на диметиланилин нитрующей смеси ($HNO_3 + H_2SO_4$) образуется *m*-нитродиметиланилин. Объясните направление реакции.

945. Заполните пропуски в схеме превращений:

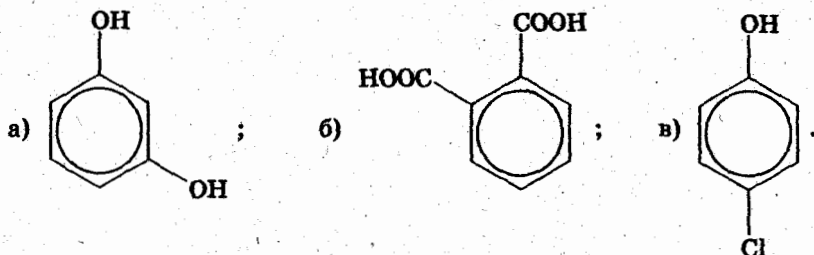


946. Определите, какие продукты будут преимущественно образовываться при бромировании (в присутствии катализатора) следующих соединений:

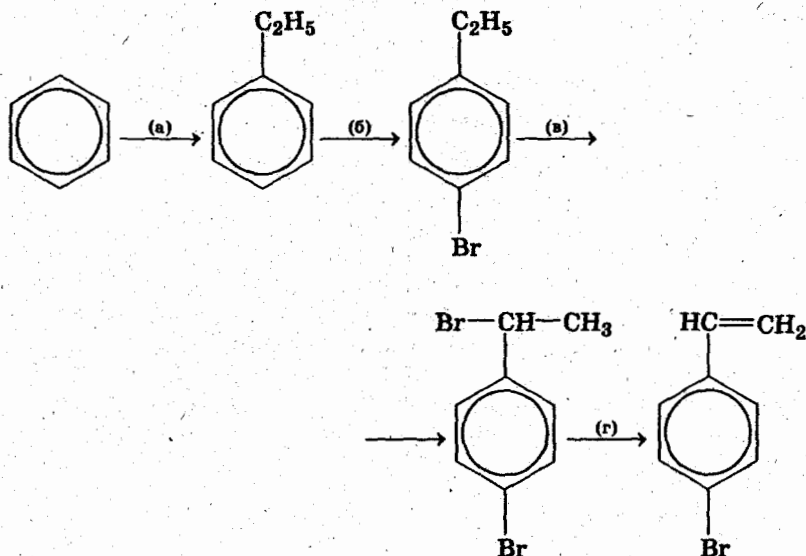


947. В каких условиях производные бензола галогенируются в ароматическое ядро, а в каких — в боковые цепи? По какому механизму происходят эти реакции?

948. Определите положение, в которое преимущественно будет протекать бромирование следующих соединений:



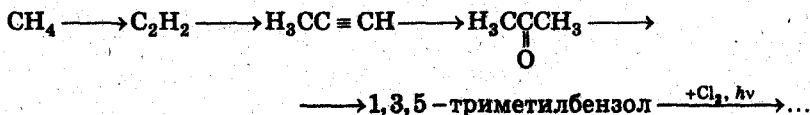
949. Действием каких реагентов и в каких условиях можно осуществить следующие превращения:



74. Обобщение знаний по органической химии.

Генетическая связь между классами органических соединений

950. Составьте уравнения реакций, описывающие схему превращений:



951. Используя только неорганические реагенты, из ацетиленов получите этиловый эфир уксусной кислоты.

952. На вещество А состава $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{Cl}_4$ действовали при нагревании водным раствором щелочи. Продукт реакции Б не дает положительную реакцию на пробу Бейльштейна. При окислении Б в жестких условиях образуются уксусная и щавелевая кислоты в молярном отношении 2 : 1. Напишите структурные формулы веществ А и Б.

953. Соединение А состава $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$ реагирует с металлическим натрием без нагревания, образуя вещество Б состава $\text{C}_4\text{H}_9\text{O}_2\text{Na}$. При действии на Б воды вновь получается исходное соединение А. При кипячении А с концентрированной бромоводородной кислотой образуется смесь двух бромсодержащих органических соединений, которая под действием спиртового раствора щелочи выделяет газообразные углеводороды. Если смесь углеводородов пропустить через водноаммиачный раствор хлорида меди (I), то образуется осадок, а оставшийся газ В обесцвечивает бромную воду. Определите структурные формулы веществ А, Б, В и предложите метод синтеза А, исходя из В.

954. Предложите способ выделения компонентов из смеси *n*-октана, 2,2,4-триметилпентана, фенола и бензойной кислоты.

955. Ниже в произвольном порядке приведены константы кислотной диссоциации (K_a) таких веществ: фенола, этанола, хлоруксусной кислоты, бензойной кислоты, угольной кислоты:

$1,8 \cdot 10^{-18}$; $4,9 \cdot 10^{-7}$; $1,3 \cdot 10^{-10}$; $1,4 \cdot 10^{-5}$; $6,3 \cdot 10^{-5}$.

Какое из приведенных значений K_a соответствует каждому из соединений?

956. Производное бензола состава C_9H_8 реагирует с амидом натрия, вступает в реакцию Кучерова и при окислении перманганатом калия дает бензойную кислоту. Установите структурную формулу производного бензола А и напишите уравнения упомянутых реакций.

957. Расположите приведенные ниже вещества в порядке увеличения выхода *n*-изомера при образовании монобромпроизводного под действием Br_2 в присутствии $FeBr_3$:



А



Б



В



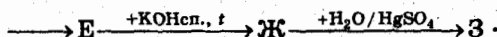
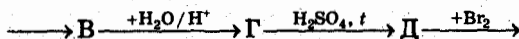
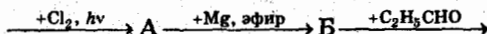
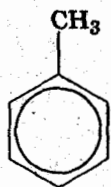
Г



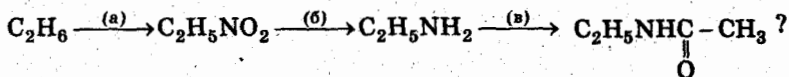
Д

958. При взаимодействии соединения $C_2H_4O_2$ с водно-аммиачным раствором Ag_2O выделяется серебро, а исчерпывающее восстановление $C_2H_4O_2$ приводит к метанолу. Определите структурную формулу вещества $C_2H_4O_2$ и предложите способ его синтеза из метана.

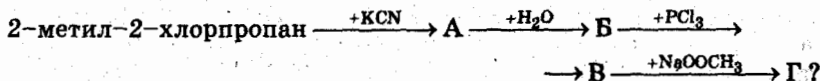
959. Напишите уравнения реакций, описывающих следующую схему превращений:



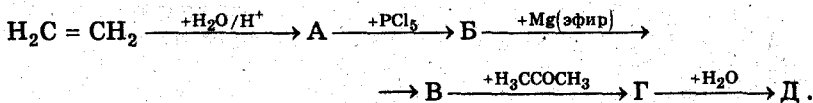
960. С помощью каких реагентов и в каких условиях можно осуществить превращения



961. Какие вещества образуются в ходе следующих превращений:



962. Напишите уравнения реакций, описывающих следующие превращения:



75. Задачи областных олимпиад юных химиков. 8 класс

963. Определите отношение массы раствора серной кислоты с массовой долей 35 % к массе воды, которую нужно прибавить к раствору, чтобы массовая доля растворенного вещества стала равной 10 %.

964. стакан (200 мл) водного раствора аммиака с массовой долей растворенного вещества 5 % (плотность раствора 1,0 г/мл) вылили в Черное море. Сколько приблизительно молекул аммиака снова окажется в стакане, если через некоторое время им зачерпнуть воды из моря? При расчетах принять, что молекулы аммиака равномерно распределяются в верхнем слое воды, свободном от сероводорода, толщиной 200 м. Площадь поверхности Черного моря 420 тыс. км².

965. Природный хлор состоит из двух стабильных нуклидов с нуклонными числами 35 и 37. Исходя из приведенного в Периодической системе элементов значения средней атомной массы хлора, рассчитайте массовые и молярные доли каждого из нуклидов в природном хлоре.

966. Водород получают, пропуская водяные пары над раскаленными железными стружками. Определите степень превращения воды в водород (отношение массы воды, превратившейся в водород, к исходной массе воды), если при пропускании 100 л паров воды при 300 °C и нормальном давлении их масса уменьшилась на 13,6 г.

967. Какие из приведенных ниже формул, отражающих состав минералов алюмосиликатов, содержат ошибки: $\text{Ca}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)_2$, $\text{NaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, $\text{NaCaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$, $\text{Ca}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$, $\text{NaAlSi}_4\text{O}_{10}$?

968. Массовая доля соли $\text{Ca}_2\text{PO}_4\text{F}$ в фосфорсодержащем минерале апатите 85 %. Обработкой апатита концентрированной серной кислотой получают суперфосфат — смесь кислых фосфатов кальция. Ка-

кую массу апатита нужно переработать для внесения на 1 кг пашни 100 кг P_2O_5 , если в процессе переработки теряется 15 % вещества?

969. Для реакции $2C_4H_{10} + 13O_2 = 8CO + 10H_2O$ заполните пропуски в соотношениях:

- а) количества вещества: 4 моль + ... = ... + ...;
- б) массы: ... + ... = ... + 54 г;
- в) объемы: ... + 39 л = ... + ...;
- г) количества молекул: ... + ... = $4 \cdot 10^{20}$ молекул +

970. Могут ли две разные электронные конфигурации атома $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ и $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 4s^1$ отвечать одному и тому же элементу? Какой это элемент?

971. При нагревании 2,46 г кристаллогидрата сульфата магния ($MgSO_4 \cdot nH_2O$) до 150 °C его масса изменилась на 1,08 г, а при нагревании до 200 °C он полностью дегидратировался, и масса остатка равнялась 1,20 г. Определите состав кристаллогидрата и продуктов его термоллиза.

972. 1 г сплава одно- и двухвалентного металлов обработали избытком кислоты, при этом выделилось 0,56 л водорода (при нормальном атмосферном давлении и 20 °C). При сжигании 1 г двухвалентного металла образовалось 1,40 г оксида. Известно, что относительная атомная масса двухвалентного металла на 17 единиц больше атомной массы одновалентного металла. Определите металлы и их массовые доли в сплаве.

76. Задачи областных олимпиад юных химиков. 9 класс

973. В предложенных группах укажите порядковые номера элементов, образующих простые вещества: а) с наиболее выраженными металлическими свойствами: 19, 37 и 55; 11, 12 и 13; 32, 50 и 82; б) наиболее выраженными неметаллическими свойствами: 17, 35 и 53; 15, 33 и 51; 5, 6 и 7. Назовите выбранные вами элементы, запишите электронные конфигурации их атомов, укажите характерные для этих элементов степени окисления.

974. Неорганическая соль кобальта (II) образует кристаллогидраты с массовой долей воды 44,82 % и 10,40 %. Предложите формулы кристаллогидратов.

975. В растворе, содержащем нитрат железа (III) и роданид калия, образуются окрашенные соединения. Как изменится интен-

сивность окраски раствора, если в него добавить: а) хлорид железа (III); б) воду; в) нитрат серебра; г) фторид калия? Объясните свой ответ, напишите уравнения реакций.

976. Рассчитайте pH растворов с концентрациями: а) 10^{-5} моль/л КОН; б) 10^{-9} моль/л КОН; в) 10^{-1} моль/л HCl; г) 10^{-10} моль/л HCl.

977. Рассчитайте, сколько пресной воды следует добавить к 4 кг морской, чтобы уменьшить содержание солей в ней в 2,5 раза.

978. Вещество А — одна из нескольких солей, получаемых при растворении порошка X в концентрированном растворе соли Б. При добавлении раствора щелочи к растворам солей А и Б выделяется газ В с резким запахом. Если концентрированный раствор А влить в избыток концентрированной хлороводородной кислоты, то на дне сосуда собирается тяжелая маслянистая жидкость Г. Г растворяется в эфире и бензоле, а при ее контакте с водой наблюдается выпадение осадка X и выделение газа Д с неприятным запахом. Соль Б можно получить, пропуская газ В через раствор газа Д. Расшифруйте вещества, обозначенные буквами, и напишите уравнения реакций, зная, что X — простое вещество, а при контакте 1,30 г вещества Г с водой выделяется 0,96 г X. Изобразите строение аниона соли А. Сравните силу кислот, образуемых анионами солей, получаемых в смеси с солью А при растворении X в растворе соли Б.

979. Один моль газовой смеси, содержащей кислород и водород в эквимольном (1 : 1) отношении, поместили в сосуд, объем которого в литрах равен температуре в К. Укажите давление в сосуде в кПа. Каким станет давление по окончании реакции между компонентами смеси, если сосуд охладить до той же самой температуры?

980. Укажите, какие из следующих процессов относятся к эндотермическим, а какие — к экзотермическим: а) разряд батареи фотографической лампы-вспышки; б) плавление льда; в) испарение одеколона с поверхности лица; г) реакция металлического натрия с водой; д) разряд молнии.

981. При определенной температуре в химическом реакторе установилось химическое равновесие $A_{\text{газ}} + 2B_{\text{газ}} \rightleftharpoons 2C_{\text{газ}}$. Потом одновременно увеличили давление в 3 раза и температуру на 20 °С. В какую сторону сместится химическое равновесие, если температурный коэффициент скорости прямой реакции равняется 2, а обратной — 4?

982. Колба, содержащая 500 г хлорной воды, выставлена на солнечный свет. Выделившийся при этом газ имеет объем 0,448 л при температуре 0 °С и давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па. Определите массовую долю хлора в исходной хлорной воде. Какой газ выделился из хлорной воды?

77. Задачи областных олимпиад юных химиков. 10 класс

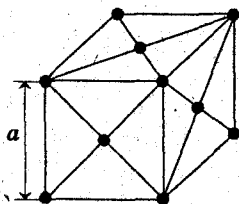
983. В 1996 г. группа ученых из ФРГ, России, Словакии и Финляндии сообщила о синтезе элемента № 112 (Uub, унунбий) при бомбардировке ядрами цинка-70 мишени, изготовленной из свинца-208. Был получен один атом Uub с атомной массой 277. Просуществовав 280 микросекунд, он претерпел α -распад. Напишите уравнения ядерных реакций, о которых идет речь в задаче. Запишите электронную конфигурацию атома Uub. Какую характерную степень окисления можно предположить для этого элемента в его гипотетических соединениях?

984. 1 моль пентахлорида фосфора поместили в изолированный сосуд объемом 50 л. После установления равновесия при 200 °С давление внутри сосуда составляло 1 атм. Рассчитайте равновесный состав газовой смеси.

985. 100 г азота, содержащего в качестве примеси CO_2 , последовательно 5 раз пропускали через слой угля при 800 °С и слой оксида меди при 500 °С. Полученную газовую смесь охладил и пропустили через водный раствор щелочи, после чего масса раствора увеличилась на 0,1 г. Определите содержание CO_2 в азоте, напишите уравнения происходящих реакций.

986. Укажите возможное число структурных изомеров для следующих соединений: а) $\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2\text{Br}_2$; б) $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

987. Плотность некоторого металла в твердом состоянии составляет 8,92 г/см³. Он имеет гранецентрированную кубическую решетку с длиной ребра элементарной ячейки $a = 3,617 \cdot 10^{-8}$ см (см. рисунок). Определите молярную массу металла.



988. Напишите структурные формулы всех возможных изомеров углеводорода C_5H_{10} и назовите их. Какие из этих веществ обесцвечивают бромную воду?

989. Исследовали образование комплекса ионов серебра с йодид-ионами. Для реакции приняли схему: $\text{Ag}^+ + x\text{I}^- \leftrightarrow [\text{AgI}_x]^{1-x}$. Приготовили 3 смеси из растворов KI и AgNO_3 . Начальная концентрация AgNO_3 во всех смесях равнялась 10^{-3} моль/л, а концентрация KI изменялась (см. таблицу). Измеряли равновесные концентрации $[\text{Ag}^+]$. Определите состав комплекса (величину x в уравнении реакции) и оцените константу равновесия реакции его образования.

Номер смеси	C_{KI} , моль/л	$[\text{Ag}^+]$, моль/л
1	0,9	$2,19 \cdot 10^{-16}$
2	1,2	$9,13 \cdot 10^{-17}$
3	1,3	$7,08 \cdot 10^{-17}$

990. К 50 мл раствора гидросульфита калия ($c = 0,1$ моль/л) добавили 5 мл хлороводородной кислоты ($c = 0,5$ моль/л), а потом еще 20 мл. Рассчитайте концентрацию ионов водорода и водородный показатель (рН) в исходном растворе и в обоих случаях после добавления кислоты. Ступенчатые константы диссоциации сернистой кислоты $K_{a_1} = 1,7 \cdot 10^{-2}$, $K_{a_2} = 6,2 \cdot 10^{-8}$.

991. Какие вещества и в каких условиях были введены в реакцию, если взаимодействие передает схема: $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{C}_2\text{H}_6$?

992. Алкан X с молярной массой 72 г/моль образует только одно хлорпроизводное Y. Что это за углеводород? Сколько и каких дихлорпроизводных он может иметь? Напишите соответствующие структурные формулы и назовите эти вещества по систематической номенклатуре. Сколько сигналов будет в ПМР-спектре вещества X? Образование каких продуктов следует ожидать при взаимодействии хлорпроизводного Y с водным раствором NaOH? Обсудите механизм, по которому происходит реакция.

78. Задачи областных олимпиад юных химиков. 11 класс

993. Важное для жизнедеятельности человеческого организма оптически активное соединение A, содержащее 40,0 % углерода, 53,3 % кислорода и водород, нагрели с концентрированной серной кислотой.

При этом выделились газ В и легкокипящая жидкость В, имеющая запах прелых яблок. При восстановлении В алюмогидридом лития образуется жидкость Г, неограниченно смешивающаяся с водой и находящая разнообразное применение. При сильном нагревании вещества А образуется труднорастворимое соединение Д. а) Назовите соединения А—Д, напишите уравнения реакций; б) сколько оптических изомеров имеет соединение А? Назовите их по R, S-номенклатуре.

994. При добавлении к раствору органического вещества А в хлороводородной кислоте избытка нитрита натрия выделилась смесь двух негорючих и не поддерживающих горение газов с отношением плотностей 1 : 1,57. В оставшемся растворе органических веществ не обнаружено. а) Предложите возможное строение вещества А; б) напишите уравнение реакции; в) как получить А из неорганических веществ?

995. При действии на бертолетовую соль смеси фтора и азота в объемном отношении 1 : 9 образовалось вещество А, реагирующее с бензолом в присутствии кислот Льюиса с образованием вещества В. Из него нитрованием, сульфированием, действием раствора щелочи получены соединения В—Д.

а) Укажите состояние гибридизации центрального атома в веществе А. Какое пространственное строение имеет это соединение? Способно ли оно к димеризации? Какие продукты получаются при его гидролизе? б) Напишите структурные формулы веществ В—Д, назовите их.

996. Предельные углеводороды реагируют с бромом, но не реагируют с йодом. Предельные оксосоединения реагируют и с бромом, и с йодом. Скорость реакции мало зависит от природы галогена, но сильно зависит от концентрации в реакционной смеси кислот и оснований.

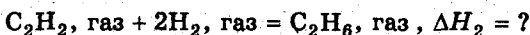
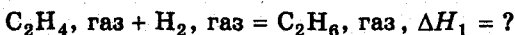
а) Объясните, почему происходит бромирование, но не йодирование алканов; б) предложите механизмы реакций галогенирования оксосоединений в кислой и щелочной средах; в) почему в щелочной среде легкость бромирования возрастает в ряду $\text{H}_3\text{CCOCH}_3 < \text{H}_3\text{CCOCH}_2\text{Br} < \text{H}_3\text{CCOCHBr}_2$? Сохранится ли этот порядок в кислой среде?

997. В одном литре воды растворили 4 г металлического кальция. Рассчитайте молярные концентрации и массовые доли веществ в растворе после реакции (плотность полученного раствора 1,0 г/мл). Какое количество теплоты выделится при взаимодействии образовавшегося при реакции водорода с избытком кислорода (стандартная энтальпия образования жидкой воды $-285,4$ кДж/моль)? Какой объем раствора хлороводородной кислоты с концентрацией 0,05 моль/л понадобится для нейтрализации полученного раствора?

998. Навеску меди массой 0,635 г внесли в избыток раствора кислоты. Вся медь растворилась, при этом выделилось 2,24 л (н. у.) водорода. О каких растворах может идти речь в задаче?

999. Определите массовую долю уксусной кислоты в растворе, который образовался при растворении 15,3 г уксусного ангидрида в 344,7 г воды. Рассчитайте pH образовавшегося раствора и pH раствора, к которому прибавили 100 мл водного раствора NaOH с массовой долей 9,36 %. Плотность всех растворов 1 г/мл, константа диссоциации уксусной кислоты $1,8 \cdot 10^{-5}$.

1000. Вычислите стандартные энтальпии следующих реакций:



При расчете используйте следующие данные об энергиях связей.

Связь	Энергия связи, кДж/моль	Связь	Энергия связи, кДж/моль
C – C	337	C – H	414
C = C	598,5	H – H	429,5
C $\equiv$ C	823		

1001. Хлорэтан реагирует с йодидом калия в ацетоновом растворе при 60 °С с образованием хлорида калия и йодэтана. Зависимость скорости реакции (v) от концентрации реагентов приведена в таблице:

v , моль/л·с	Концентрация, моль/л	
	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	KI
$5,44 \cdot 10^{-10}$	0,1	0,01
$2,72 \cdot 10^{-9}$	0,1	0,05
$5,44 \cdot 10^{-9}$	0,1	0,1
$5,44 \cdot 10^{-10}$	0,01	0,1
$2,67 \cdot 10^{-9}$	0,07	0,07

1. Запишите кинетическое уравнение, соответствующее приведенным данным.

2. Вычислите константу скорости рассмотренной реакции.

3. Приведите механизм реакции, который согласуется с кинетическим уравнением.

Ответы

1. Химия вокруг нас

1. Этиловый спирт; уксус — раствор уксусной кислоты; нефть — смесь углеводородов с другими органическими веществами; камфора — $C_{10}H_{16}O$, органическое соединение, распространенное в природе, входит в состав многих эфирных масел; олифы — жидкие пленкообразующие вещества, получаемые переработкой масел, жиров и т. п., применяют их для изготовления и разведения красок, грунтования окрашиваемой поверхности и др.; сахар — бытовое название сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$; свинцовые белила — $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$; купоросы — техническое название кристаллогидратов сульфатов некоторых тяжелых металлов $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; квасцы — кристаллогидраты двойных сульфатов, например, $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$; сулема — $HgCl_2$; киноварь — минерал HgS ; известь негашеная — CaO .

2. а) Следует опустить в цилиндр зажженную свечку; в атмосфере углекислого газа свеча погаснет.

б) Пропустить через соляную кислоту.

в) Пропустить через раствор гидроксида кальция.

3. Водород — очень легкий газ, $\rho = 0,0899$ г/л.

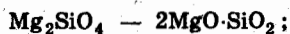
4. Селитры — это нитраты $NaNO_3$, KNO_3 , $Ca(NO_3)_2$, NH_4NO_3 . Поскольку в воздухе есть N_2 , O_2 и водяной пар, из них можно синтезировать NH_4NO_3 . Селитры применяют в качестве минеральных удобрений.

5. $MgSiO_3$ — $MgO \cdot SiO_2$;

$CaSiO_3$ — $CaO \cdot SiO_2$;

$FeSiO_3$ — $FeO \cdot SiO_2$;

$NaAlSi_3O_8$ — $0,5Na_2O \cdot 0,5Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$, или $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$



6. Оксид хрома — катализатор.

7. $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$, нашатырь;

$\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HCl}$, аммиак.

8. а) $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$.

б) Соли железа (II) на воздухе окисляются.

9. 1—8; 2—15; 3—12; 4—17; 5—16; 6—4; 7—1; 8—10; 9—2; 10—20; 11—3; 12—19; 13—5; 14—13; 15—14; 16—6; 17—7; 18—9; 19—11; 20—25; 21—24; 22—18; 23—21; 24—22; 25—23.

10. 1—15; 2—3; 3—6; 4—8; 5—10; 6—11; 7—12; 8—2; 9—13; 10—4; 11—9; 12—7; 13—17; 14—5; 15—18; 16—14; 17—20; 18—1; 19—19; 20—16.

11. а) Ru; б) Po; в) Fr; г) He; д) Ra; е) Tc.

12. а) O; б) N; в) H; г) At; д) Sn — 10 стабильных изотопов, Xe — 9 стабильных изотопов; е) искусственный элемент плутоний Pu; ж) C.

13. а) ${}^4\text{H}_2$; б) Rn; в) Li; г) Ir ($\rho = 22,65 \text{ г/см}^3$), Os ($\rho = 21,61 \text{ г/см}^3$).

2. Состав атомов

14. а) 16; б) 39; в) 31.

15. $10p$ и $10n$.

16. N — $7p$ и $7n$; Si — $14p$ и $14n$; Ba — $56p$ и $81n$.

17. 16.

18. 12, 29, 50 и 80.

19. Скандий.

20. а) $8; 8p; 8\bar{e}; 8n, 9n, 10n$;

б) $17; 17p; 17\bar{e}; 18n, 20n$;

в) $12; 12p; 12\bar{e}; 12n, 13n, 14n$.

21. Калий, изотопы калия ${}^{39}_{19}\text{K}$ и ${}^{40}_{19}\text{K}$.

22. а) Ne— $10p$ и $10\bar{e}$; Na^+ — $11p$ и $10\bar{e}$; F^- — $9p$ и $10\bar{e}$;

б) Fe— $26p$ и $26\bar{e}$, Fe^{2+} — $26p$ и $24\bar{e}$; Fe^{3+} — $26p$ и $23\bar{e}$.

23. а) Al^{3+} ; б) S^{2-} .

24. а) α -частица; б) электрон; в) позитрон; г) электрон.

25. а) ${}^{239}_{92}\text{U}$; б) ${}^{239}_{93}\text{Np}$; в) ${}^{239}_{94}\text{Pu}$; г) ${}^{248}_{99}\text{Es}$.

26. а) ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} = {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$;

б) ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} = {}^3_1\text{H} + 3{}^4_2\text{He}$;

в) ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} = {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$.

3. Электронное строение атомов

27. а) $n=3$, $l=1$; б) $n=4$, $l=2$; в) $n=4$, $l=3$.

28. а) $l=0$, $m_{l-0}=0$; б) $l=0,1$, $m_{l-0}=0$, $m_{l-1}=-1,0,+1$; в) $l=0,1,2$, $m_{l-0}=0$, $m_{l-1}=-1,0,+1$, $m_{l-2}=-2,-1,0,+1,+2$.

29. а) $3p, 4s, 3d, 4p$;

б) $5s, 4d, 5p, 6s$;

в) $5s, 4d, 5p, 6s, 4f$;

г) $6s, 4f, 5d, 6p, 7s$.

30. 1, 2, 4, 4, 5, 6.

31. №19 — $n=4$, $l=0$, $m=0$; №87 — $n=7$, $l=0$, $m=0$.

32. №7 — $1s^2 2s^2 2p^3$; №16 — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$; №21 — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$;
№35 — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$.

33. а) Четвертый период, группа VIIB (побочная) — Mn;

б) Четвертый период, группа VIIA (главная) — Br;

в) Пятый период, группа IB (побочная) — Ag;

г) Седьмой период, группа IIA (главная) — Ra.

34. а) Второй период, группа VIIIA (главная) — Ne;

б) четвертый период, группа VIB (побочная) — Cr;

в) четвертый период, группа VIA (главная) — Se;

г) шестой период, семейство лантаноидов — Pm.

35. а) 37, 55 и 87;

б) 32, 50 и 82;

в) 23, 41, 73;

г) 35, 53 и 85;

д) 36, 54, 86.

36. а) $[\text{Ne}]3s^23p^4$;
 б) $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2$;
 в) $[\text{Kr}]4d^{10}5s^25p^2$.

37. Р: $1s^22s^22p^63s^23p^3$; а) 15; б) 5; в) 3.

38. $n = 4; 5; 6$;

$1s^22s^22p^63s^23p^63d^34s^2$ — № 23;

$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^64d^35s^2$ — № 41;

$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^64d^{10}4f^{14}5s^25p^65d^36s^2$ — № 73.

39. Не имеют неспаренных электронов:

2-й период: Ве (№ 4) и Не (№ 10);

3-й период: Mg (№ 12) и Ar (№ 18);

4-й период: Ca (№ 20), Zn (№ 30) и Kr (№ 36).

Наибольшее число неспаренных электронов:

2-й период — N (№ 7); 3-й период — P (№ 15) — по 3; 4-й период — Cr (№ 24) — 6.

4. Электронное строение атомов и Периодическая система элементов Д. И. Менделеева

40. Количество валентных электронов определяют в Периодической системе элементов по номеру группы, в которой находится элемент. Для s - и p -элементов количество валентных электронов равно числу электронов на внешнем энергетическом уровне (на внешнем электронном слое), для d - и f -элементов — общему числу электронов на внешнем и незаполненном предвнешнем d -уровне (на внешнем и предпоследнем электронных слоях).

N — 5, F — 7, Sc — 3 и Cu — 1.

41. Номер внешнего энергетического уровня (электронного слоя) определяют по номеру периода, в котором находится элемент.

Mg — 3, Ni — 4, Ag — 5, Hg — 6.

42. Fe — 3(3d), Sn — 4(4f), Pb — 5(5f).

43. Y и In — 3, Zr и Sn — 4.

44. а) Na и K; б) Rb и Cs.

45. Ni.

46. Электронные конфигурации атомов инертных газов символически обозначают [He], [Ne], [Ar] и т. д.

$$\text{a) Ca} - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 = [\text{Ar}] 4s^2;$$

$$\text{S} - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 = [\text{Ne}] 3s^2 3p^4;$$

$$\text{N} - 1s^2 2s^2 2p^3 = [\text{He}] 2s^2 2p^3;$$

$$\text{F} - 1s^2 2s^2 2p^5 = [\text{He}] 2s^2 2p^5;$$

$$\text{Na} - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 = [\text{Ne}] 3s^1;$$

$$\text{6) Ca}^{2+} - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 = [\text{Ar}];$$

$$\text{S}^{2-} - [\text{Ar}];$$

$$\text{N}^{3-} - [\text{Ne}];$$

$$\text{F}^{-} - [\text{Ne}];$$

$$\text{Na}^{+} - [\text{Ne}].$$

$$47. \text{a) } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 \text{ или } [\text{Ne}] 3s^2 3p^1 \rightarrow [\text{Ne}];$$

$$\text{б) } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \text{ или } [\text{Ne}] 3s^2 3p^5 \rightarrow [\text{Ar}];$$

$$\text{в) } [\text{Ar}] 4s^2 3d^1 \rightarrow [\text{Ar}];$$

$$\text{г) } [\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^5 \rightarrow [\text{Kr}].$$

48. а) P; б) Ti; в) Mn; г) Hf.

49. Атом N

$$\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow 2p$$

$$\uparrow\downarrow 2s$$

$$\uparrow\downarrow 1s$$

$$1s^2 2s^2 2p^3$$

Атом O

$$\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow\uparrow 2p$$

$$\uparrow\downarrow 2s$$

$$\uparrow\downarrow 1s$$

$$1s^2 2s^2 2p^4$$

Атом F

$$\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow 2p$$

$$\uparrow\downarrow 2s$$

$$\uparrow\downarrow 1s$$

$$1s^2 2s^2 2p^5$$

Атом He

$$\uparrow\downarrow 1s$$

$$1s^2$$

Атом Ne

$$\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow 2p$$

$$\uparrow\downarrow 2s$$

$$\uparrow\downarrow 1s$$

$$1s^2 2s^2 2p^6$$

Атом Ar

$$\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow 3p$$

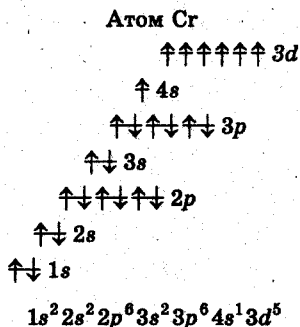
$$\uparrow\downarrow 3s$$

$$\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow 2p$$

$$\uparrow\downarrow 2s$$

$$\uparrow\downarrow 1s$$

$$1s^2 2s^2 2p^5$$



50. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$; 4-й период, VIA группа, № 34 — Se;
 высшая с. о. 6, низшая — 2; SeO_3 ; H_2Se .

51. № 12 (Mg): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$;

№ 38 (Sr): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^2$.

У элемента № 38 металлические свойства сильнее.

52. $[\text{Rn}] 5f^{14} 6d^{10} 7s^2 7p^6$ (№ 118); 7-й период VIIIA группа; аналог — Rn.

5. Периодическая система химических элементов

53. а) Na, Fe и др. б) Неметаллы образуют He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, F, Cl, Br, I, At, O, S, Se, Te, N, P, As, C, Si, Ge, B, H.

в) Почти половина химических элементов имеет аллотропные модификации. Например, углерод — алмаз, графит; фосфор — белый, красный и черный фосфор; сера — ромбическая, моноклинная и пластическая сера.

г) Одноатомными являются молекулы благородных газов — He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn.

д) Двухатомные молекулы — H_2 , O_2 , Cl_2 .

54. а) и в) Уменьшается.

б) Увеличивается.

55. а) Ослабевает.

б) Усиливается.

56. а) Магний — металл.

б) Бор — неметалл.

в) Галлий — металл.

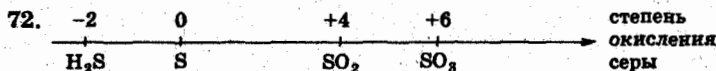
г) Кремний — неметалл.

57. а) Sc_2O_3 , Ga_2O_3 , GeO_2 ;
 б) ScCl_3 , GaCl_3 , GeCl_4 .
58. а) Фтор.
 б) Кремний.
59. а) Фтор.
 б) Йод.
60. а) K, Na, Li;
 б) Au, Ag, Cu;
 в) I, Br, Cl;
 г) C, F, O;
 д) Rb^+ , K^+ , Na^+ ;
 е) K^+ , Ca^{2+} , Sc^{3+} ;
 ж) Cl^- , Ar, K^+ , Ca^{2+} .
61. а) Cs; б) Cd; в) B; г) O; д) Sc.
62. а) В ряду кислотные свойства возрастают, основные — ослабевают.
 б) Основные свойства возрастают, кислотные — ослабевают.
 в) Основные свойства ослабевают, кислотные — возрастают.
63. а) $r(\text{Na}) > r(\text{Mg})$; $r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^+)$;
 б) э. и. $(\text{Na}) < \text{э. и.}(\text{Mg})$;
 в) $t_{\text{пл}}(\text{Na}) < t_{\text{пл}}(\text{Mg})$;
 г) Mg энергично взаимодействует с горячей водой, Na — с холодной.
64. а) Rb и Cs; б) Ni и Cr; в) Al и Be.
65. а) э. с. $(\text{F}_2) > \text{э. с.}(\text{I}_2)$;
 б) F_2 — газ; I_2 — твердое вещество;
 в) F_2 — желтовато-зеленый газ; I_2 — серо-черные кристаллы металлическим блеском;
 г) F_2 — самый реакционноспособный неметалл.

6. Степень окисления элементов

66. -3, -3, -1, -4, -2.
67. +1, +2, +3, +4, +5, +6, +7.
68. а) AsH_3 ; б) SiH_4 ; в) GeH_4 ; г) HI; д) H_2Se .
69. а) Ag_2O ; б) MgO ; в) P_2O_5 (или P_4O_{10}); г) WO_3 .
70. XeF_2 ; XeF_4 ; XeF_6 .

71. а) Cu_2O и CuO ; б) Au_2O и Au_2O_3 ; в) CrO , Cr_2O_3 и CrO_3 .



73. Уравнение электронейтральности составляют на основе следующего правила. Алгебраическая сумма степеней окисления всех элементов в соединении равна нулю.

а) $+1 - 1 = 0$; б) $+1 + 5 - (3 \cdot 2) = 0$; в) $+1 \cdot 2 + 6 - (2 \cdot 4) = 0$;

г) $+1 \cdot 3 + 5 - (2 \cdot 4) = 0$.

74. а) $+1, +3, +5, +7$; б) $+3, +4, +4, +5$.

75. а) $-1, -1, 0, +1, +1$;

б) $-2, -2, -1, -1, -1, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{3}, 0, +2$;

в) $-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5$;

г) $-4, -3, -2, -1, 0, +2, +4$.

76. K_2O — оксид, K_2O_2 — пероксид, KO_2 — супероксид (надпероксид), KO_3 — озонид.

77. Li_3N , Ba_3N_2 , Si_3N_4 .

78. CaC_2 , Al_4C_3 .

7. Химическая связь: ковалентная и ионная

79. б), г), д), е) — ковалентная связь; а) и в) — ионная.

80. а) NaBr ; б) CaF_2 ; в) LaCl_3 ; г) Li_2O ; д) CaO ; е) Al_2O_3 .

81. OF_2 — фторид кислорода.

82. В формуле химического соединения на первое место ставят элемент с меньшей электроотрицательностью, его степень окисления принимает положительные значения. Степень окисления элемента с большей электроотрицательностью принимает отрицательные значения. Алгебраическая сумма степеней окисления химических элементов, образующих соединение, равна нулю.

83. ClF .

84. а) HI ; б) H_2S .

85. а) HBr ; б) H_2O ; в) NH_3 .

86. а) N_2 ; б) Cl_2 .

87. F_2 — простая (одинарная) связь; O_2 — двойная связь; N_2 — тройная связь.

88. $l_{HF} = 0,108$ нм; $l_{HCl} = 0,136$ нм; $l_{HBr} = 0,151$ нм; $l_{HI} = 0,170$ нм.

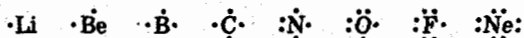
89. I_2 , NI_3 , HI , AlI_3 , NaI .

90. Ковалентная полярная, sp -гибридизация, угол 180° , 2 σ - и 2 π -связи.

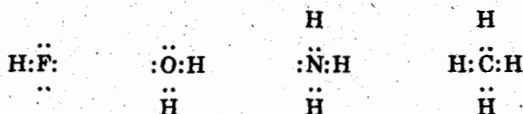
91. $:N \equiv N:$, $HC \equiv CH$, $:C \equiv O:$

8. Электронно-точечные и структурные формулы молекул

92. Схематическое описание ковалентных связей в химических соединениях при помощи формул, в которых валентные электроны изображаются точками, было предложено Дж. Льюисом. Для молекул типа AB_n , где А — центральный атом, В — присоединенный атом, n — число атомов В, сначала изображают электронно-точечную формулу центрального атома А, например:



Затем к центральному атому А присоединяют связанные с ним атомы В так, чтобы между ними образовалась общая электронная пара. Согласно правилу октета каждому элементу второго периода требуется для создания устойчивой электронной конфигурации восемь валентных электронов. В силу этого центральный атом в молекулах типа AB_n должен быть окружен восемью электронами:

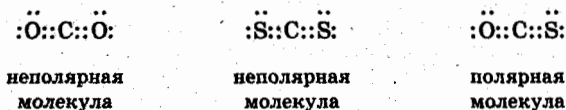


Неподеленные пары:

F — 3 O — 2 N — 1 C — нет

Молекулы с одинаковым числом валентных электронов называют изoeлектронными. HF , H_2O , NH_3 и CH_4 — изoeлектронные молекулы.

93. Центральный атом С в этих молекулах окружен восемью электронами только в том случае, когда образует по две общие электронные пары со своими соседями:

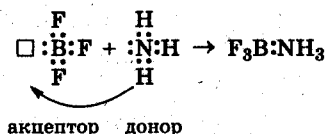
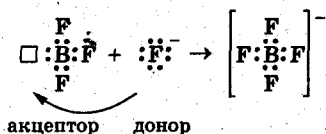
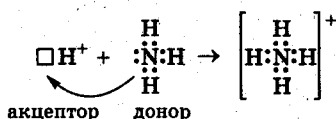


Среди многоатомных молекул встречаются такие, в которых отдельные связи полярны, а в целом молекула неполярна. Молекула CO_2 имеет линейную форму. Поскольку электроотрицательность кислорода выше, чем углерода, электронные пары смещаются в сторону кислорода $\text{O} \leftarrow \text{C} \rightarrow \text{O}$. Полярность связей оказывается сбалансированной, в силу этого молекула неполярна. Электроотрицательность кислорода выше, чем серы, поэтому электронные пары смещаются к атому кислорода в большей степени, чем к атому серы. В молекуле COS полярность связей $\text{C} \rightarrow \text{O}$ и $\text{C} \rightarrow \text{S}$ оказывается различной. В силу этого молекула COS полярна.

94. Направление смещения электронных пар предсказывают по значениям электроотрицательностей атомов: $\text{C} - 2,5$; $\text{Si} - 1,8$; $\text{F} - 4,0$; $\text{H} - 2,1$.

а) $\overset{-4}{\text{C}} \leftarrow \overset{+1}{\text{H}}$, $\overset{+4}{\text{Si}} \rightarrow \overset{-1}{\text{H}}$; б) $\overset{-2}{\text{O}} \leftarrow \overset{+1}{\text{H}}$, $\overset{-1}{\text{F}} \leftarrow \overset{+2}{\text{O}}$.

95. Образование ковалентной связи по донорно-акцепторному механизму:



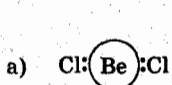
96. Для упомянутых в задаче молекул можно предложить общую формулу AB_nE_m , где А — центральный атом, В — связанный с ним атом или лиганд, Е — неподеленная пара, n — число присоединенных атомов, m — число неподеленных пар центрального атома. Предсказать геометрическую форму молекул такого типа можно на основе метода отталкивания валентных электронных пар Гиллеспи — Найхолма. Перечислим основные положения метода.

1. Центральный атом А образует единую валентную оболочку, на которую поступают все валентные электроны центрального атома А и только те электроны атомов В, которые участвуют в образовании химической связи.

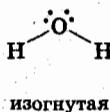
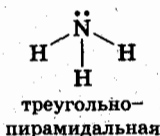
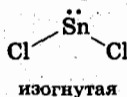
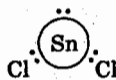
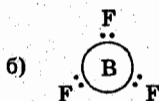
2. Электроны на валентной оболочке образуют электронные пары, которые располагаются так, чтобы отталкивание между ними было как можно меньше, а следовательно, расстояние — как можно больше.

3. Геометрическая форма молекулы определяется числом электронных пар на валентной оболочке.

Число электронных пар	Предсказываемая геометрия
2	Линейная
3	Треугольная
4	Тетраэдрическая
5	Треугольно- бипирамидальная
6	Октаэдрическая



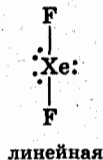
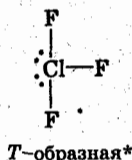
линейная



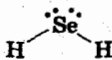
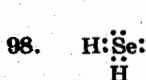
Неподеленные пары находятся ближе к центральному атому, чем связывающие, и поэтому сильнее их отталкивают. В силу этого валентный угол в молекуле SnCl_2 меньше, чем 120° .

Валентные углы: BeCl_2 — 180° , BF_3 — 120° , SnCl_2 — $104,5^\circ$, CH_4 — $109,5^\circ$, NH_3 — $107,3^\circ$, H_2O — $104,5^\circ$.

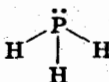
97. Расположение пяти электронных пар требует особого рассмотрения. Пять электронных пар, окружающих центральный атом, должны быть направлены к вершинам правильной треугольной бипирамиды. В этой пирамиде различают три экваториальных положения (вершины треугольного основания) и два аксиальных положения (две вершины бипирамиды). Неподеленные пары в первую очередь занимают экваториальные положения бипирамиды.



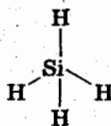
* Напоминает латинскую букву T.



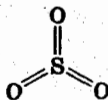
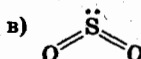
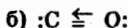
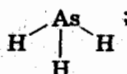
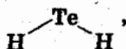
изогнутая



треугольно-пирамидальная

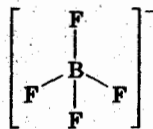
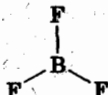
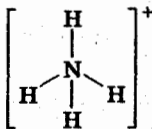
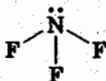
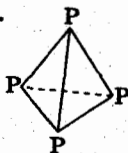


тетраэдрическая



В молекуле CO атом O передает атому C одну неподеленную пару $\text{C} \leftarrow \text{O}$, при этом атомы C и O оказываются окруженными восемью электронами.

100.

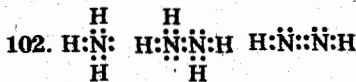


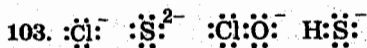
101. а) Валентный угол в молекуле H_2O больше, чем в молекуле H_2S (сравните значения электроотрицательностей атомов O и S).

б) Валентный угол в молекуле OF_2 меньше, чем в H_2O (сравните направления смещения связывающей электронной пары).

в) Молекулы имеют разную форму: BF_3 — плоскую, треугольную, валентный угол 120° ; BF_4^- — тетраэдрическую, валентный угол $109,5^\circ$.

г) Валентный угол в молекуле NF_3 меньше, чем в NH_3 (сравните направления смещения связывающей электронной пары).





104. а) плоская треугольная; б) тетраэдрическая.

9. Строение твердых веществ и жидкостей

105. а) Металл натрий Na — металлическая связь, хлорид натрия NaCl — ионная связь.

б) Металл литий Li — металлическая связь, в парах существуют молекулы Li_2 — ковалентная связь.

в) Хлорид калия KCl — ионная связь, хлороводород HCl — ковалентная полярная, хлор Cl_2 — ковалентная неполярная.

106. Na, Au, Pb, W, Hg, Cu, Ag.

107. Атомная решетка: алмаз, кварц, кремний.

Молекулярная решетка: йод, сухой лед, обычный лед, аргон, нафталин.

Ионная решетка: хлорид цезия, фторид кальция.

108. Алмаз имеет наибольшую твердость среди всех природных веществ. Искусственным путем получены соединения, не уступающие алмазу по твердости, например, алмазоподобная форма нитрида бора — боразон, или эльбор BN, который также называют искусственным углеродом.

109. Вода, нафталин — молекулярные кристаллы, германий — атомный кристалл, серебро — металл, хлорид серебра — ионные кристаллы.

110. В пределах каждого атомного слоя графита каждый атом углерода связан с тремя соседними прочными химическими связями. Тогда четвертый электрон (а, точнее, четвертая часть электронов графита) остается подвижным и легко смещается под действием электрического поля. Этот подвижный заряд делает графит хорошим проводником электричества в направлениях, параллельных атомным слоям.

111. В кристалле кварца атомы кислорода находятся в вершинах тетраэдра, а каждый атом кремния, окруженный четырьмя атомами кислорода, — в его центре. Такие тетраэдры связаны друг с другом через атом кислорода. Таким образом возникает пространственная структура из связей Si—O—Si образующая кристалл с большой твердостью и высокой температурой плавления.

112. NH_3 , HF, H_2O , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

113. а) H_2O ; б) NH_3 ; в) H_2O .

114. У атома кислорода в газообразной воде H_2O имеются две связи с водородом, расположенные под углом $104,5^\circ$, и две неподеленные пары

Такая геометрия способствует образованию четырех водородных тетраэдрических связей. Вода образует кристалл, отчасти сходный с алмазом, но со связями, значительно более слабыми, чем ковалентные связи C—C. Лед имеет низкую плотность, вода — высокую, лед всплывает, реки и озера замерзают только на поверхности, но не промерзают до дна.

115. $t_{\text{плавления}}$: Cs — 28,4 °C; Fr — 26,8 °C; Ga — 29,78 °C; Hg — -38,9 °C, Br₂ — -7 °C. Все s- и p- металлы легкоплавкие.

116. Водородные связи определяют структуру и свойства вещества.

117. а) 4; б) 6.

10. Атомные и молекулярные массы

118.

Нуклонное число первого нуклида

Нуклонное число второго нуклида

Относительное содержание первого нуклида

Относительное содержание второго нуклида

Относительная атомная масса элемента

$$10p + 10n = 20.$$

$$10p + 12n = 22.$$

$$\frac{9}{10} = 0,9.$$

$$\frac{1}{10} = 0,1.$$

$$20 \cdot 0,9 + 22 \cdot 0,1 = 20,2.$$

$$119. A_r = 0,786 \cdot 24 + 0,101 \cdot 25 + 0,113 \cdot 26 = 24,327.$$

120.

Содержание нуклида ⁶³Cu

Содержание нуклида ⁶⁵Cu

Алгебраическое выражение для вычисления атомной массы меди

Относительное содержание нуклидов в природной меди:

75 % ⁶³Cu, 25 % ⁶⁵Cu.

$$x$$

$$1 - x$$

$$63 \cdot x + 65(1 - x) = 63,5$$

$$x = 0,75$$

121.

Содержание нуклида ¹⁰B

Содержание нуклида ¹¹B

Алгебраическое выражение для вычисления атомной массы бора

$$x$$

$$(1 - x)$$

$$10x + 11(1 - x) = 10,8$$

$$x = 0,2 \left(^{10}\text{B} \right)$$

$$1 - x = 0,8 \left(^{11}\text{B} \right)$$

Массовая доля ¹¹B в H₃BO₃

$$\frac{11 \cdot 0,8}{3 + 10,8 + 3 \cdot 16} = 0,14.$$

122. Водород H: $A = 1,0079$ а.е.м.; $A_r = 1,0079$;

Кислород O: $A = 15,9994$ а.е.м.; $A_r = 15,9994$;

Уран U: $A = 238,029$ а.е.м.; $A_r = 238,029$.

123. $1 \text{ а.е.м.} = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

Водород H:

$$A = 1,0079 \cdot 1,661 \cdot 10^{-27} = 1,674 \cdot 10^{-27} (\text{кг}) = 1,674 \cdot 10^{-24} (\text{г}).$$

Кислород O:

$$A = 15,9994 \cdot 1,661 \cdot 10^{-27} = 2,6575 \cdot 10^{-26} (\text{кг}) = 2,6575 \cdot 10^{-23} (\text{г}).$$

Уран U:

$$A = 238,029 \cdot 1,661 \cdot 10^{-27} = 3,954 \cdot 10^{-25} (\text{кг}) = 3,954 \cdot 10^{-22} (\text{г}).$$

124. а) и б) Массы частиц примерно одинаковы.

в) Атом U.

125. а) 18; б) 17; в) 98; г) 250.

126. а) C_2H_2 — 26; б) C_4H_4 — 52; в) C_6H_6 — 78.

127. CH_4 .

$$128. \begin{cases} \frac{x}{y} = 1,6875 \\ x - y = 11 \end{cases}$$

$$x = 1,6875y$$

$$1,6875y - y = 11$$

$$y = 16 (\text{O}), x = 27 (\text{Al}), \text{Al}_2\text{O}_3.$$

129. $A_r(\text{O}) = 15,9993$.

130. $w(^1_1\text{H}) = 99,985 \%$, $w(^2_1\text{H}) = 0,015 \%$.

11. Количество вещества и его масса, молярная масса

131. Сравните молярные массы:

$$M(\text{HgS}) = 232 \text{ г/моль} \text{ и } M(\text{SiO}_2) = 60 \text{ г/моль}.$$

132. Сравните молярные массы:

$$M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль} \text{ и } M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}.$$

Водород легче воздуха, углекислый газ — тяжелее.

133. Сравните молярные массы:

$$M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ г/моль} \text{ и } M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 343 \text{ г/моль}.$$

$$134. M[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}] = M[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2] + 8M(\text{H}_2\text{O}) \approx 3 \cdot 56 + 2 \cdot (31 + 4 \cdot 16) + 8 \cdot (2 \cdot 1 + 16) = 493 \text{ г/моль}.$$

$$135. M(\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = M(\text{CuSO}_4) + nM(\text{H}_2\text{O}); 250 = 160 + 18n, n = 5.$$

$$136. n = \frac{m}{M} = \frac{2,6 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = 0,04 \text{ моль}.$$

$$137. m = nM = 0,04 \text{ моль} \cdot 150 \text{ г/моль} = 6 \text{ г}.$$

$$138. M = \frac{m}{n} = \frac{24 \text{ г}}{0,2 \text{ моль}} = 120 \text{ г/моль}.$$

$$139. M = \frac{117 \text{ г}}{1,5 \text{ моль}} = 78 \text{ г/моль}; 12 \cdot n + 1 \cdot n = 78, \text{ отсюда } n = 6.$$

140. 1 моль $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ состоит из 1 моль FeSO_4 и 7 моль H_2O .

$$m(\text{FeSO}_4) = 1,2 \text{ моль} \cdot 152 \text{ г/моль} = 182,4 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 7 \cdot 1,2 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 151,2 \text{ г}.$$

$$141. 15,74 \text{ моль}.$$

$$142. N(\text{H}_2\text{O}) = 6,69 \cdot 10^{24} \text{ молекул}; m(\text{H}_2\text{O}) = 2,99 \cdot 10^{-23} \text{ г}.$$

143. Так как атом натрия легче, при одинаковой массе число его атомов будет большим.

12. Количество вещества и его объем, молярный объем

$$144. \text{ а) } N = \frac{m}{M} \cdot N_A; N(\text{H}_2) = \frac{1 \text{ г}}{2 \text{ г/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 3,01 \cdot 10^{23};$$

$$N(\text{O}_2) = \frac{1 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 0,19 \cdot 10^{23} \Rightarrow N(\text{H}_2) > N(\text{O}_2).$$

б) В соответствии с законом Авогадро в равных объемах любых газов при одинаковых условиях содержится одинаковое число молекул, $N(\text{H}_2) = N(\text{O}_2)$.

в) 1 моль любого газа содержит одинаковое число молекул, равное $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

$$145. M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль},$$

$$m(\text{CO}_2) = \frac{M(\text{CO}_2)}{N_A} = \frac{44 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 7,3 \cdot 10^{-23} \text{ г}.$$

$$146. \varphi = \frac{V(\text{CO}_2)}{V(\text{возд})} \cdot 100\% \Rightarrow V(\text{CO}_2) = \frac{0,03\% \cdot 1 \text{ л}}{100\%} = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ л};$$

$$N = \frac{V}{V_m} \cdot N_A = \frac{3,0 \cdot 10^{-4} \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 8,06 \cdot 10^{18}.$$

$$147. M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}, M(\text{Au}) = 197 \text{ г/моль}; N = \frac{m}{M} \cdot N_A;$$

$$N(\text{Au}) = \frac{1000 \text{ г}}{197 \text{ г/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 3,06 \cdot 10^{24};$$

$$m = \frac{N}{N_A} \cdot M; m(\text{H}_2) = \frac{3,06 \cdot 10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \cdot 2 \text{ г/моль} \approx 10 \text{ г}.$$

$$148. N = \frac{m}{M} \cdot N_A, \text{ откуда } M = \frac{m}{N} \cdot N_A = \frac{5,6 \text{ г}}{6,02 \cdot 10^{22} \cdot 6,03 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 56 \text{ г/моль}.$$

$$149. \text{ а) } N = \frac{V}{V_m} \cdot N_A \Rightarrow V = \frac{NV_m}{N_A} = \frac{100 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 3,72 \cdot 10^{-21} \text{ л};$$

б) 50 л.

150. Общее количество вещества в смеси:

$$n = 1,44 + 1,83 + 1,13 + 0,60 = 5,00 \text{ моль}.$$

$$V = 5 \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 112 \text{ л}.$$

$$151. \text{ а) } V = \frac{500 \text{ г}}{2 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5600 \text{ л};$$

$$\text{ б) } \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot V_1 = \frac{(273 + 25) \text{ К}}{273 \text{ К}} \cdot 5600 \text{ л} = 6113 \text{ л};$$

$$\text{ в) } \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow V_2 = \frac{P_2}{P_1} \cdot V_1 = 3056 \text{ л}.$$

$$152. \text{ а) } n = \frac{V}{V_m}; n = 0,0446 \text{ моль};$$

б) $n = 44,6$ моль.

$$153. n(\text{N}_2) = \frac{780 \text{ г}}{22,4 \text{ л/моль}} = 34,82 \text{ моль}, m(\text{N}_2) = 974,96 \text{ г};$$

$$n(\text{O}_2) = 9,37 \text{ моль}, m(\text{O}_2) = 299,84 \text{ г};$$

$$n(\text{Ar}) = 0,45 \text{ моль}, m(\text{Ar}) = 18 \text{ г};$$

$$m(\text{возд.}) = 1,3 \text{ кг}.$$

$$154. \text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2; n(\text{H}_2) = 10000 \text{ моль}, V(\text{H}_2) = 224 \text{ м}^3.$$

$$155. M = 28,45 \text{ г/моль}.$$

$$156. 8,52 \cdot 10^{14} \text{ лет}.$$

13. Плотность и относительная плотность газа

$$157. M(\text{газа}) = 29 \text{ г/моль}.$$

а) легче в 1,6 раза; б) тяжелее в 1,5 раза; в) тяжелее в 1,2 раза; г) легче в 7,25 раза.

158. Сравните молярные массы газов с молярной массой воздуха 29 г/моль.

$$159. 0,96.$$

$$160. \frac{M(\text{He})}{M(\text{H}_2)} = 2.$$

$$161. \text{а) } 16; \text{б) } 26; \text{в) } 44 \text{ г/моль}.$$

$$162. M(\text{смеси}) = 0,2 \cdot 32 \text{ г/моль} + 0,8 \cdot 4 \text{ г/моль} = 9,6 \text{ г/моль},$$

$$D = \frac{9,6 \text{ г/моль}}{29 \text{ г/моль}} = 0,33.$$

$$163. 0,23 \cdot 2 \text{ г/моль} + 0,77 \cdot 32 \text{ г/моль} = 25 \text{ г/моль}, D = 12,5.$$

$$164. \text{а) } 3,612 \text{ г/л}; \text{б) } 80,91 \text{ г/моль}; \text{в) } 2,79.$$

$$165. \text{а) } M(\text{газа}) = 44 \text{ г/моль},$$

$$m(\text{газа}) = \frac{1 \text{ г}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 44 \text{ г/моль} = 1,96 \text{ г};$$

$$6) V = \frac{8,8 \text{ ă}}{44 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,48 \text{ ă}.$$

$$166. \text{ а) } V = \frac{m}{\rho}, V = 1,67 \text{ м}^3 = 1670 \text{ л};$$

$$6) 1 \text{ л};$$

$$\text{в) } 1,091 \text{ л}.$$

$$167. D_{\text{вод}} = 1,17; D_{\text{CO}_2} = 0,773; D_{\text{He}} = 8,5; M = 34 \text{ г/моль}.$$

$$168. \omega(\text{H}_2) = 75 \% \text{ об}; \omega(\text{He}) = 25 \% \text{ об}.$$

$$169. M = 34 \text{ г/моль}; \text{РН}_3.$$

14. Вычисления с использованием постоянной Авогадро

$$170. V = \frac{63,5 \text{ г/моль}}{8,92 \text{ г/см}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 1,18 \cdot 10^{-23} \text{ м}^3.$$

$$171. A = \frac{63,5 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 1,0548 \cdot 10^{-22} \text{ г} = 1,0548 \cdot 10^{-25} \text{ кг}.$$

$$172. \text{ В } 4 \text{ раза}.$$

$$173. \text{ Сравните свойства идеального и реального газов}.$$

$$174. \text{ а) Молярный объем — объем 1 моль CO}_2:$$

$$V_m = \frac{M}{\rho} = \frac{44 \text{ г/моль}}{1,56 \text{ г/см}^3} = 28,2 \text{ см}^3/\text{моль};$$

$$6) \text{ Объем, приходящийся на одну молекулу CO}_2:$$

$$V = \frac{28,2 \text{ см}^3/\text{моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 4,68 \cdot 10^{-23} \text{ м}^3.$$

$$175. \text{ а) } V_m = \frac{44 \text{ г/моль}}{1,997 \text{ г/л}} = 22256 \text{ см}^3/\text{моль};$$

$$6) V = \frac{22256 \text{ см}^3/\text{моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 3,70 \cdot 10^{-20} \text{ м}^3.$$

176. Молярный объем меди

$$V_m = \frac{63,546 \text{ г/моль}}{8,920 \text{ г/см}^3} = 7,124 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Постоянная Авогадро

$$N_A = \frac{4 \cdot 7,124 \text{ см}^3/\text{моль}}{4,7 \cdot 10^{-23}} = 6,063 \cdot 10^{23} \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1}.$$

177. В 0,6 мл воздуха.

$$178. 1F = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 96485 \text{ Кл/моль}.$$

$$179. 3,37 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 203 \text{ кДж/моль}.$$

180. 531,56 г O_2 , 299 г H_2O ; укажите условия, при которых измеряют объем.

181. Укажите условия, при которых измеряют давление и объем.

$$182. 1,97 \cdot 10^{16} \text{ молекул/л}; 3,28 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л}.$$

15. Газовые законы

$$183. \frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}, \text{ следовательно, } \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2}.$$

Объем газа уменьшится в 2 раза.

$$184. \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}, \text{ следовательно, } \frac{V_1}{V_2} = \frac{273 + 40}{273 + 20} = 1,07.$$

Объем газа увеличится в 1,07 раз.

$$185. \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}, \text{ откуда } V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1;$$

а) 24,45 л; б) 26,50 л; в) 30,60 л.

$$186. \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}, \text{ откуда } V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2};$$

а) 16,3 л; б) 10,6 л; в) 3,06 л.

$$187. \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}, \text{ откуда } V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = 146 \text{ см}^3.$$

$$188. PV = \frac{m}{M} RT, \text{ откуда } m = \frac{PVM}{RT} = \frac{5,0665 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,025 \text{ м}^3 \cdot 29 \text{ г/моль}}{8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 293 \text{ К}} =$$

$$= 150,8 \text{ г}. \text{ При проверке соответствия размерностей учтите, что } [\text{Па}] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} \right].$$

$$189. M = \frac{mRT}{PV} = \frac{0,750 \text{ г} \cdot 8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 293 \text{ К}}{0,989 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 4,62 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 4 \text{ г/моль (гелий)}.$$

$$190. \text{ а) } \rho = \frac{M}{V} = \frac{245 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 10,94 \text{ г/л};$$

$$\text{ б) } PV = \frac{m}{M} RT, \text{ следовательно, } \rho = \frac{m}{V} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T},$$

$$\rho = \frac{0,962 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 245 \text{ г/моль} \cdot 10^{-3}}{8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 298 \text{ К}} = 9,5 \text{ г/л}.$$

$$191. PV = nRT, \text{ откуда } P = \frac{nRT}{V}, n = \frac{N}{N_A},$$

$$P = \frac{5,0 \cdot 10^{13} \cdot 8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 273 \text{ К}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} = 0,188 \text{ Па}.$$

$$192. \text{ а) } PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow V = \frac{mRT}{MP} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 373 \text{ К}}{18 \text{ кг/моль} \cdot 10^{-3} \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}} =$$

$$= 1,70 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1700 \text{ см}^3;$$

$$\text{ б) } V = 1,53 \text{ м}^3 = 1530 \text{ л}.$$

$$193. P = 333 \text{ кПа}.$$

$$194. V = 0,0306 \text{ м}^3.$$

$$195. M = 4,2 \text{ г/моль}; w(\text{H}_2) = 81,7 \% \text{ об}.$$

16. Массовые доли химических элементов в соединениях

$$196. w = \frac{M(2H)}{M(H_2O)} = 0,11; w = \frac{M(3H)}{M(NH_3)} = 0,18; w = \frac{M(4H)}{M(CH_4)} = 0,25.$$

$$197. 0,5 \text{ и } 0,4.$$

$$198. 29,1 \% \text{ Na}, 30,4 \% \text{ O}, 40,5 \% \text{ S}; \\ 32,4 \% \text{ Na}, 45,1 \% \text{ O}, 22,5 \% \text{ S}.$$

$$199. w = \frac{M(2N)}{M(NH_4NO_3)} \cdot 100\% = 35\%.$$

$$200. w = \frac{M(K_2O)}{M(2KOH)} \cdot 100\% = 83,9\%.$$

$$201. w = \frac{M(P_2O_5)}{M(2K_2HPO_4)} = 40,8\%.$$

$$202. w = \frac{M(7H_2O)}{M(FeSO_4 \cdot 7H_2O)} = 45,3\%.$$

$$203. 13 \% \text{ Na}_2\text{O}, 12 \% \text{ CaO}, 75 \% \text{ SiO}_2; 7,5 \text{ кг SiO}_2.$$

$$204. 0,36 \cdot 0,75 \text{ г} = 0,27 \text{ ä Al и } 0,64 \cdot 0,75 \text{ г} = 0,48 \text{ ä S}.$$

$$205. \text{ В смеси } 0,8 \cdot 500 \text{ г} = 400 \text{ ä Mn}_2\text{O}_3 \text{ и } 100 \text{ г MnO}_2.$$

$$w(\text{Mn}) = \frac{M(2 \cdot \text{Mn})}{M(\text{Mn}_2\text{O}_3)} = 0,69; m(\text{Mn}) = 0,69 \cdot 400 \text{ г} = 276 \text{ г};$$

$$w(\text{Mn}) = \frac{M(\text{Mn})}{M(\text{MnO}_2)} = 0,34; m(\text{Mn}) = 0,34 \cdot 100 \text{ г} = 34 \text{ г}.$$

Общая масса: 310 г.

$$206. \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}.$$

$$207. w(\text{Cr}) = 46,8 \% ; m(\text{Cr}) = 468 \text{ кг}.$$

$$208. A_r = 238; \text{ UO}_2.$$

$$187. \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}, \text{ откуда } V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = 146 \text{ см}^3.$$

$$188. PV = \frac{m}{M} RT, \text{ откуда } m = \frac{PVM}{RT} = \frac{5,0665 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,025 \text{ м}^3 \cdot 29 \text{ г/моль}}{8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 293 \text{ К}} =$$

$$= 150,8 \text{ г}. \text{ При проверке соответствия размерностей учтите, что } [\text{Па}] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} \right].$$

$$189. M = \frac{mRT}{PV} = \frac{0,750 \text{ г} \cdot 8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 293 \text{ К}}{0,989 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 4,62 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 4 \text{ г/моль (гелий)}.$$

$$190. \text{ а) } \rho = \frac{M}{V} = \frac{245 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 10,94 \text{ г/л};$$

$$\text{ б) } PV = \frac{m}{M} RT, \text{ следовательно, } \rho = \frac{m}{V} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T},$$

$$\rho = \frac{0,962 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 245 \text{ г/моль} \cdot 10^{-3}}{8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 298 \text{ К}} = 9,5 \text{ г/л}.$$

$$191. PV = nRT, \text{ откуда } P = \frac{nRT}{V}, n = \frac{N}{N_A},$$

$$P = \frac{5,0 \cdot 10^{13} \cdot 8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 273 \text{ К}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} = 0,188 \text{ Па}.$$

$$192. \text{ а) } PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow V = \frac{mRT}{MP} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 373 \text{ К}}{18 \text{ кг/моль} \cdot 10^{-3} \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}} =$$

$$= 1,70 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1700 \text{ см}^3;$$

$$\text{ б) } V = 1,53 \text{ м}^3 = 1530 \text{ л}.$$

$$193. P = 333 \text{ кПа}.$$

$$194. V = 0,0306 \text{ м}^3.$$

$$195. M = 4,2 \text{ г/моль}; \omega(\text{H}_2) = 81,7 \% \text{ об}.$$

16. Массовые доли химических элементов в соединениях

$$196. w = \frac{M(2H)}{M(H_2O)} = 0,11; w = \frac{M(3H)}{M(NH_3)} = 0,18; w = \frac{M(4H)}{M(CH_4)} = 0,25.$$

$$197. 0,5 \text{ и } 0,4.$$

$$198. 29,1 \% \text{ Na}, 30,4 \% \text{ O}, 40,5 \% \text{ S}; \\ 32,4 \% \text{ Na}, 45,1 \% \text{ O}, 22,5 \% \text{ S}.$$

$$199. w = \frac{M(2N)}{M(NH_4NO_3)} \cdot 100\% = 35\%.$$

$$200. w = \frac{M(K_2O)}{M(2KOH)} \cdot 100\% = 83,9\%.$$

$$201. w = \frac{M(P_2O_5)}{M(2K_2HPO_4)} = 40,8\%.$$

$$202. w = \frac{M(7H_2O)}{M(FeSO_4 \cdot 7H_2O)} = 45,3\%.$$

$$203. 13 \% \text{ Na}_2\text{O}, 12 \% \text{ CaO}, 75 \% \text{ SiO}_2; 7,5 \text{ кг SiO}_2.$$

$$204. 0,36 \cdot 0,75 \text{ г} = 0,27 \text{ г Al и } 0,64 \cdot 0,75 \text{ г} = 0,48 \text{ г S}.$$

$$205. \text{ В смеси } 0,8 \cdot 500 \text{ г} = 400 \text{ г Mn}_2\text{O}_3 \text{ и } 100 \text{ г MnO}_2.$$

$$w(Mn) = \frac{M(2 \cdot Mn)}{M(Mn_2O_3)} = 0,69; m(Mn) = 0,69 \cdot 400 \text{ г} = 276 \text{ г};$$

$$w(Mn) = \frac{M(Mn)}{M(MnO_2)} = 0,34; m(Mn) = 0,34 \cdot 100 \text{ г} = 34 \text{ г}.$$

$$\text{Общая масса: } 310 \text{ г}.$$

$$206. CuSO_4 \cdot 5H_2O.$$

$$207. w(Cr) = 46,8 \% ; m(Cr) = 468 \text{ кг}.$$

$$208. A_r = 238; UO_2.$$

17. Определение химической формулы вещества по данным о его количественном составе

209. Для химического соединения A_aB_b отношение масс элементов А и В равно отношению их атомных масс, умноженных на соответствующие нижние индексы a и b :

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{aA_r(A)}{bA_r(B)}.$$

Отсюда следует, что отношение нижних индексов a и b равно:

$$\frac{a}{b} = \frac{m(A)A_r(B)}{m(B)A_r(A)}.$$

$$a) \frac{a}{b} = \frac{5 \cdot 32}{4 \cdot 40} = \frac{1}{1} \text{ (CaS);}$$

$$б) \frac{a}{b} = \frac{31 \cdot 16}{40 \cdot 31} = \frac{2}{5} \text{ (P}_2\text{O}_5\text{);}$$

$$в) \frac{a}{b} = \frac{10 \cdot 14}{7 \cdot 40} = \frac{1}{2} \text{ и } \frac{b}{c} = \frac{7 \cdot 16}{24 \cdot 14} = \frac{1}{6} \text{ (CaN}_2\text{O}_6, \text{ или Ca(NO}_3\text{)}_2\text{).}$$

210. Для решения этой задачи отношение нижних индексов полезно переписать в форме

$$a : b = \frac{m(A)}{A_r(A)} : \frac{m(B)}{A_r(B)}.$$

Данные для определения формулы соединения Ca_aP_b :

Элемент	Ca	P
$m, г$	2,4	1,22
A_r	40	31

Определение нижних индексов:

$$a : b = \frac{2,4}{40} : \frac{1,22}{31} = 0,06 : 0,04.$$

Нижние индексы должны быть целочисленными, поэтому их отношение нужно преобразовать к отношению целых чисел:

$$a : b = 0,06 : 0,04 = 3 : 2.$$

Формула фосфида кальция: Ca_3P_2 .

211. Данные для определения формулы соединения Cl_aO_b :

Элемент	Cl	O
$m, г$	1,42	2,24
A_r	35,5	16

Определение нижних индексов:

$$a : b = \frac{1,42}{35,5} : \frac{2,24}{16} = 0,04 : 0,14 = 2 : 7.$$

Формула оксида хлора: Cl_2O_7 .

212. Данные для определения формулы соединения $\text{Ca}_a\text{C}_b\text{H}_c\text{O}_d$:

Элемент	Ca	C	H	O
m , г	0,8	0,92	0,12	1,32
A_r	40	12	1	16

Определение нижних индексов:

$$a : b : c : d = \frac{0,8}{40} : \frac{0,92}{12} : \frac{0,12}{1} : \frac{1,32}{16} = 0,02 : 0,08 : 0,12 : 0,08 = 1 : 4 : 6 : 4.$$

Формула соединения: $\text{CaC}_4\text{H}_6\text{O}_4$.

213. Пусть образец вещества A_aB_b массой m содержит (в массовых долях) $w(\text{A})$ элемента А и $w(\text{B})$ элемента В, тогда отношение масс элементов А и В равно отношению их массовых долей:

$$\frac{m(\text{A})}{m(\text{B})} = \frac{w(\text{A})m}{w(\text{B})m}; \quad \frac{m(\text{A})}{m(\text{B})} = \frac{w(\text{A})}{w(\text{B})}.$$

Данные для определения формулы соединения Fe_aO_b :

Элемент	Fe	O
w	0,724	0,276
A_r	56	16

Определение нижних индексов:

$$a : b = \frac{0,724}{56} : \frac{0,276}{16} = 0,0129 : 0,0172 = 1 : 1,33 = 3 : 4.$$

В этом случае каждый индекс нужно разделить на наименьшее из всех значений (0,0129); полученное отношение $1 : 1,33$ нужно умножить на такое число (3), чтобы значение $3 \times 1,33$ оказалось близким к целому (4).

Формула соединения: Fe_3O_4 .

214. Данные для определения формулы соединения Al_aC_b :

Элемент	Al	C
w	0,75	0,25
A_r	27	12

Определение нижних индексов:

$$a : b = \frac{0,75}{27} : \frac{0,25}{12} = 0,0277 : 0,0208 = 1,33 : 1 = 4 : 3.$$

Формула карбида алюминия: Al_4C_3 .

215. Данные для определения формулы соединения $\text{Na}_a\text{C}_b\text{O}_c$:

Элемент	Na	C	O
w	0,434	0,113	0,453
A_r	23	12	16

Определение нижних индексов:

$$a:b:c = \frac{0,434}{23} : \frac{0,113}{12} : \frac{0,453}{16} = 0,0189 : 0,00942 : 0,0283 = 2:1:3.$$

Формула соединения: Na_2CO_3 .

216. Данные для определения формулы минерала $x\text{NaF} \cdot y\text{AlF}_3$:

Составляющие	NaF	AlF_3
w	0,60	0,40
M_r	42	84

Определение состава минерала:

$$x:y = \frac{0,60}{42} : \frac{0,40}{84} = 0,0143 : 0,00476 = 3:1.$$

Формула минерала: $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ или Na_3AlF_6 .

217. Данные для определения формулы кристаллогидрата $\text{Ca}_a\text{Cl}_{b \cdot c} \cdot x\text{H}_2\text{O}$:

Составляющие	Ca	Cl	H_2O
w	0,182	0,324	0,494
M_r	40	35,5	18

Определение состава минерала:

$$a:b:x = \frac{0,182}{40} : \frac{0,324}{35,5} : \frac{0,494}{18} = 1:2:6.$$

Формула кристаллогидрата: $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

218. Формула соединения, образованного элементом группы IA и водородом: АН.

Данные для определения формулы соединения АН:

Элемент	A	H
w	0,875	0,125
A_r	x	1

Расчет атомной массы x элемента группы IA:

$$\frac{0,875}{x} = \frac{0,125}{1}, \quad x = 7 \text{ (литий)}.$$

Формула соединения, образованного элементом группы IVA и водородом: BH_4 .

Данные для определения формулы соединения BH_4 :

Элемент	В	Н
w	0,875	0,125
A_r	x	1

Расчет атомной массы x элемента группы IVA:

$$\frac{0,875}{x} = \frac{0,125}{4 \cdot 1}, \quad x = 28 \text{ (кремний)}.$$

219. P_4O_{10}

220. Cu_2S — халькозин, FeS — пирит, CuFeS_2 — медный колчедан.

221. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

18. Определение истинной формулы вещества на основе эмпирической формулы и данных о плотности его паров

222. Предполагаемая формула вещества: S_a .

Расчет молярной массы S_a :

$$6,55 \cdot 29 \text{ г/моль} = 190 \text{ г/моль},$$

$$2,2 \cdot 29 \text{ г/моль} = 64 \text{ г/моль}.$$

Определяем формулу:

при 500°C $a = \frac{190}{32} = 6$, следовательно, формула — S_6 ;

при 1160°C $a = \frac{64}{32} = 2$, следовательно, формула — S_2 .

223. Предполагаемая формула вещества: C_aS_b .

Определение нижних индексов:

$$\frac{2,2 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} \text{ CO}_2 : \frac{n(\text{C})}{1} = \frac{n(\text{CO}_2)}{1} \Rightarrow n(\text{C}) = \frac{2,2 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}.$$

Масса углерода в C_aS_b $0,05 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 0,6 \text{ г};$

Масса серы $3,8 \text{ г} - 0,6 \text{ г} = 3,2 \text{ г};$

Количество вещества серы $\frac{3,2 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль};$

$$a:b=0,05:0,1=1:2.$$

Формула: CS_2 .

Расчет молярной массы по относительной плотности:

$$M(\text{C}_a\text{S}_b) = 2 \text{ г/моль} \cdot 38 = 76 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, CS_2 — истинная формула.

224. Данные для определения формулы соединения C_aH_b :

Элемент	С _a	Н
<i>w</i>	0,857	0,143
<i>M</i> , г/моль	12	1

Определение нижних индексов:

$$a:b=n(\text{C}):n(\text{H})=\frac{0,857}{12}:\frac{0,143}{1}=0,0715:0,143=1:2, \text{ следовательно,}$$

эмпирическая формула: CH_2 .

Расчет молярной массы —
по относительной плотности:

$$M(\text{C}_a\text{H}_b) = 1,45 \cdot 29 \text{ г/моль} = 42 \text{ г/моль};$$

по эмпирической формуле:

$$M(\text{CH}_2) = 14 \text{ г/моль}.$$

Отношение молярных масс C_aH_b и CH_2 :

$$\frac{M(\text{C}_a\text{H}_b)}{M(\text{CH}_2)} = \frac{42}{14} = 3.$$

Истинная формула: $3 \cdot \text{CH}_2 = \text{C}_3\text{H}_6$.

225. Данные для определения формулы соединения C_aH_b :

Элемент	С _a	Н
<i>w</i>	0,828	0,172
<i>M</i> , г/моль	12	1

Определение нижних индексов:

$$a:b=\frac{0,828}{12}:\frac{0,172}{1}=0,069:0,172=1:2,5=2:5 \Rightarrow \text{эмпирическая формула:}$$

C_2H_5 .

Расчет молярной массы —
по плотности:

$$M(\text{C}_a\text{H}_b) = \rho \cdot V_m = 2,59 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ г/моль} = 58 \text{ г/моль};$$

по эмпирической формуле:

$$M(\text{C}_2\text{H}_5) = 29 \text{ г/моль}.$$

Отношение молярных масс C_aH_b и C_2H_5 : $\frac{M(C_aH_b)}{M(C_2H_5)} = \frac{58}{29} = 2$.

Истинная формула: $2 \cdot C_2H_5 = C_4H_{10}$.

226. Предполагаемая формула вещества: C_aH_b .

Определение нижних индексов a и b :

$$\frac{6,6 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} : \frac{n(C)}{1} = \frac{n(CO_2)}{1}, \text{ откуда } n(C) = \frac{6,6 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль},$$

$$\frac{2,7 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} : \frac{n(H)}{2} = \frac{n(H_2O)}{1}, \text{ откуда } n(H) = \frac{2,7 \text{ г} \cdot 2}{18 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}.$$

Определение нижних индексов:

$a : b = n(C) : n(H) = 0,15 : 0,3 = 1 : 2$, следовательно, эмпирическая формула: CH_2 .

Расчет молярной массы —

по относительной плотности:

$$M(C_aH_b) = 2,90 \cdot 29 \text{ г/моль} = 84 \text{ г/моль};$$

по эмпирической формуле:

$$M(CH_2) = 14 \text{ г/моль}.$$

Отношение молярных масс C_aH_b и CH_2 :

$$\frac{M(C_aH_b)}{M(CH_2)} = \frac{84}{14} = 6.$$

Истинная формула: $6 \cdot CH_2 = C_6H_{12}$.

227. Данные для определения формулы соединения $C_aH_bCl_c$:

Элемент	C	H	Cl
w	0,5189	0,0973	0,3838
M , г/моль	12	1	35,5

Определение нижних индексов:

$$a : b : c = \frac{0,5189}{12} : \frac{0,0973}{1} : \frac{0,3838}{35,5} = 4,32 : 9,73 : 1,08 = 4 : 9 : 1, \text{ следовательно}$$

но, эмпирическая формула: C_4H_9Cl .

Расчет молярной массы —

по относительной плотности:

$$M(C_aH_bCl_c) = 3,19 \cdot 29 \text{ г/моль} = 92,5 \text{ г/моль};$$

по эмпирической формуле:

$$M(C_4H_9Cl) = 92,5 \text{ г/моль}.$$

Истинная и эмпирическая формулы вещества одинаковы: C_4H_9Cl .

228. Органическое вещество, содержащее С, Н и О, при сгорании образует CO_2 и H_2O . Поэтому предполагаемая формула вещества: $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c$.

Расчет нижних индексов:

$$\frac{4,4 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} : \frac{n(\text{C})}{1} = \frac{n(\text{CO}_2)}{1}, \text{ откуда } n(\text{C}) = \frac{4,4 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль};$$

$$\frac{2,7 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} : \frac{n(\text{H})}{2} = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{1}, \text{ откуда } n(\text{H}) = \frac{2,7 \text{ г} \cdot 2}{18 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль};$$

$$\text{Масса углерода в } \text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c \quad 0,1 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 1,2 \text{ г};$$

$$\text{масса водорода —} \quad 0,3 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,3 \text{ г};$$

$$\text{масса кислорода —} \quad 2,3 \text{ г} - 1,2 \text{ г} - 0,3 \text{ г} = 0,8 \text{ г};$$

$$\text{количество вещества кислорода} \quad \frac{0,8 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}.$$

$a : b : c = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0,1 : 0,3 : 0,05 = 2 : 6 : 1$, следовательно, эмпирическая формула: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

Расчет молярной массы —
по относительной плотности:

$$M(\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c) = 23 \cdot 2 \text{ г/моль} = 46 \text{ г/моль};$$

по эмпирической формуле:

$$M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = 46 \text{ г/моль}.$$

Истинная и эмпирическая формулы вещества одинаковы: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

229. Предполагаемая формула вещества: $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d$.

Определение нижних индексов:

$$\frac{4,48 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} : \frac{n(\text{C})}{1} = \frac{n(\text{CO}_2)}{1}, \text{ откуда } n(\text{C}) = \frac{4,48 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,2 \text{ моль};$$

$$\frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} : \frac{n(\text{N})}{2} = \frac{n(\text{N}_2)}{1}, \text{ откуда } n(\text{N}) = \frac{1,12 \text{ л} \cdot 2}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1 \text{ моль};$$

$$\frac{6,3 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} : \frac{n(\text{H})}{2} = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{1}, \text{ откуда } n(\text{H}) = \frac{6,3 \text{ г} \cdot 2}{18 \text{ г/моль}} = 0,7 \text{ моль}.$$

$$\text{Масса углерода в } \text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d \quad 0,2 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 2,4 \text{ г};$$

$$\text{Масса азота} \quad 0,1 \text{ моль} \cdot 14 \text{ г/моль} = 1,4 \text{ г};$$

$$\text{Масса водорода} \quad 0,7 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,7 \text{ г};$$

$$\text{Масса кислорода} \quad 4,5 \text{ г} - 2,4 \text{ г} - 1,4 \text{ г} - 0,7 \text{ г} = 0 \text{ г}.$$

$$a : b : d = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) = 0,2 : 0,7 : 0,1 = 2 : 7 : 1.$$

Формула вещества: $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$.

230. По продуктам сгорания можно предположить следующую формулу вещества: $C_aH_bO_cNa_d$.

Определение нижних индексов:

$$\frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} : \frac{n(C)}{1} = \frac{n(CO_2)}{1}, \text{ откуда } n(C) = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль};$$

$$\frac{1,06 \text{ г}}{106 \text{ г/моль}} : \frac{n(C)}{1} = \frac{n(Na_2CO_3)}{1}, \text{ откуда } n(C) = \frac{1,06 \text{ г}}{106 \text{ г/моль}} = 0,01 \text{ моль};$$

$$\frac{n(Na)}{2} = \frac{n(Na_2CO_3)}{1}, \text{ откуда } n(Na) = \frac{1,06 \text{ г} \cdot 2}{106 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль};$$

общее количество водорода: $0,05 \text{ моль} + 0,01 \text{ моль} = 0,06 \text{ моль};$

$$\frac{1,26 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} : \frac{n(H)}{2} = \frac{n(H_2O)}{1}, \text{ откуда } n(H) = \frac{1,26 \text{ г} \cdot 2}{18 \text{ г/моль}} = 0,14 \text{ моль}.$$

Масса углерода в $C_aH_bO_cNa_d$ $0,05 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 0,72 \text{ г};$

масса водорода — $0,14 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,14 \text{ г};$

масса натрия — $0,02 \text{ моль} \cdot 23 \text{ г/моль} = 0,46 \text{ г};$

масса кислорода — $1,64 \text{ г} - 0,72 \text{ г} - 0,14 \text{ г} - 0,46 \text{ г} = 0,32 \text{ г};$

количество вещества кислорода — $\frac{0,32 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}.$

$$a : b : c : d = n(C) : n(H) : n(O) : n(Na) = 0,05 : 0,14 : 0,02 : 0,02 = 5 : 7 : 1 : 1.$$

Формула вещества: C_5H_7ONa (пропилат натрия).

231. Данные для определения формулы соединения $C_aH_bO_c$:

Элемент	C	H	O
w	0,40	0,067	0,533
M , г/моль	12	1	16

Определение нижних индексов:

$$a : b : c = \frac{0,434}{23} : \frac{0,113}{12} : \frac{0,453}{16} = 0,0189 : 0,00942 : 0,0283 = 2 : 1 : 3, \text{ сле-}$$

дательно, эмпирическая формула: CH_2O .

Приведение объема к нормальным условиям:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}, \text{ откуда } V_0 = \frac{P \cdot V \cdot T_0}{T \cdot P_0} = \frac{0,83 \text{ кПа} \cdot 14,9 \text{ л} \cdot 273 \text{ К}}{(273 + 18) \text{ К} \cdot 1,013 \text{ кПа}} = 11,45 \text{ л}.$$

$$\text{Расчет плотности вещества: } \frac{15 \text{ г}}{11,2 \text{ л}} = 1,34 \text{ г/л}.$$

Расчет молярной массы по плотности:

$$M(C_6H_6O_6) = 1,34 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 30 \text{ г/моль}.$$

Истинная и эмпирическая формулы вещества одинаковы: CH_2O .

232. CO и NO; 50 % CO : 50 % NO.

233. C_4H_{10} ; $M = 58$.

234. O_3 ; $M = 48$.

19. Количественный состав смесей

235. Предположим, что объем комнаты $5 \times 3 \times 2,8 \text{ м} = 42 \text{ м}^3$.

Компоненты воздуха	Объем, м^3	
	Венера	Земля
Азот	0,84	32,76
Кислород	—	8,82
Углекислый газ	40,74	0,013
Другие газы	0,42	0,39

236. Поскольку кислорода в воздухе меньше, чем азота, расчет проводим по кислороду:

$$\frac{50}{0,21} = 238,1 \text{ (млн т)}.$$

Из этого количества воздуха можно получить 50 млн т кислорода и 185,7 млн т азота.

237. а) 450 г; б) 450 г.

238. F — $3,7 \cdot 10^{-3} \%$, Zn — $3,3 \cdot 10^{-3} \%$, Cu — $6,5 \cdot 10^{-5} \%$, I — $1,85 \cdot 10^{-5} \%$, Mn — $1,7 \cdot 10^{-5} \%$, Cr — $2,8 \cdot 10^{-6} \%$, Co — $2,4 \cdot 10^{-6} \%$.

239. 20 000 000 м^3 .

240. Предположим, что плотность йодной настойки примерно равна плотности спирта, $\rho \approx 0,8 \text{ г/см}^3$.

Масса йодной настойки

Масса йода

Масса морской воды

$$0,8 \text{ г/см}^3 \cdot 50 \text{ см}^3 = 40 \text{ г}$$

$$0,05 \cdot 40 \text{ г} = 2 \text{ г}$$

$$\frac{2 \text{ г}}{0,06 \text{ г/м}^3} \approx 33,3 \text{ м}^3.$$

241.

Масса исходного сырья

 x (кг)Масса чистого сырья в исходном сырье
(20 % примесей) $0,80x$ Масса чистого сырья в очищенном сырье
(5 % примесей) $0,95 \cdot 160 = 152$ (кг)

Алгебраическое уравнение

 $0,80x = 152$ $x = 190$ (кг)

242.

Масса выплавленного из руды металла,
содержащего 4 % примесей x (т)Масса чистого металла в выплавленном
из руды металле $0,96x$

Масса чистого металла в исходной руде

 $0,6 \cdot 24 = 14,4$ (т)

Алгебраическое уравнение

 $0,96x = 14,4$ $x = 15$ (т)

243.

Массовая доля примесей в исходной руде

 w

Масса чистого металла в исходной руде

 $40(1-w)$ Масса чистого металла в выплавленном
металле (6 % примесей) $0,94 \cdot 20 = 18,8$ (т)

Алгебраическое уравнение

 $40(1-w) = 18,8$ $w = 0,53$

244.

Плотность сплава

 $\frac{1000 \text{ г}}{70,77 \text{ см}^3} = 14,13 \text{ г/см}^3$

Объем золота в слитке

 x

Объем меди в слитке

 y

Масса золота в слитке

 $19,30x$

Масса меди в слитке

 $8,96y$

Масса слитка

 $14,13(x+y)$

Алгебраическое уравнение

 $19,30x + 8,96y = 14,13(x+y)$

$$(19,30 - 14,13)x = (14,13 - 8,96)y,$$

$$\frac{x}{y} = \frac{19,30 - 14,13}{14,13 - 8,96} = 1, \quad x = y = \frac{70,77}{2} = 35,38 \text{ см}^3.$$

$$\text{Массовая доля золота } \frac{19,30 \text{ г/см}^3 \cdot 35,38 \text{ см}^3}{1000 \text{ г}} \cdot 100 \% = 68,3 \%.$$

$$\text{Массовая доля меди } 100 \% - 68,3 \% = 31,7 \%.$$

$$245. \omega(\text{FeO}) = 47 \% \quad \omega(\text{CuO}) = 53 \%.$$

246. Поглотилось 5,9 г CO_2 ;

состав смеси: $w(\text{CO}) = 40\% \text{ об.}$; $w(\text{CO}_2) = 60\% \text{ об.}$

247. 10 г NaCl и 10 г NH_4Cl .

20. Количественный состав растворов

248.

Масса раствора

$$1,12 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл} = 1120 \text{ г.}$$

Массовая доля растворенного вещества

$$\frac{224 \text{ г}}{1120 \text{ г}} = 0,2.$$

249.

Масса раствора

$$464 \text{ г} + 141 \text{ г} = 605 \text{ г.}$$

Массовая доля KOH в растворе

$$\frac{141 \text{ г}}{605 \text{ г}} = 0,23.$$

Плотность раствора

$$\frac{605 \text{ г}}{500 \text{ мл}} = 1,21 \text{ г/мл.}$$

250. Расчет массы кислоты (x):

$$\frac{x}{1000+x} = 0,03, \quad x = 30 + 0,03x, \quad 0,97x = 30, \quad x = 30,92 \text{ (г) кислоты.}$$

251.

Масса раствора

$$\frac{2 \text{ г}}{0,001} = 2000 \text{ г.}$$

Масса H_2O

$$2000 \text{ г} - 2 \text{ г} = 1998 \text{ г } \text{H}_2\text{O}.$$

252.

Масса NaHCO_3 в исходном растворе

$$0,1 \cdot 200 \text{ г} = 20 \text{ г } \text{NaHCO}_3.$$

Масса полученного раствора

$$200 \text{ г} + 5 \text{ г} = 205 \text{ г.}$$

Масса NaHCO_3 в полученном растворе

$$20 \text{ г} + 5 \text{ г} = 25 \text{ г } \text{NaHCO}_3.$$

Массовая доля NaHCO_3 в полученном растворе

$$w = \frac{25}{205} \cdot 100\% = 12\%.$$

253. Расчет массы $\text{FeSO}_4 (m_1)$ и массы $\text{H}_2\text{O} (m_2)$, содержащихся в 27,8 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$:

$$\overset{27,8 \text{ г}}{\underset{278 \text{ г/моль}}{\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}} = \overset{m_1}{\underset{152 \text{ г/моль}}{\text{FeSO}_4}} + \overset{m_2}{\underset{7 \cdot 18 \text{ г/моль}}{7\text{H}_2\text{O}}};$$

$$m_1 = \frac{27,8 \text{ г} \cdot 152 \text{ г/моль}}{278 \text{ г/моль}} = 15,2 \text{ г FeSO}_4;$$

$$m_2 = \frac{27,8 \text{ г} \cdot 7 \cdot 18 \text{ г/моль}}{278 \text{ г/моль}} = 12,6 \text{ г H}_2\text{O}.$$

Расчет массы H_2O (x), необходимой для приготовления раствора:

$$0,1 = \frac{15,2}{x + 27,8} \Rightarrow x = 124,2 \text{ г (124 мл) H}_2\text{O}.$$

254.

Масса раствора

$$1,15 \text{ г/мл} \cdot 500 \text{ мл} = 575 \text{ г}.$$

Масса вещества в исходном растворе

$$0,2 \cdot 575 \text{ г} = 115 \text{ г}.$$

Масса полученного раствора

$$\frac{115 \text{ г}}{0,045} = 2555,5 \text{ г}.$$

Объем полученного раствора

$$\frac{2555,5 \text{ г}}{1,03 \text{ г/мл}} = 2,48 \text{ л}.$$

255.

Масса соли в исходном растворе

$$0,5 \cdot 400 \text{ г} = 200 \text{ г}.$$

Масса раствора после выпаривания

$$400 \text{ г} - 100 \text{ г} = 300 \text{ г}.$$

Массовая доля соли в растворе
после выпаривания

$$\frac{200 \text{ г}}{300 \text{ г}} = 0,66.$$

256.

Масса соли в исходном растворе

$$0,16 \cdot 120 \text{ г} = 19,2 \text{ г}.$$

Масса воды в кристаллогидрате

$$37,9 \text{ г} - 19,2 \text{ г} = 18,7 \text{ г}.$$

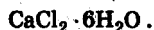
Составляем отношение

$$\frac{M(\text{CaCl}_2)}{M(x\text{H}_2\text{O})} = \frac{19,2}{18,7}.$$

Количество вещества воды
в кристаллогидрате

$$x = \frac{18,7 \text{ г} \cdot 111 \text{ г/моль}}{18 \text{ г/моль} \cdot 19 \text{ г}} = 6.$$

Формула кристаллогидрата:



257.

Масса соли

$$0,2 \cdot 1000 \text{ г} = 200 \text{ г}$$

Масса соли в кристаллогидрате

$$239,5 \text{ г} - 79,5 \text{ г} = 160 \text{ г}$$

Расчет массы воды

$$160 \text{ г соли} - 79,5 \text{ г H}_2\text{O}$$

$$200 \text{ г соли} - x \text{ г H}_2\text{O}$$

$$x = 99,3 \text{ г H}_2\text{O}$$

Масса кристаллогидрата:

$$99,3 \text{ г} + 200 \text{ г} = 299,3 \text{ г}$$

258. а) Раствор А: $w = \frac{10 \text{ г}}{100 \text{ г}} = 0,1$, раствор Б: $w = \frac{100 \text{ г}}{100 \text{ г} + 1000 \text{ г}} = 0,09$;

б) Раствор В: $w = \frac{0,2 \text{ г}}{20 \text{ г}} = 0,01$, раствор Г: $w = \frac{0,3 \text{ г}}{30 \text{ г}} = 0,01$.

259. а) 0,8 г сахара растворить в таком количестве воды, чтобы объем раствора был равен 40 мл.

б) 1,5 г кислоты растворить в таком количестве воды, чтобы объем раствора был равен 50 мл.

260. В 2 раза.

21. Смешивание растворов

261.

Масса растворенного вещества в первом растворе

$$w_1 m_1$$

Масса растворенного вещества во втором растворе

$$w_2 m_2$$

Масса полученного раствора

$$m_1 + m_2$$

Масса растворенного вещества в полученном растворе

$$w_3 (m_1 + m_2)$$

Алгебраическое выражение для вычисления

$$w_1 m_1 + w_2 m_2 = w_3 (m_1 + m_2)$$

$$w_1 m_1 + w_3 m_1 = w_3 m_2 - w_2 m_2$$

$$(w_1 - w_3) m_1 = (w_3 - w_2) m_2$$

Отношение масс исходных растворов

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{w_3 - w_2}{w_1 - w_3}$$

262.
$$\begin{array}{ccc} x & & 20 \\ & \diagdown & \diagup \\ & 20 & \\ & \diagup & \diagdown \\ 0 & & x-20 \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} m_1 = 160 \text{ г} \\ m_2 = 80 \text{ г} \end{array} \right.$$

$$\frac{20}{x-20} = \frac{160}{80}, \text{ откуда } x = 30\%.$$

263.
$$\begin{array}{ccc} 24 & & x-15 \\ & \diagdown & \diagup \\ & 20 & \\ & \diagup & \diagdown \\ 15 & & 24-x \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} m_1 = 400 \text{ г} \\ m_2 = 200 \text{ г} \end{array} \right.$$

$$\frac{x-15}{24-x} = \frac{400}{200}, \text{ откуда } x = 21\%.$$

$$\begin{array}{ccc}
 264. & \begin{array}{ccc} 76\% & & 34\% \\ & \diagdown & \diagup \\ & 42\% & \\ & \diagup & \diagdown \\ 8\% & & 34\% \end{array} & \left| \begin{array}{l} m_1 \\ \\ m_2 \end{array} \right.
 \end{array}$$

, следовательно, $m_1 = m_2$

Массы смешиваемых растворов должны быть одинаковыми.

$$\begin{array}{ccc}
 265. & \begin{array}{ccc} 90\% & & 20\% \\ & \diagdown & \diagup \\ & 30\% & \\ & \diagup & \diagdown \\ 10\% & & 60\% \end{array} & \left| \begin{array}{l} m_1 = 500 - x \\ \\ m_2 = x \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\frac{20}{60} = \frac{500 - x}{x}, \text{ откуда } x = 375 \text{ г}$$

$$m_1 = 125 \text{ г и } m_2 = 375 \text{ г.}$$

$$\begin{array}{ccc}
 266. & \begin{array}{ccc} 90\% & & 3\% \\ & \diagdown & \diagup \\ & 3\% & \\ & \diagup & \diagdown \\ 0 & & 87\% \end{array} & \left| \begin{array}{l} 200 \text{ г} \\ \\ m_2 = x \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\frac{3}{87} = \frac{200}{x}, \text{ откуда } x = 5800 \text{ г}$$

$$m = 5800 \text{ г} + 200 \text{ г} = 6 \text{ кг.}$$

$$\begin{array}{ccc}
 267. & \begin{array}{ccc} 90\% & & 3\% \\ & \diagdown & \diagup \\ & 3\% & \\ & \diagup & \diagdown \\ 0 & & 87\% \end{array} & \left| \begin{array}{l} m_1 = x \\ \\ m_2 = 500 - x \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\frac{3}{87} = \frac{x}{500 - x}, \text{ откуда } x = 16,7 \text{ г}$$

$$m_1 = 16,7 \text{ г и } m_2 = 483,3 \text{ г воды.}$$

268. а) Разбавить водой в 2 раза;

$$\begin{array}{ccc}
 б) & \begin{array}{ccc} w & & \frac{w}{2,5} = \frac{2w}{5} \\ & \diagdown & \diagup \\ & w & \\ & \diagup & \diagdown \\ 0 & & 2,5 \\ & \diagdown & \diagup \\ & 2,5 & \\ & \diagup & \diagdown \\ 1 - \frac{w}{2,5} = \frac{3w}{5} & & \end{array} & \left| \begin{array}{l} m \\ \\ x \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\frac{2}{3} = \frac{m}{x}, \text{ откуда } x = \frac{3}{2}m$$

разбавить водой в 1,5 раза.

269. Примем: m — масса растворенного вещества. $w = \frac{m}{200}$; $\frac{w}{n} = \frac{m}{500}$,

отсюда $n = \frac{500}{200} = 2,5$.

Уменьшится в 2,5 раза.

270. При смешивании 100 г 70%-го, 100 г 60%-го и 50 г 30%-го растворов можно получить наибольшую концентрацию раствора (58 %), при смешивании 100 г 30%-го, 100 г 60%-го и 50 г 70%-го растворов — наименьшую концентрацию (50 %).

55%-я кислота получается при смешивании 100 г 70%-го, 75 г 60%-го и 75 г 30%-го растворов.

271. $w(\text{NaOH}) = 12\%$.

272. $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,064$.

273. $m_1 = 180$ г; $m_2 = 300$ г.

22. Концентрация вещества в растворе

274. а) $w = \frac{15,46}{500 + 15,46} \cdot 100\% = 3\%$;

б) $c = \frac{m}{MV} = \frac{15,46 \text{ г} \cdot 1,032 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл/л}}{40 \text{ г/моль} \cdot 515,46 \text{ г}} = 0,77 \text{ моль/л.}$

275.

Масса насыщенного раствора

$\text{KCl } 34 \text{ г} + 100 \text{ г} = 134 \text{ г}$

Массовая доля KCl

$w(\text{KCl}) = \frac{34 \text{ г}}{134 \text{ г}} \cdot 100\% = 25,4\%$

Объем насыщенного раствора KCl

$134 \text{ г} \cdot 1 \text{ г/мл} = 134 \text{ мл} = 0,134 \text{ л}$

Молярная концентрация

$c(\text{KCl}) = \frac{m}{MV} = \frac{34 \text{ г}}{74,5 \text{ г/моль} \cdot 0,134 \text{ л}} = 16,4 \text{ моль/л.}$

276. $m(\text{H}_3\text{PO}_4) = w\rho V$;

$c(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m}{MV} = \frac{w\rho V}{M \cdot V} = \frac{0,477 \cdot 1,315 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл/л}}{98 \text{ г/моль}} = 6,4 \text{ моль/л.}$

277. $m(\text{HCl}) = cMV$;

$$w = \frac{cMV}{\rho V} = \frac{0,1 \text{ моль/л} \cdot 36,5 \text{ г/моль} \cdot 100\%}{1,01 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл/л}} = 0,36\%.$$

$$278. m(\text{H}_2\text{SO}_4) = w\rho V_x,$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{w\rho V_x}{M \cdot V}, \text{ откуда } V_x = \frac{cMV}{w\rho} = \frac{0,2 \text{ моль/л} \cdot 98 \text{ г/моль} \cdot 0,5 \text{ л}}{0,96 \cdot 1,836 \text{ г/мл}} = 5,56 \text{ мл}.$$

$$279. c(\text{HCl}) = \frac{0,37 \cdot 1,19 \text{ г/мл} \cdot 24,8 \text{ мл}}{36,5 \text{ г/моль} \cdot 1,5 \text{ л}} = 0,2 \text{ моль/л}.$$

280.

Количество вещества HCl в исходном растворе

$$0,1 \text{ л} \cdot 0,1 \text{ моль/л} = 0,01 \text{ моль}.$$

Количество вещества HCl в добавляемом растворе

$$V \cdot 1 \text{ моль/л}.$$

Количество вещества HCl

$$(0,1 + V) \cdot 0,25.$$

в полученном растворе

Алгебраическое уравнение

$$0,01 + V = (0,1 + V) \cdot 0,25.$$

для определения объема HCl

$$V = 0,02 \text{ л} = 20 \text{ мл}.$$

$$281. n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{64 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 3,56 \text{ моль}; n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{36 \text{ г}}{180 \text{ г/моль}} = 0,20 \text{ моль};$$

$$\chi(\text{H}_2\text{O}) = \frac{3,56}{3,56 + 0,20} = 0,95; \chi(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{0,20}{3,56 + 0,20} = 0,05.$$

$$282. m(\text{CuSO}_4) = c(\text{CuSO}_4) \cdot M = 0,7 \text{ моль/л} \cdot 160 \text{ г/моль} = 112 \text{ г/л};$$

$$w = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{p-p})} = \frac{112 \text{ г/л}}{1107 \text{ г/л}} = 0,10.$$

$$283. T = \frac{m}{V} = \frac{0,01 \text{ моль/л} \cdot 56,5 \text{ г/моль}}{1000 \text{ мл/л}} = 0,000561 \text{ г/мл}.$$

$$284. V_{\text{раствора}} = 49,2 \text{ мл}.$$

$$285. \text{ а) } 17 \text{ г NaCl и } 1983 \text{ г H}_2\text{O}; \text{ б) } 1,7 \text{ г NaCl}.$$

$$286. w(\text{NH}_3) = 34,7\%; c(\text{NH}_3) = 18 \text{ моль/л}.$$

23. Растворимость веществ

287. Возьмем 100 л воды. В них растворяется 4,8 л, или $\frac{4,8}{22,4}$ моль или $\frac{4,8}{22,4} \cdot 32 = 6,86$ г кислорода и 2,4 л, или $\frac{2,4}{22,4}$ моль, или $\frac{2,4}{22,4} \cdot 28 = 3,00$ г азота. Тогда растворимость кислорода $6,86 \cdot 10^{-2}$ г/л; азота — $3,00 \cdot 10^{-2}$ г/л.

288. Растворимость (S) обычно выражают массой вещества, растворяющегося в 100 г растворителя с образованием насыщенного раствора.

Тогда, если 460 г насыщенного раствора содержали 60 г соли и $460 - 60 = 400$ г воды, растворимость соли $S(K_2SO_4) = \frac{60}{400} = 15$ г на 100 г воды.

289. Растворимость (S) соли по определению:

$$S = \frac{m(\text{соли})}{m(\text{воды})} \cdot 100, \text{ откуда } m(\text{воды}) = \frac{m(\text{соли}) \cdot 100}{S} = \frac{250 \cdot 100}{41,4} = 603,9 \text{ г.}$$

$$290. w(A) = \frac{m(A)}{m(\text{раствор})} = \frac{9,6}{100 + 9,6} = 0,088.$$

291. При 90 °C раствор содержит 200 г соли в 300 г раствора и 333 г соли в 500 г раствора. Воды в растворе $500 - 333 = 167$ г.

При 30 °C на 167 г воды приходится 76,8 г соли, если на 100 г воды — 46 г соли. Выкристаллизуется $333 - 76,8 = 256,2$ г соли.

292. При 100 °C 500 г раствора содержат:

$$\frac{500 \cdot 100}{139,8} = 357,6 \text{ г воды и } 500 - 357,6 = 142,4 \text{ г соли.}$$

$$\text{При } 20^\circ\text{C } 357,6 \text{ г воды растворяют: } \frac{357,6 \cdot 36,0}{100} = 128,7 \text{ г соли.}$$

В осадок выпадет $142,4 - 128,7 = 13,7$ г NaCl.

293. 132,9 г насыщенного раствора содержит 32,9 г $FeSO_4$, а 5000 г — $x = 1237,8$ г $FeSO_4$.

Далее находим массу железного купороса с учетом содержания в нем кристаллизационной воды: $M(FeSO_4) = 152,0$ г/моль; $m(FeSO_4) = 1237,8$ г; $M(FeSO_4 \cdot 7H_2O) = 278$ г/моль;

$$m(FeSO_4 \cdot 7H_2O) = \frac{m(FeSO_4) \cdot M(FeSO_4 \cdot 7H_2O)}{M(FeSO_4)} = \frac{1237,8 \cdot 278}{152} = 2263,9 \text{ г.}$$

$$294. M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}; M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль};$$

$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль}$. Массу медного купороса, который выпадает в осадок, примем за x . Тогда масса CuSO_4 в осадке будет: $m(\text{CuSO}_4)_{\text{кр}} =$

$$= \frac{x \cdot M(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}, \text{ а масса кристаллизационной воды: } m(\text{H}_2\text{O})_{\text{кр}} = \frac{x \cdot 5M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}.$$

$$m(\text{CuSO}_4)_{\text{кр}} = \frac{x \cdot 160}{250} = 0,64x; m(\text{H}_2\text{O})_{\text{кр}} = \frac{x \cdot 90}{250} = 0,36x.$$

Масса растворенного при 100°C CuSO_4 :

$$m(\text{CuSO}_4)_{100} = \frac{500 \cdot 75,5}{175,5} = 215,1 \text{ г.}$$

Масса воды в растворе:

$$m(\text{H}_2\text{O})_{100} = 500 - 215,1 = 284,9 \text{ г.}$$

При 20°C масса воды уменьшается:

$$m(\text{H}_2\text{O})_{20} = 284,9 - 0,36x.$$

Масса соли в растворе при 20°C :

$$m(\text{CuSO}_4)_{20} = \frac{(284,9 - 0,36x) \cdot 20,7}{100} = 59,0 - 0,0745x.$$

Составляем уравнение, исходя из условия:

$$m(\text{CuSO}_4)_{\text{кр}} = m(\text{CuSO}_4)_{100} - m(\text{CuSO}_4)_{20}$$

$$0,64x = 215,1 - (59,0 - 0,0745x)$$

$$0,5655x = 156,1$$

$$x = 276 \text{ (г)}.$$

$$295. M(\text{MgSO}_4) = 120 \text{ г/моль}; M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 246 \text{ г/моль}.$$

125 г кристаллогидрата содержат:

$$m(\text{MgSO}_4) = \frac{125 \cdot 120}{246} = 61 \text{ г.}$$

Тогда масса насыщенного раствора будет:

$$m(\text{раствор}) = \frac{61 \cdot 135,5}{35,5} = 232,8 \text{ г.}$$

$$\text{Необходимое количество воды: } 232,8 - 125 = 107,8 \text{ г.}$$

$$296. \text{Масса } 5000 \text{ л воды равна } 5 \cdot 10^6 \text{ г} = 5 \cdot 10^3 \text{ кг.}$$

В ней может раствориться хлор массой:

$$m(\text{Cl}_2) = \frac{0,716 \cdot 5 \cdot 10^6}{10^2} = 35800 \text{ г.}$$

Объем найдем по уравнению Менделеева — Клайперона $P \cdot V = \frac{m}{M} RT$:

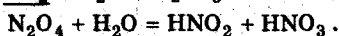
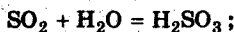
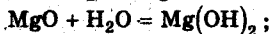
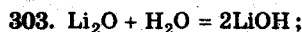
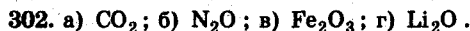
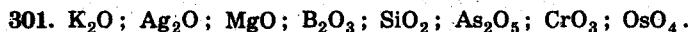
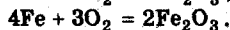
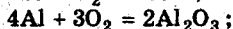
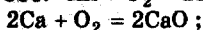
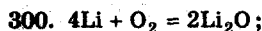
$$V = \frac{mRT}{P \cdot M} = \frac{35,8 \cdot 8,31 \cdot 293}{101,33 \cdot 10^3 \cdot 71 \cdot 10^{-3}} = 12,1 \text{ м}^3 \text{ Cl}_2.$$

297. $m(\text{H}_2\text{O}) = 11 \text{ г}$; $m(\text{CaCl}_2) = 11,2 \text{ г}$.

298. $w(\text{H}_2\text{S}) = 0,38 \%$.

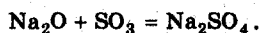
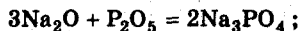
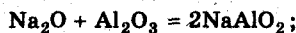
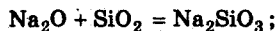
299. $48,3 \text{ г} / 100 \text{ г воды}$.

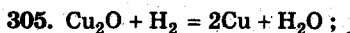
24. Оксиды



304.

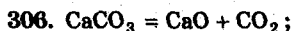
	Na_2O	CaO	SiO_2	Al_2O_3	P_2O_5	SO_3	PbO	NO
Na_2O	—	—	+	+	+	+	—	—
CaO	—	—	+	+	+	+	—	—
SiO_2	+	+	—	+	—	—	+	—
Al_2O_3	+	+	—	—	+	+	—	—
P_2O_5	+	+	—	+	—	—	+	—
SO_3	+	+	—	+	—	—	+	—
PbO	—	—	+	—	+	+	—	—
NO	—	—	—	—	—	—	—	—





$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{5,4}{18} = 0,3 \text{ моль} = n(\text{Cu}_2\text{O}) ;$$

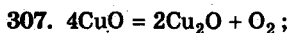
$$m(\text{Cu}_2\text{O}) = n \cdot M(\text{Cu}_2\text{O}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 143 \text{ г/моль} = 42,9 \text{ г} .$$



$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{1000}{100 \cdot 10^{-3}} = 10000 \text{ моль} = n(\text{CaO}) = n(\text{CO}_2) ;$$

$$m(\text{CaO}) = 56 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 = 560 \text{ кг} ;$$

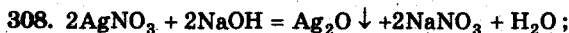
$$V(\text{CO}_2) = 22,4 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 = 224 \text{ м}^3 .$$



$$n(\text{O}_2) = \frac{56}{22,4} = 2,5 \text{ моль} ;$$

$$n(\text{CuO}) = 4n(\text{O}_2) = 2,5 \cdot 4 = 10 \text{ моль} ;$$

$$m(\text{CuO}) = 80 \cdot 10 = 800 \text{ г} .$$



$$M(\text{AgNO}_3) = 169,94 \text{ г/моль} ; M(\text{Ag}_2\text{O}) = 231,74 \text{ г/моль} ;$$

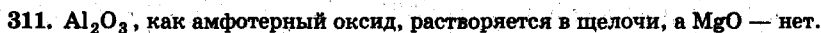
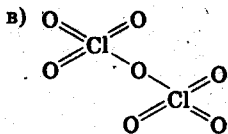
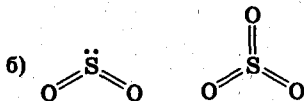
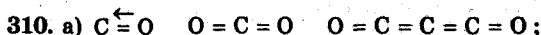
$$n(\text{Ag}_2\text{O}) = \frac{56,35}{231,74} = 0,2 \text{ моль} ;$$

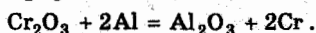
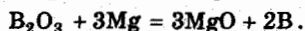
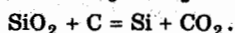
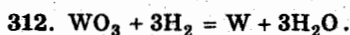
$$n(\text{AgNO}_3) = 2n(\text{Ag}_2\text{O}) = 0,4 \text{ моль} ;$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 169,9 \cdot 0,4 = 67,96 \text{ г} ;$$

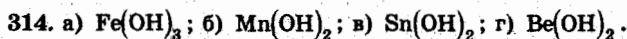
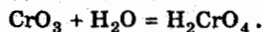
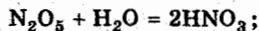
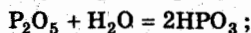
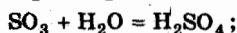
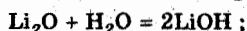
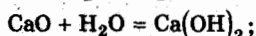
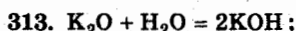
$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{67,96}{180} \cdot 100\% = 37,8\% .$$

309. $m(\text{Al}) = 20,9 \text{ г} .$



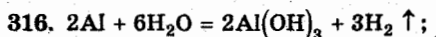


25. Основания. Кислоты



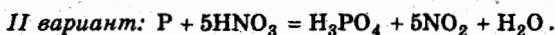
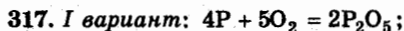
$$m(\text{NaOH}) = 100 \text{ г}; M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль};$$

$$n(\text{NaOH}) = 2,5 \text{ моль} = n(\text{CO}_2); M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль} \quad m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 2,5 = 110 \text{ г}.$$



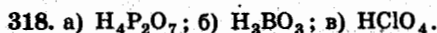
$$n(\text{H}_2) = \frac{3}{2} n(\text{Al}); n(\text{Al}) = 5,4 : 27 = 0,2 \text{ моль}; n(\text{H}_2) = 0,3 \text{ моль};$$

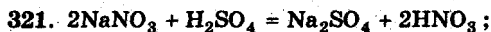
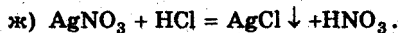
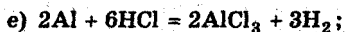
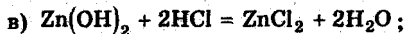
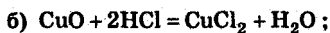
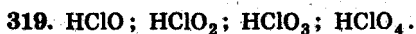
$$V(\text{H}_2) = 22,4 \cdot 0,3 = 6,72 \text{ л}.$$



15,5 г фосфора составляют $15,5 : 31 = 0,5$ моль, следовательно, получим 0,5 моль ортофосфорной кислоты.

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \cdot 0,5 = 49 \text{ г}.$$

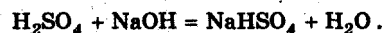
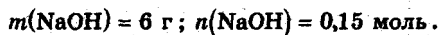
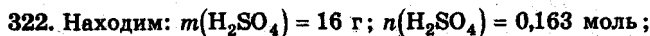




$$M(\text{NaNO}_3) = 85 \text{ г/моль}; n(\text{NaNO}_3) = \frac{10000}{85} = 117,65 \text{ моль};$$

$$n(\text{HNO}_3) = n(\text{NaNO}_3) = 117,65 \text{ моль};$$

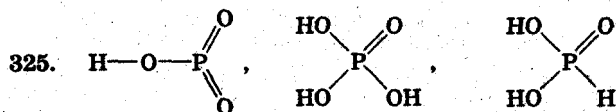
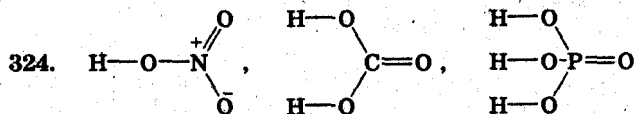
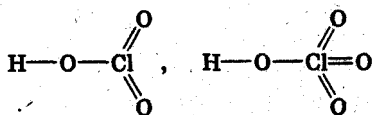
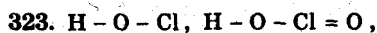
$$m(\text{HNO}_3) = 117,65 \cdot 63 = 7412 \text{ г}.$$



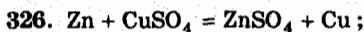
В избытке $\text{H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow$ расчет по NaOH :

$$n(\text{NaHSO}_4) = n(\text{NaOH}) = 0,15 \text{ моль};$$

$$M(\text{NaHSO}_4) = 120 \text{ г/моль}; m(\text{NaHSO}_4) = 18 \text{ г}.$$

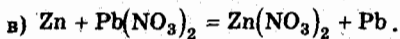
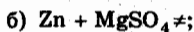


26. Связь между классами неорганических соединений



65 г/моль

64 г/моль

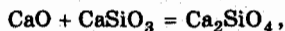
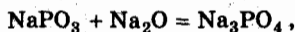


65 г/моль

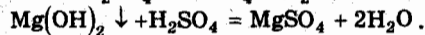
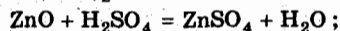
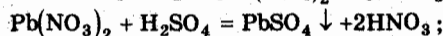
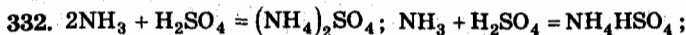
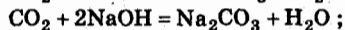
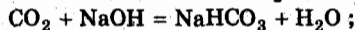
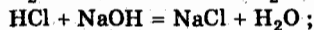
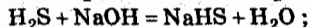
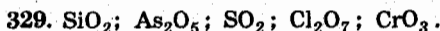
207 г/моль

В случае «а» масса уменьшится, в случае «в» — увеличится, в случае «б» — останется без изменений.

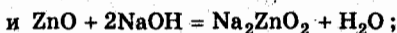
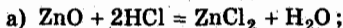
328. Такие реакции возможны в случае, когда кислородсодержащая кислота существует в формах *мета*- и *орто*кислоты



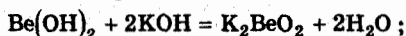
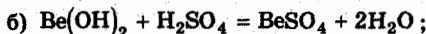
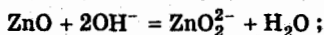
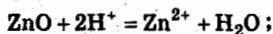
а также когда соль поликислоты реагирует с оксидом



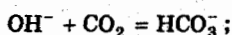
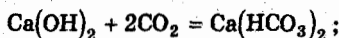
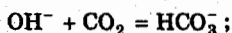
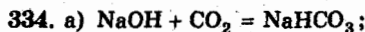
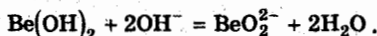
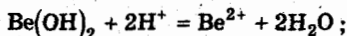
333. Амфотерность — способность вещества проявлять и кислотные, и основные свойства в зависимости от природы второго реагента. Так, при взаимодействии с кислотами амфотерные гидроксиды проявляют свойства оснований, а амфотерные оксиды реагируют как основные. При взаимодействии с основаниями амфотерные гидроксиды проявляют свойства кислот, а оксиды выступают в качестве кислотных.



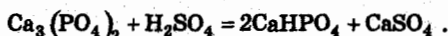
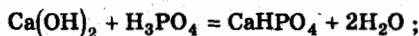
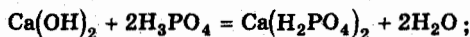
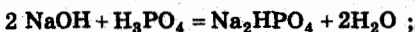
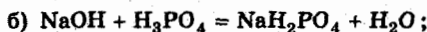
в ионно-молекулярном виде:



в ионно-молекулярном виде:

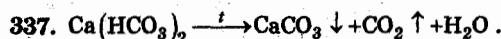
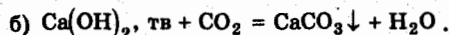
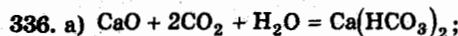
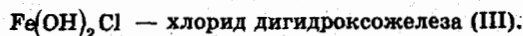
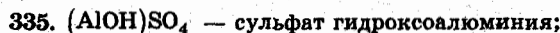


NaHCO_3 ; $\text{Ca(HCO}_3)_2$ — гидрокарбонаты натрия и кальция;



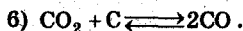
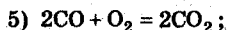
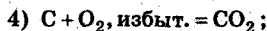
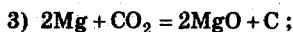
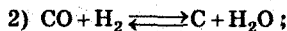
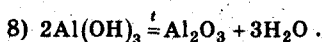
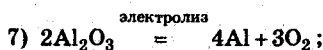
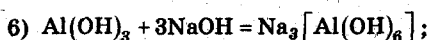
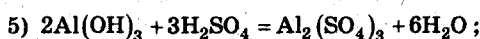
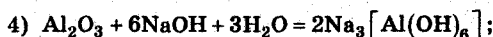
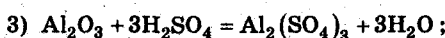
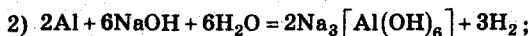
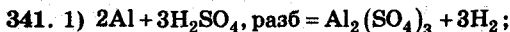
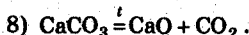
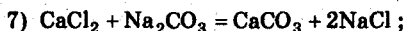
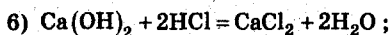
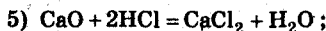
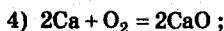
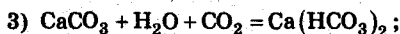
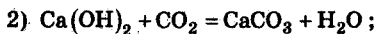
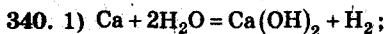
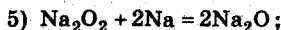
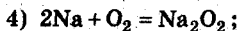
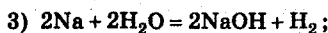
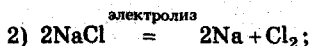
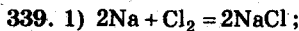
Na_2HPO_4 ; CaHPO_4 — гидрофосфаты натрия, кальция.

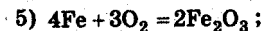
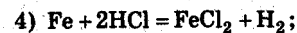
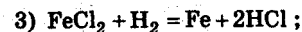
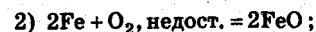
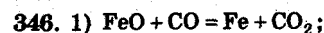
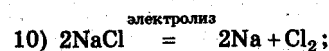
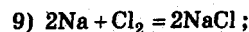
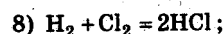
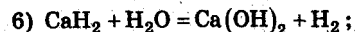
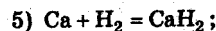
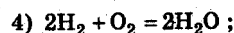
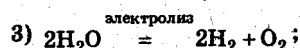
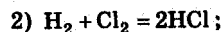
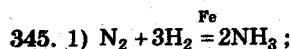
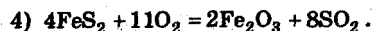
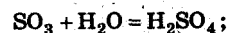
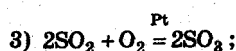
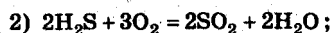
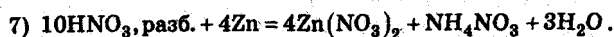
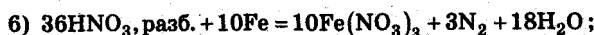
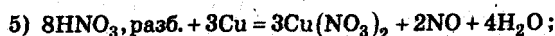
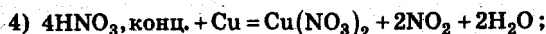
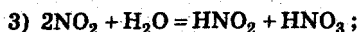
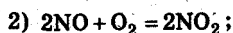
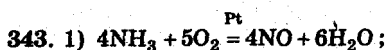
NaH_2PO_4 ; $\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2$ — дигидрофосфаты натрия, кальция.

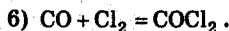
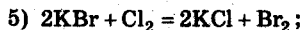
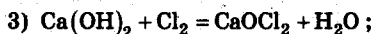
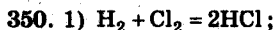
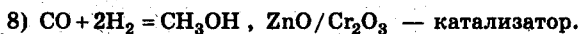
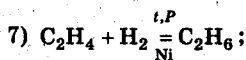
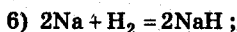
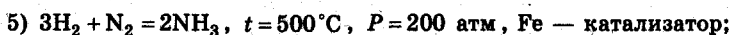
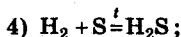
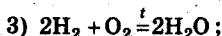
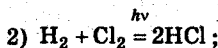
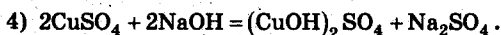
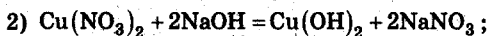
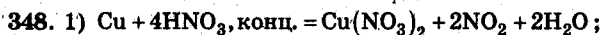
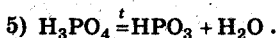
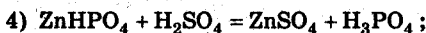
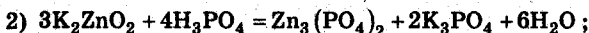
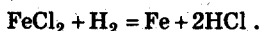
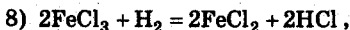
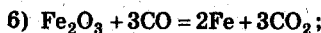


338. В зависимости от порядка сливания растворов наблюдают или не наблюдают образование осадка Al(OH)_3 . Если раствор сульфата алюминия добавляют в раствор гидроксида натрия, образующийся осадок Al(OH)_3 растворяется в избытке щелочи: $\text{Al(OH)}_3 \downarrow + \text{NaOH} = \text{Na[Al(OH)}_4]$.

27. Взаимные превращения неорганических веществ

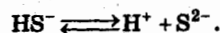
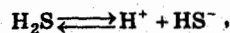
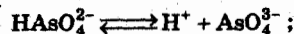
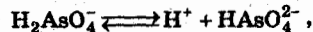
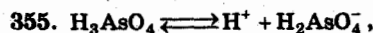
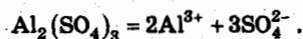
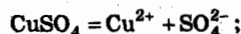
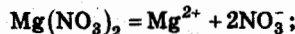
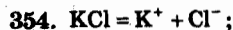
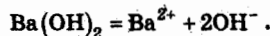
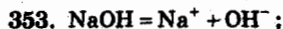
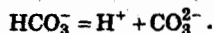
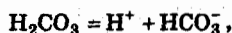
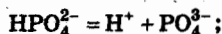
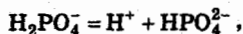
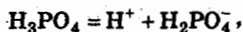
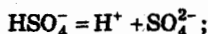
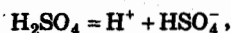
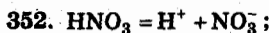






351. 1) $2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$;
 2) $3\text{NaClO} = \text{NaClO}_3 + 2\text{NaCl}$;
 3) $2\text{NaOH} + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
 4) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
 5) $4\text{NO} + 2\text{NaOH} = \text{N}_2\text{O} + 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
 6) $2\text{KMnO}_4 + 5\text{NaNO}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + 5\text{NaNO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$.

28. Электролитическая диссоциация



356. Найдем молярную концентрацию раствора KCl:

$$M(\text{KCl}) = 39 + 35,5 = 74,5 \text{ г/моль}, \quad c(\text{KCl}) = \frac{11,50}{74,5 \cdot 0,5} = 0,309 \text{ моль/л}.$$

Хлорид калия — сильный электролит, диссоциирует в растворе полностью:

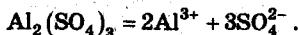


$$\text{Тогда } [\text{K}^+] = [\text{Cl}^-] = c(\text{KCl}),$$

$$[\text{K}^+] = [\text{Cl}^-] = 0,309 \text{ моль/л}.$$

$$357. \quad c[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 1 \text{ моль/л}.$$

Так как эта соль является сильным электролитом, то диссоциирует нацело:



Из уравнения диссоциации следует:

$$[\text{Al}^{3+}] = 2c[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 2 \text{ моль/л};$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 3c[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 3 \text{ моль/л}.$$

$$358. \quad c_{\text{HCl}} = \frac{V(\text{HCl})}{V \cdot V_{\text{р-ра}}} = \frac{11,2}{22,4 \cdot 2} = 0,25 \text{ моль/л};$$

$$c_{\text{NaCl}} = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl}) \cdot V_{\text{р-ра}}} = \frac{58,5}{58,5 \cdot 2} = 0,5 \text{ моль/л}.$$

Кислота HCl и соль NaCl — сильные электролиты: $\text{HCl} = \text{H}^+ + \text{Cl}^-$,



$$[\text{H}^+] = c(\text{HCl}) = 0,25 \text{ моль/л};$$

$$[\text{Na}^+] = c(\text{NaCl}) = 0,5 \text{ моль/л};$$

$$[\text{Cl}] = c(\text{HCl}) + c(\text{NaCl}) = 0,75 \text{ моль/л}.$$

$$359. \quad 0,1 \text{ моль NaCl}; 0,2 \text{ моль K}_2\text{SO}_4; 0,2 \text{ моль Na}_2\text{SO}_4;$$

$$\text{или } 0,1 \text{ моль KCl}; 0,25 \text{ моль Na}_2\text{SO}_4; 0,15 \text{ моль K}_2\text{SO}_4.$$

$$360. \quad [\text{Na}^+] = 3 \cdot 0,3 = 0,9 \text{ моль/л}; \quad [\text{Cu}^{2+}] = 0,4 \text{ моль/л};$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = 0,3 \text{ моль/л}; \quad [\text{SO}_4^{4-}] = 0,4 \text{ моль/л};$$

$$\sum[\text{ионов}] = 1,2 \text{ моль/л}. \quad \sum[\text{ионов}] = 0,8 \text{ моль/л}.$$

В растворе Na_3PO_4 ионов больше.

$$361. c(\text{BaCl}_2) = \frac{10,4}{208} = 0,05 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{NaCl}) = \frac{11,7}{58,5} = 0,2 \text{ моль/л};$$

$$[\text{Ba}^{2+}] = 0,05 \text{ моль/л};$$

$$[\text{Na}^+] = 0,2 \text{ моль/л};$$

$$[\text{Cl}^-] = 2c(\text{BaCl}_2) + c(\text{NaCl}) = 0,3 \text{ моль/л}.$$

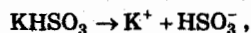
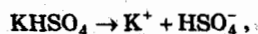
Зная концентрацию ионов в растворе и исходя из того, что 1 моль содержит $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ частиц (постоянная Авогадро), находим:

$$N(\text{Ba}^{2+}) = 3,01 \cdot 10^{22};$$

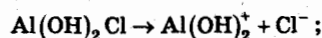
$$N(\text{Na}^+) = 1,2 \cdot 10^{23};$$

$$N(\text{Cl}^-) = 1,8 \cdot 10^{23}.$$

$$362. \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{SO}_3, \text{H}_2\text{S}; \text{K}_2\text{SO}_4, \text{K}_2\text{SO}_3, \text{K}_2\text{S}; \text{KHSO}_4, \text{KHSO}_3, \text{KHS}.$$



$$363. \text{Al}(\text{OH})_3, \text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}, \text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2, \text{AlCl}_3.$$



$$364. \text{а) } \text{K}^+, \text{Al}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}; \text{б) } \text{K}^+, \text{Cr}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}; \text{в) } \text{NH}_4^+, \text{Al}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}; \\ \text{г) } \text{Ca}^{2+}, \text{Cl}^-, \text{ClO}^-.$$

29. Степень диссоциации

$$365. \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+.$$

$$\alpha = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{c_0(\text{CH}_3\text{COOH})} \cdot 100\%,$$

$$\alpha = \frac{0,014 \cdot 100\%}{0,1} = 14\%.$$

$$366. \text{HY} = \text{H}^+ + \text{Y}^-;$$

$$[\text{H}^+] = [\text{Y}^-] = \alpha \cdot c_0;$$

$$[\text{HY}] = c_0 - [\text{Y}^-] = c_0 - \alpha \cdot c_0 = c_0(1 - \alpha),$$

$$[\text{H}^+] = [\text{Y}^-] = 0,33 \cdot 0,6 = 0,2 \text{ моль/л},$$

$$[\text{HY}] = 0,4 \text{ моль/л}.$$

$$367. [\text{H}^+] = 0,09 \text{ моль/л};$$

$$n(\text{H}) = 0,09 \text{ моль/л} \cdot 5 \text{ л} = 0,45 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}) = 0,45 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,45 \text{ г}.$$

$$368. \text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-,$$

$$\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{c_k},$$

$$[\text{H}^+] = \alpha \cdot c_k, \text{ откуда } c_k = \frac{[\text{H}^+]}{\alpha},$$

$$c_k = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{2,6 \cdot 10^{-2}} = 0,3 \text{ моль/л}.$$

$$369. \text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-; K_a = ?$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]},$$

$$[\text{H}^+] = [\text{A}^-] = \alpha \cdot c, [\text{HA}] = (1 - \alpha) \cdot c,$$

$$K_a = \frac{\alpha^2 c}{1 - \alpha} = \frac{(0,0245)^2 \cdot 0,03}{0,9755} = 1,84 \cdot 10^{-5}.$$

$$370. \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-; K_1 = ?$$

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+] [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{\alpha^2 c}{1 - \alpha} = \alpha^2 c,$$

$$K_1 = 4,45 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л}.$$

$$371. \text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-, K = 2 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л},$$

$$K = \frac{\alpha^2 c}{1 - \alpha} \Rightarrow c = \frac{K \cdot (1 - \alpha)}{\alpha^2} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,97}{9 \cdot 10^{-4}} = 0,215 \text{ моль/л}.$$

$$372. \text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-, K = 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л},$$

$$1 - \alpha = 0,75 \Rightarrow \alpha = 0,25,$$

$$c = \frac{K \cdot (1 - \alpha)}{\alpha^2} = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,75}{0,25 \cdot 0,25} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}.$$

$$373. K = \frac{\alpha^2 c}{1 - \alpha}. \text{ Пусть } \alpha_2 = 2\alpha \text{ и концентрации } c_1 \text{ и } c_2.$$

$$\frac{\alpha^2 c_1}{1 - \alpha} = \frac{(2\alpha)^2 c_2}{1 - 2\alpha};$$

$$\frac{c_1}{1 - \alpha} = \frac{4c_2}{1 - 2\alpha};$$

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{4(1 - \alpha)}{1 - 2\alpha};$$

$$\text{если } \alpha = 0,01: \frac{c_1}{c_2} = \frac{4 \cdot 0,99}{0,98} = 4,04, \quad c_2 = \frac{c_1}{4,04};$$

$$\text{если } \alpha = 0,2: \frac{c_1}{c_2} = \frac{4 \cdot 0,8}{0,6} = 5,3, \quad c_2 = \frac{c_1}{5,3}.$$

$$374. \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-; K = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л},$$

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

и так как $\alpha \ll 1$,

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{c}}.$$

До прибавления соли ацетата натрия:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^{-5}}{10^{-1}}} = 1,34 \cdot 10^{-2}.$$

$$1,34 \cdot 10^{-2} \ll 1$$

После прибавления CH_3COONa определяем степень диссоциации:

$$\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{c},$$

$$\text{тогда } \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K, \text{ откуда}$$

$$\frac{[\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{K}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{1,8 \cdot 10^{-5}}{10^{-2}} = 1,8 \cdot 10^{-3}.$$

В присутствии соли диссоциация кислоты становится еще менее значительной, и можно определенно полагать:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = c(\text{CH}_3\text{COOH})$$

$$\text{и } [\text{CH}_3\text{COO}^-] = c(\text{CH}_3\text{COONa}).$$

375. Сильные электролиты: HBr , HCl , HI , HNO_3 , H_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, KOH , NaOH .

Средние электролиты: H_3PO_4 .

Слабые электролиты: H_2S , HCN , H_2CO_3 , CH_3COOH , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

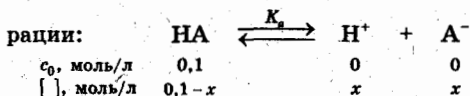
$$376. \alpha = \frac{6,82 \cdot 10^{18} - 6,02 \cdot 10^{18}}{6,02 \cdot 10^{18}} = 0,133.$$

377. Концентрация ионов водорода равна αc .

30. Слабые электролиты. Константа диссоциации

378. Концентрацию ионов рассчитываем по уравнению ее диссоциации:

$\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$ с учетом константы диссоциации и начальной концентрации:



Строка c_0 содержит исходные концентрации (в гипотетический момент до начала диссоциации кислоты). В растворе в незначительной степени диссоциирует и вода, но ее участием в диссоциации можно пренебречь.

Тогда для слабых электролитов ($K_a < 10^{-4}$) можно предположить, что число диссоциировавших молекул HA значительно меньше их исходного числа, т. е. $x \ll c$. При таком допущении получаем:

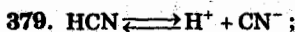
$$K(\text{HA}) = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{x^2}{c}, \text{ откуда } x = \sqrt{K \cdot c};$$

$$x = \sqrt{10^{-5} \cdot 10^{-1}} = 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Поскольку расчет проводили на основании допущений, необходима проверка правомочности этих допущений. Обычно считают допустимыми ошибки до 5 %. В нашем случае ошибка $\approx 1\%$, значит, допущение $x \ll c$ справедливо.

В иных случаях необходимо решать квадратное уравнение типа:

$$\frac{x^2}{c-x} = K_a.$$

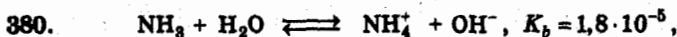


$$\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]} = K_a;$$

$$[\text{H}^+] = [\text{CN}^-] = 2 \cdot 10^{-5};$$

$$[\text{HCN}] = 1 - 2 \cdot 10^{-5} \approx 1 \text{ моль/л};$$

$$K_a = \frac{4 \cdot 10^{-10}}{1} = 4 \cdot 10^{-10} \text{ моль/л}.$$

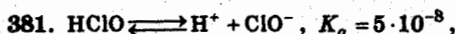


$$c, \text{ моль/л} \quad 0,1 \quad 0 \quad 0$$

$$[], \text{ моль/л} \quad 0,1-x \quad x \quad x$$

$$K_b = \frac{x^2}{0,1-x} \approx \frac{x^2}{0,1}, \text{ если } x \ll 0,1.$$

$$x = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-6}} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л. Проверяем: } 1,3 \cdot 10^{-3} \ll 0,1!$$



$$[\text{H}^+] = [\text{ClO}^-] = \alpha c;$$

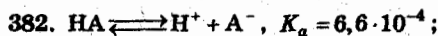
$$[\text{HClO}] = (1-\alpha) \cdot c;$$

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]} = \frac{\alpha^2 c^2}{(1-\alpha) \cdot c} = 5 \cdot 10^{-8}.$$

$$\text{Допустим, что } \alpha \ll 1, \text{ тогда } \alpha^2 c = K, \alpha = \sqrt{\frac{K}{c}}.$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-8}}{10^{-2}}} = 2,2 \cdot 10^{-3},$$

$$\text{действительно, } 2,2 \cdot 10^{-3} \ll 1.$$



$$\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = K_a,$$

$$[\text{H}^+] = [\text{A}^-] = x,$$

$$[\text{HA}] = 0,1 - x;$$

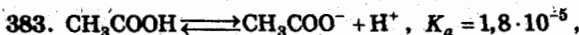
$$\frac{x^2}{0,1-x} = 6,6 \cdot 10^{-4}; \text{ если } x \ll 0,1, \text{ то } x^2 = 6,6 \cdot 10^{-5} \Rightarrow x = 8,1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}.$$

Если считать, что условие $x \ll 0,1$ не выполнено, нужно решать квадратное уравнение:

$$x^2 + 6,6 \cdot 10^{-4}x - 6,6 \cdot 10^{-5} = 0,$$

$$x = -3,3 \cdot 10^{-4} + \sqrt{10,9 \cdot 10^{-8} + 6,6 \cdot 10^{-5}} = 8,1 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-4} \approx 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

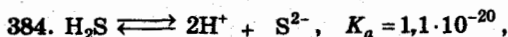
Получаем уточненный, хотя и незначительно, результат.



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]};$$

$$[\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 2 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л};$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{K_a} = \frac{4 \cdot 10^{-6}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 0,22 \text{ моль/л.}$$

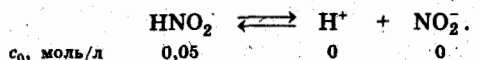
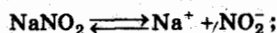
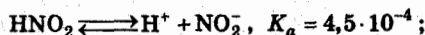


$$\left[\begin{array}{ccc} 0,1 & x & 1 \cdot 10^{-10} \end{array} \right]$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]}, \text{ отсюда}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_a \cdot [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{S}^{2-}]}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-20} \cdot 0,1}{1 \cdot 10^{-10}}} = 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л.}$$

385. Рассматриваем две реакции:



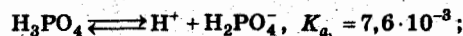
$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]}, \text{ отсюда } [\text{NO}_2^-] = \frac{K_a \cdot [\text{HNO}_2]}{[\text{H}^+]};$$

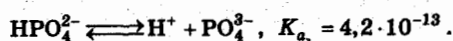
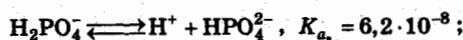
$$x + 10^{-4} = \frac{4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{10^{-2}} = 2,25 \cdot 10^{-1} \text{ моль/л};$$

$$x \approx 0,225 \text{ моль/л};$$

$$m = x \cdot M(\text{NaNO}_2) = 0,225 \cdot 69 = 15,52 \text{ г.}$$

386. Рассматриваем три равновесия:





Уменьшающиеся значения K_a дают основания полагать, что диссоциация идет главным образом по первой ступени, тогда $[\text{H}^+] \approx [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ (пренебрегая вкладом $[\text{H}^+]$ по второй и третьей ступеням диссоциации).

$$\text{Тогда для } K_{a_1} = \frac{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = [\text{HPO}_4^{2-}] \text{ или } [\text{HPO}_4^{2-}] = K_{a_1};$$

$$K_{a_3} = \frac{[\text{H}^+][\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}, \text{ отсюда } [\text{PO}_4^{3-}] = \frac{K_{a_3} \cdot K_{a_1}}{[\text{H}^+]}$$

$$\text{Находим } [\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-]:$$

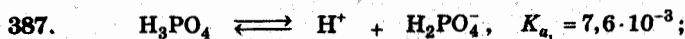
$$K_{a_1} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = \frac{x^2}{0,5 - x}, \text{ отсюда } x^2 + K_{a_1} \cdot x - 0,5K_{a_1} = 0,$$

$$x^2 + 7,6 \cdot 10^{-3}x - 3,8 \cdot 10^{-3} = 0.$$

$$x = -3,8 \cdot 10^{-3} + \sqrt{(3,8 \cdot 10^{-3})^2 + 3,8 \cdot 10^{-3}} = 6,16 \cdot 10^{-2} - 3,8 \cdot 10^{-3} = 5,78 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л};$$

$$[\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 5,78 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}; [\text{HPO}_4^{2-}] = 6,2 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л};$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{6,2 \cdot 10^{-8} \cdot 4,2 \cdot 10^{-13}}{5,78 \cdot 10^{-2}} = 4,5 \cdot 10^{-19} \text{ моль/л}.$$



$$c, \text{ моль/л} \quad 0,1 \quad 0,1 \quad 0$$

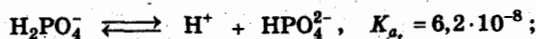
$$[\text{ }], \text{ моль/л} \quad 0,1 - x \quad 0,1 + x \quad x$$

$$K_{a_1} = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = \frac{(0,1 + x)(x)}{0,1 - x} = 7,6 \cdot 10^{-3};$$

$$x^2 + 0,1x - 7,6 \cdot 10^{-4} = 0;$$

$$x = 0,71 \cdot 10^{-2};$$

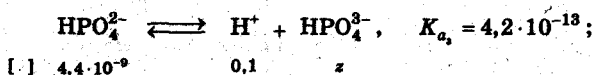
$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0,71 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л};$$



$$[\text{ }] \quad 0,71 \cdot 10^{-2} \quad 0,1 \quad y$$

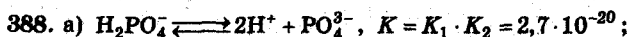
$$K_{a_1} = \frac{[H^+][HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = \frac{0,1 \cdot y}{0,71 \cdot 10^{-2}} = 6,2 \cdot 10^{-8}, \text{ откуда}$$

$$y = \frac{0,71 \cdot 6,2 \cdot 10^{-10}}{0,1} = 4,4 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л};$$



$$K_{a_2} = \frac{[H^+][PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]} = \frac{0,1 \cdot z}{4,4 \cdot 10^{-9}} = 4,2 \cdot 10^{-13} \Rightarrow z = 1,8 \cdot 10^{-20} \text{ моль/л};$$

$$[PO_4^{3-}] = 1,8 \cdot 10^{-20} \text{ моль/л}.$$



$$389. \quad K_2 = \frac{1}{K_1}.$$

390. $K_3 = K_1 \cdot K_2 = 3,2 \cdot 10^4$, равновесие смещено в сторону прямой реакции.

31. Ионное произведение воды. Водородный показатель

391. pH — взятый с обратным знаком десятичный логарифм концентрации ионов водорода в растворе:

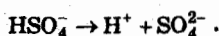
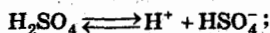
$$pH = -\lg[H^+].$$

Поэтому для расчета pH сначала находим концентрацию ионов водорода. Для хлороводородной кислоты, которая является сильной и диссоциирует в воде нацело, равновесная концентрация ионов равна начальной (аналитической) концентрации кислоты:

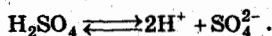
$$[H^+] = c_0(HCl);$$

$$[H^+] = 0,01 \Rightarrow pH = -\lg[H^+] = -\lg 0,01 = 2.$$

392. Ступенчатую диссоциацию серной кислоты представляют два уравнения:



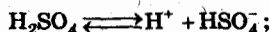
Для случая, если диссоциация проходит по двум ступеням нацело:



Отсюда $[\text{H}^+] = 2c_0(\text{H}_2\text{SO}_4)$;

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(2 \cdot 0,01) = 1,7.$$

393. Ступенчатая диссоциация:



Допустим, что на первой ступени кислота с концентрацией c моль/л образует c моль/л ионов H^+ и c моль/л ионов HSO_4^- . Ионы HSO_4^- , диссоциируя далее, дадут x моль/л ионов водорода и x моль/л ионов SO_4^{2-} . Учитывая это, получим концентрации:

$$[\text{H}^+] = c + x; [\text{SO}_4^{2-}] = x; [\text{HSO}_4^-] = c - x.$$

$$\text{Если } K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]}, \text{ следовательно, } 1,2 \cdot 10^{-2} = \frac{(c+x) \cdot (x)}{(c-x)} \text{ и, если}$$

$$c = 10^{-2},$$

$$1,2 \cdot 10^{-2}c - 1,2 \cdot 10^{-2}x = cx + x^2;$$

$$x^2 + 0,022x - 1,2 \cdot 10^{-4} = 0;$$

$$x = -1,1 \cdot 10^{-2} + \sqrt{1,21 \cdot 10^{-4} + 1,2 \cdot 10^{-4}} = 0,45 \cdot 10^{-2},$$

$$\text{следовательно, } [\text{H}^+] = 10^{-2} + 0,45 \cdot 10^{-2} = 1,45 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л,}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 0,0145 = 1,84.$$

394. $\text{ClH}_2\text{CCOOH} \rightleftharpoons \text{ClH}_2\text{CCOO}^- + \text{H}^+, K_a = 1,4 \cdot 10^{-3};$

$$c_0, \text{ моль/л } 0,05$$

$$0$$

$$0$$

$$[\text{ }], \text{ моль/л } 0,05 - x$$

$$x$$

$$x$$

$$\frac{[\text{H}^+][\text{ClH}_2\text{CCOO}^-]}{[\text{Cl}_2\text{H}_2\text{CCOOH}]} = K_a \Rightarrow \frac{x^2}{0,05 - x} = 1,4 \cdot 10^{-3};$$

$$7 \cdot 10^{-5} - 1,4 \cdot 10^{-3}x = x^2;$$

$$x^2 + 1,4 \cdot 10^{-3}x - 7,5 \cdot 10^{-5} = 0;$$

$$x = -7 \cdot 10^{-4} + \sqrt{49 \cdot 10^{-8} + 7 \cdot 10^{-5}} = 7,7 \cdot 10^{-3};$$

$$[H^+] = 7,7 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л};$$

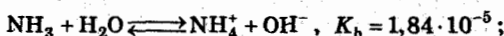
$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(7,7 \cdot 10^{-3}) = 2,11.$$

395. Находим молярную концентрацию аммиака. Количество вещества

$$n(NH_3) = \frac{V(NH_3)}{V_m(NH_3)} = \frac{16,8 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,75 \text{ моль/л}.$$

$$c(NH_3) = \frac{n}{V(\text{раствор})} = \frac{0,75}{3} = 0,25 \text{ моль/л}.$$

Уравнение реакции электролитической диссоциации:



$$[OH^-] = [NH_4^+] = x; [NH_3] = c(NH_3) - x;$$

$$K_b(NH_3) = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3 \cdot H_2O]} = \frac{x^2}{0,25 - x} = 1,84 \cdot 10^{-5}.$$

Предполагаем: $x \ll 0,25$, тогда

$$x^2 = 0,25 \cdot 1,84 \cdot 10^{-5};$$

$$x = \sqrt{0,46 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{4,6 \cdot 10^{-6}} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}.$$

Проверяем: $2,1 \cdot 10^{-3} \ll 2,5 \cdot 10^{-1}$.

Нашли, что $[OH^-] = 2,1 \cdot 10^{-3}$.

Концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов связаны соотношением:

$[H^+][OH^-] = K_w$, где K_w — ионное произведение воды. Это постоянная при

данной температуре величина. Для $25^\circ C$ $K_w = 10^{-14}$ моль/л. Из этого соотношения

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} \text{ находим } [H^+] = \frac{10^{-14}}{2,1 \cdot 10^{-3}} = 4,8 \cdot 10^{-12} \text{ моль/л}.$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(4,8 \cdot 10^{-12}) = 11,32.$$

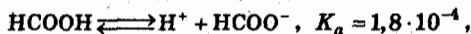
$$396. pH = -\lg[H^+], [H^+] = 10^{-pH};$$

$$[H^+] = 10^{-1,55} = 10^{0,45} \cdot 10^{-2} = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}.$$

Так как HCl сильная кислота, $c(HCl) = [H^+] = 2,8 \cdot 10^{-2}$ моль/л.

397. Молярная концентрация кислоты:

$$c(\text{HCOOH}) = \frac{n(\text{HCOOH})}{V(\text{раствор})} = \frac{10^{-6}}{10^{-3} \cdot 10^{-3}} = 1 \text{ моль/л};$$



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}]};$$

$$[\text{H}^+] = [\text{HCOO}^-] = x; [\text{HCOOH}] = 1 - x;$$

$$\frac{x^2}{1-x} = 1,8 \cdot 10^{-4}. \text{ Предполагаем: } x \ll 1.$$

$$x^2 = 1,8 \cdot 10^{-4}; x = 1,3 \cdot 10^{-2};$$

$$[\text{H}^+] = 1,3 \cdot 10^{-2}. \text{ Проверяем: } 1,3 \cdot 10^{-2} \ll 1.$$

$$[\text{H}^+] = 1,3 \cdot 10^{-2};$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 1,3 \cdot 10^{-2} = 1,89.$$

$$398. \text{ pH} = -\lg[\text{H}^+]; [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w.$$

Нужно найти $[\text{OH}^-]$, которая является суммой концентраций KOH и NaOH.

$$c(\text{KOH}) = 5 \cdot 10^{-3};$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{раствор}}} = \frac{0,1}{40 \cdot 0,3} = 0,0083 \text{ моль/л};$$

$$[\text{OH}^-] = c(\text{KOH}) + c(\text{NaOH}) = 5 \cdot 10^{-3} + 8,3 \cdot 10^{-3} = 13,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л};$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-14} : 1,33 \cdot 10^{-2} = 7,52 \cdot 10^{-13} \text{ моль/л};$$

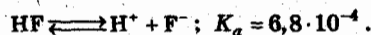
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 7,52 \cdot 10^{-12} = 12,12.$$

399. При смешивании растворов объем увеличился вдвое, следовательно, концентрации вдвое уменьшились. Считаем:

$$c_0(\text{HNO}_3) = 0,05 \text{ моль/л};$$

$$c_0(\text{HF}) = 0,05 \text{ моль/л}.$$

Азотная кислота — сильный электролит и в растворе полностью диссоциирует. Фтороводородная (плавиковая) кислота — слабый электролит:



Существенно, что в присутствии сильной кислоты равновесие диссоциации HF практически нацело сдвинуто влево (принцип Ле Шателье), и можно считать, что в этом случае $[H^+] = c(HNO_3)$.

$$\text{Тогда } pH = -\lg[H^+] = -\lg 0,05 = 1,3.$$

Последнее утверждение несложно проверить. Допустим, продиссоциировало x моль/л HF. Тогда $[HF] = 0,05 - x$; $[F^-] = x$, а $[H^+] = 0,05 + x$.

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]} = \frac{(0,05 + x)x}{0,05 - x} = 6,8 \cdot 10^{-4}.$$

$$\text{Откуда } x = 6,8 \cdot 10^{-4} \ll 5 \cdot 10^{-2}.$$



Находим концентрации после смешения растворов:

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{c_0(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})}{V(\text{CH}_3\text{COOH}) + V(\text{CH}_3\text{COONa})};$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{0,1 \cdot 50}{200} = 0,025 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{CH}_3\text{COONa}) = \frac{0,05 \cdot 150}{200} = 0,0375 \text{ моль/л}.$$

Учитывая, что соль диссоциировала в растворе нацело, а кислота — нет, выразим равновесные концентрации:

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = c(\text{CH}_3\text{COONa}) + x;$$

$$[H^+] = x;$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,025 - x;$$

$$\frac{[H^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K_a;$$

$$\frac{(0,0375 + x) \cdot x}{0,025 - x} = 1,8 \cdot 10^{-5}.$$

Предположим: $x \ll 0,025$.

$$\frac{0,0375x}{0,025} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ и } x = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}.$$

Предположение справедливо: $1,2 \cdot 10^{-5} \ll 0,025$!

$$\text{Тогда } pH = -\lg[H^+] = -\lg x = -\lg 1,2 \cdot 10^{-5} = 4,92.$$

401. а) Кислые растворы — 1–4, нейтральный — 5, щелочные 6–8.

б) 1; в) 7; г) 0,0016 моль/л; д) $10^{-7} : 10^{-7} = 1 : 1$.

402. а) уменьшается в 10 раз; б) увеличивается в 10 раз; в) уменьшается в 100 раз.

403. К эндотермическим.

32. Ионные реакции в растворах

404. Кислый вкус обусловлен наличием в этих веществах катионов водорода H^+ . Эти катионы определяют и другие общие свойства: электропроводность, окрашивание лакмуса в красный цвет.

405. H_2S — сероводородная кислота, содержит $\frac{2}{34} \cdot 100\% = 5,88\%$ водорода.

406.

Неметаллы и их соединения	Металлы и их соединения			
	Металлы	Оксиды металлов	Основания	Соли
Неметаллы	+	—	—	—
Оксиды неметаллов	—	+	+	+
Кислоты	+	+	+	+
Соли	+	—	+	+

407. а) $H_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2HCl$;

$SO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4 \downarrow$;

б) $2KOH + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2H_2O$;

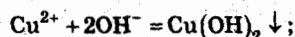
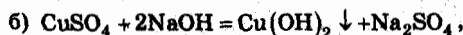
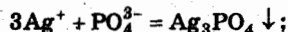
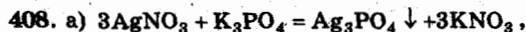
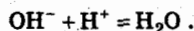
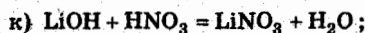
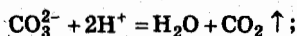
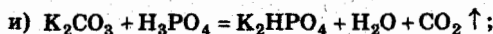
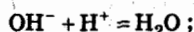
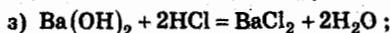
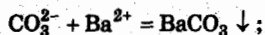
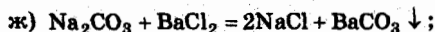
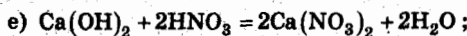
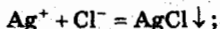
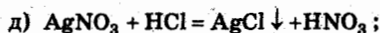
$OH^- + H^+ = H_2O$;

в) $Na_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 = BaSO_4 \downarrow + 2NaNO_3$;

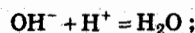
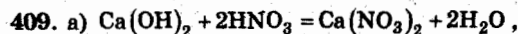
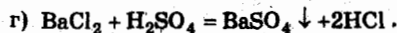
$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$;

г) $BaCl_2 + CuSO_4 = BaSO_4 \downarrow + CuCl_2$;

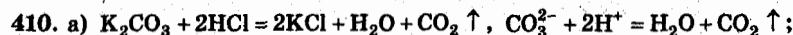
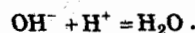
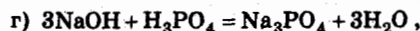
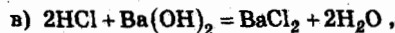
$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$;



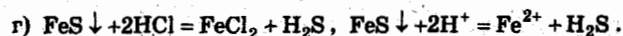
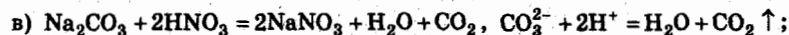
в) осадок не образуется;



б) вода не образуется;

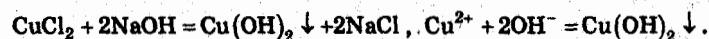
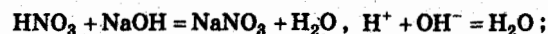
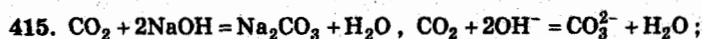
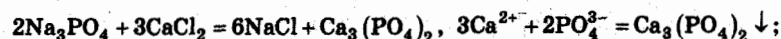
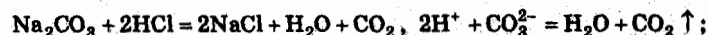
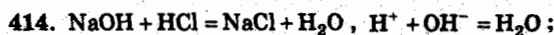
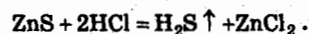
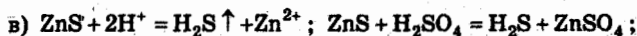
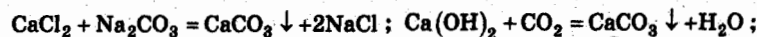
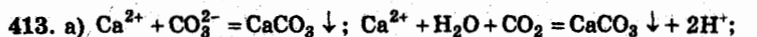


б) газ не образуется;



Вещества	KOH	H ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃	NH ₄ Cl	BaCl ₂
KOH	—	—	—	Выделение аммиака	Помутнение раствора
H ₂ SO ₄	—	—	Выделение газа без запаха	—	Белый осадок
Na ₂ CO ₃	—	Выделение газа без запаха	—	—	Белый осадок
NH ₄ Cl	Выделение аммиака	—	—	—	—
BaCl ₂	Помутнение раствора	Белый осадок	Белый осадок	—	—

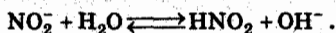
412. Реакция гидратации — это взаимодействие веществ с водой. Реакции гидратации даны в случаях "а", "б", "в" и "г".



Металлы	H ₂ O	р-р HCl
Mg	С холодной H ₂ O не реагирует	H ₂ ↑
Na	H ₂ ↑, лакмус синее	H ₂ ↑
Ag	—	—

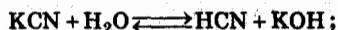
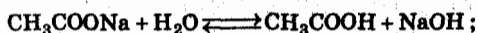
33. Гидролиз солей

417. Предложенные соли образованы сильными основаниями (NaOH, KOH и Ca(OH)₂) и слабыми кислотами (CH₃COOH, HCN, HNO₂). Очевидно, что анионы слабых кислот могут конкурировать с молекулой воды за катион водорода и в некоторых случаях отрывать его от воды с образованием молекулы слабой кислоты. Это явление назовем гидролизом по аниону:

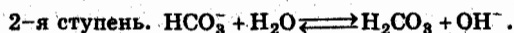
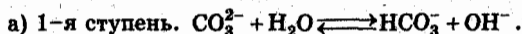


Такой процесс обратим, поэтому в растворе сосуществуют как анионы слабой кислоты, так и молекулы. При этом появляется некоторое количество гидроксид-ионов, и среда в растворе становится щелочной.

По ионным уравнениям гидролиза несложно реконструировать молекулярные, которые в целом несут значительно меньше информации:

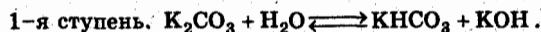


418. Данные соли при электролитической диссоциации поставляют в раствор катионы сильных оснований и анионы слабых многоосновных кислот. Такие анионы способны присоединять катионы водорода, отрывая их от молекулы воды, вплоть до образования нейтральных молекул кислот. Этот процесс идет ступенчато, ослабевая на каждой следующей ступени.



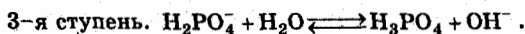
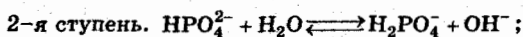
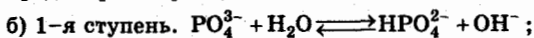
Уже в ходе гидролиза по первой ступени в растворе накапливается значительное количество гидроксид-ионов, которые смещают равновесие гидролиза по второй ступени настолько влево, что им можно пренебречь.

Молекулярные уравнения:



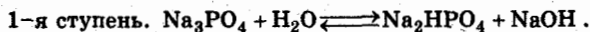
2-я ступень. $\text{KHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{KOH}$ (реакция практически не проходит).

Среда в растворе щелочная.



В этом случае значителен гидролиз по первой ступени и практически отсутствует по третьей. Среда в растворе щелочная.

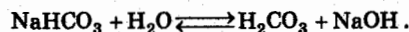
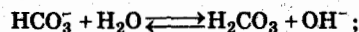
Молекулярные уравнения:



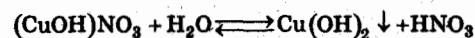
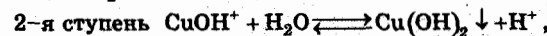
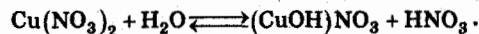
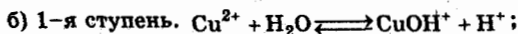
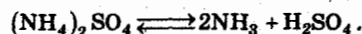
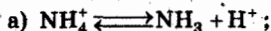
2-я ступень. $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{NaOH}$ (реакция проходит незначительно);

3-я ступень. $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH}$ (реакция практически не проходит).

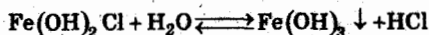
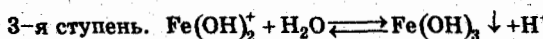
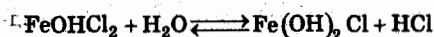
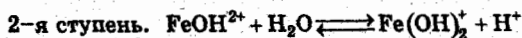
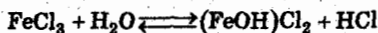
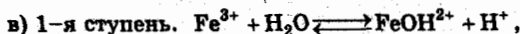
в) Для гидрокарбоната натрия возможна одна ступень гидролиза:



419. Предложенные здесь соли образованы катионами слабых оснований и анионами сильных кислот. Катионы слабых оснований будут присоединять гидроксид-ион воды, оставляя в растворе избыток катионов водорода. Практически даже в случаях катионов с большим зарядом, когда гидролиз идет ступенчато, целесообразно рассматривать только первые ступени гидролиза, если в системе не созданы специальные условия для его необратимости. Итак, катион аммония ведет себя как слабая кислота:



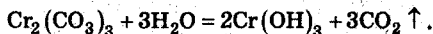
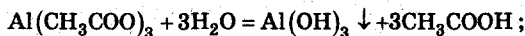
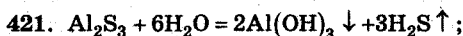
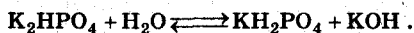
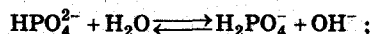
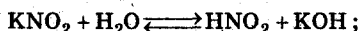
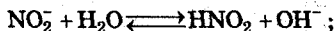
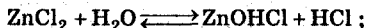
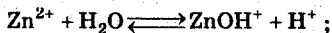
Гидролиз по второй ступени практически не идет.



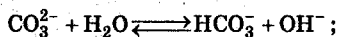
Гидролиз по второй ступени незначителен, по третьей — практически не идет.

В случаях гидролиза по катиону среда в растворе кислая.

420. Гидролизу подвергаются ZnCl_2 ; KNO_2 ; K_2HPO_4 :

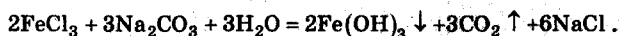
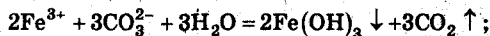


422. В растворах карбоната натрия и хлорида железа происходит гидролиз по первой ступени:

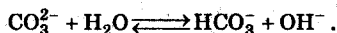
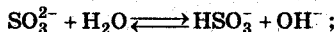


При смешивании растворов ионы H^+ и OH^- нейтрализуют друг друга, образуя молекулы воды, и равновесие реакций гидролиза смещается вправо. В результате происходит полный гидролиз с образованием осадка гидроксида железа (III) и слабой угольной кислоты.

Реакцию можно представить уравнениями:

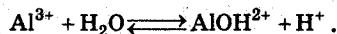
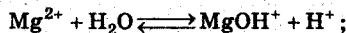


423. а) Раствор Na_2SO_4 имеет нейтральную реакцию среды, поскольку соль гидролизу не подвергается. Две другие соли подвергаются гидролизу по аниону:



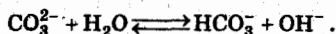
Среда в растворе щелочная. Поскольку угольная кислота слабее сернистой, карбонат-ион подвержен гидролизу сильнее, и концентрация OH^- -ионов в растворе карбоната выше, чем в растворе сульфита. Следовательно, раствор карбоната натрия будет более щелочным, чем раствор сульфита натрия.

б) Раствор KCl имеет нейтральную реакцию среды. В растворах MgCl_2 и AlCl_3 гидролиз по катиону приводит к появлению избытка катионов водорода:



Катион алюминия более подвержен гидролизу, чем катион магния из-за большего заряда и меньшего размера. Следовательно, среда более кислая в растворе AlCl_3 .

424. Соль подвергается гидролизу по аниону, причем учитываем только первую ступень:



Константа гидролиза: $K_r = \frac{K_w}{K_a(\text{HCO}_3^-)} = \frac{10^{-14}}{4,8 \cdot 10^{-11}} = 2,1 \cdot 10^{-4}.$

Принимаем, что $[\text{OH}^-] = [\text{HCO}_3^-] = x,$

тогда $[\text{CO}_3^{2-}] = 0,01 - x.$

Предположим, что $x \ll 0,01,$

тогда $[\text{CO}_3^{2-}] = c(\text{CO}_3^{2-}) = 0,01 \text{ моль/л}.$

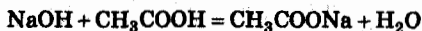
$$K_r = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{OH}^-]}{[\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{x^2}{0,01} = 2,1 \cdot 10^{-4} \Rightarrow x = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}.$$

Проверяем: $1,45 \cdot 10^{-3} < 0,01$

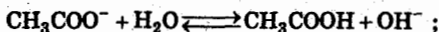
$$[\text{OH}^-] = 1,45 \cdot 10^{-3} \quad [\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{1,45 \cdot 10^{-3}} = 6,9 \cdot 10^{-12};$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 6,9 \cdot 10^{-12} = 11,16.$$

425. Реакция нейтрализации:



приводит к образованию соли, ацетата натрия с молярной концентрацией 0,01 моль/л. Ацетат натрия подвергается гидролизу по аниону, и среда раствора становится щелочной:



$$K_r = \frac{K_w}{K(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,5 \cdot 10^{-10};$$

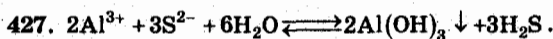
$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_r \cdot c(\text{соли})} = \sqrt{5,5 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{-2}} = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л};$$

$$[\text{H}^+] = 4,3 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}; \text{pH} = 8,37.$$

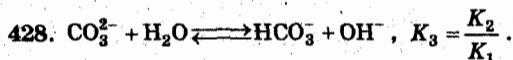
426. Вследствие гидролиза по катиону среда в растворе кислая.

$$[\text{H}^+] = [\text{PbOH}^+] = \sqrt{K_r \cdot c(\text{PbCl}_2)} = \sqrt{3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^{-2}} = 10^{-4} \text{ моль/л};$$

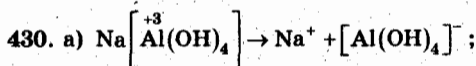
$$\text{pH} = 4.$$



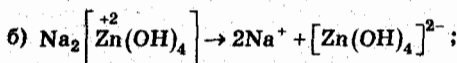
Соль должна быть образована слабым многокислотным основанием и слабой многоосновной кислотой.



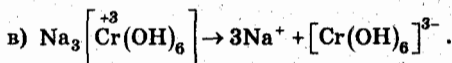
34. Комплексные соединения



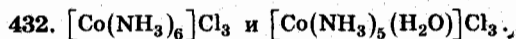
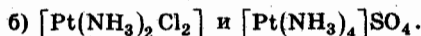
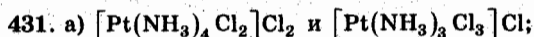
тетрагидроксоалюминат
натрия



тетрагидроксоцинкат
натрия



гексагидроксохромат (III)
натрия



433. $\left[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6 \right] \text{Cl}_2$ — хлорид гексааквакобальта (II), катионный комплекс;

$\left[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4 \text{Cl}_2 \right]$ — тетрааквадихлорокобальт, нейтральный;

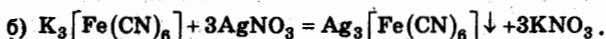
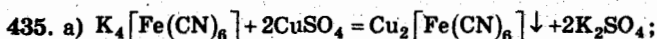
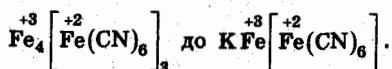
$\text{Co}[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_3]_2$ — акватрихлорокобальтат (II) кобальта; анионный комплекс;

$\text{Co}[\text{CoCl}_4]$ — тетрахлорокобальтат (II) кобальта (II); анионный комплекс.

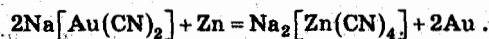
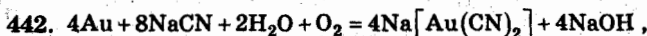
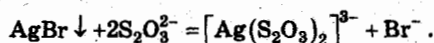
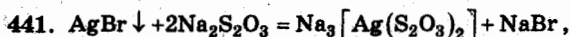
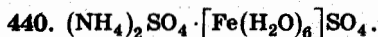
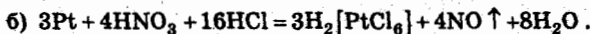
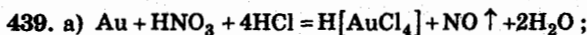
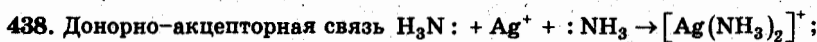
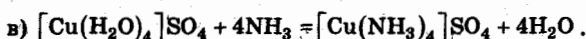
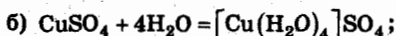
434. $K_3[Fe(CN)_6]$ — гексацианоферрат (III) калия;

$K_4[Fe(CN)_6]$ — гексацианоферрат (II) калия;

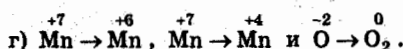
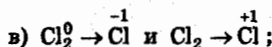
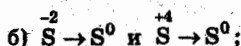
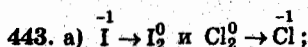
$KFe[Fe(CN)_6]$ — берлинская лазурь, или турнбулева синь выпадает из растворов солей железа (II) при добавлении красной кровяной соли или из растворов солей железа (III) при добавлении желтой кровяной соли. Состав берлинской лазури зависит от условий осаждения и изменяется от



436. $H \left[AuCl_4 \right]^{+3}$ — тетрахлороаурат (III) водорода; кислота;

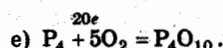
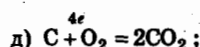
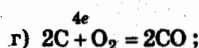
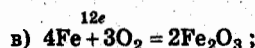
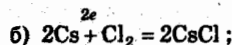
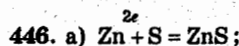


35. Окислительно-восстановительные реакции. Метод электронного баланса



444. а), б) и д).

445. а) Межмолекулярная; б) диспропорционирования; в) внутримолекулярная.



447. а) $\text{Fe} - 2e = \text{Fe}^{2+}$, окисление, Fe — восстановитель,

$\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$, восстановление, Cu^{2+} — окислитель;

б) $\text{Hg} - 2e = \text{Hg}^{2+}$, окисление, Hg — восстановитель,

$\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$, восстановление, Fe^{3+} — окислитель;

в) $\text{H}_2 - 2e = 2\text{H}^+$, окисление, H_2 — восстановитель,

$\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$, восстановление, Cu^{2+} — окислитель;

г) $\text{Al} - 3e = \text{Al}^{3+}$, окисление, Al — восстановитель,

$2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$, восстановление, H^+ — окислитель.

448. а) $\text{Fe}^{2+} - 1e = \text{Fe}^{3+}$, процесс окисления;

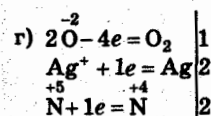
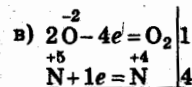
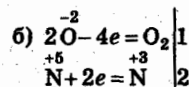
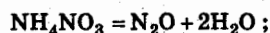
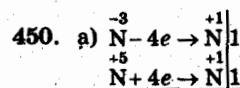
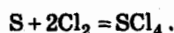
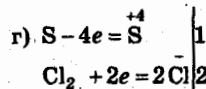
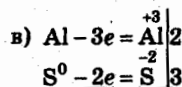
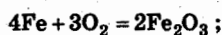
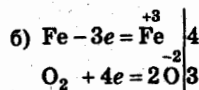
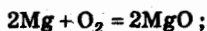
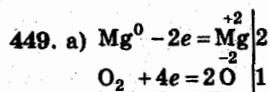
б) $\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$, процесс восстановления;

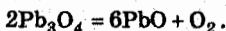
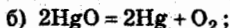
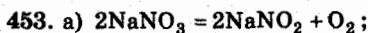
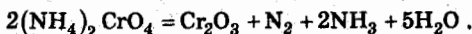
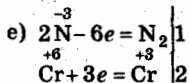
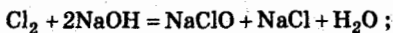
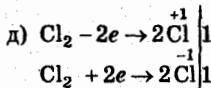
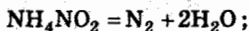
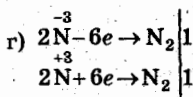
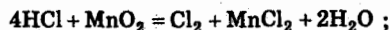
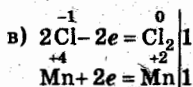
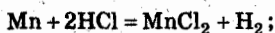
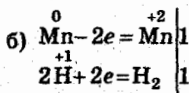
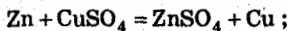
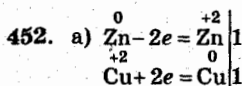
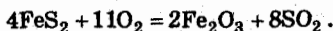
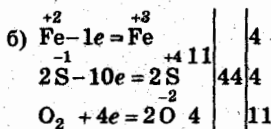
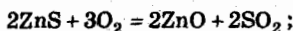
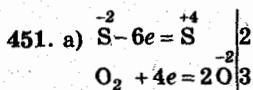
в) $\text{S}^0 + 2e = \text{S}^{2-}$, процесс восстановления;

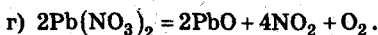
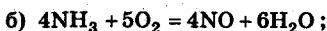
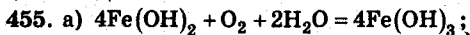
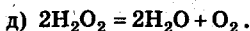
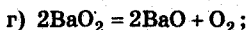
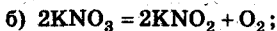
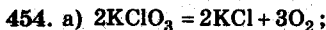
г) $S^{2-} - 2e = S^0$, процесс окисления;

д) $Cl_2 + 2e = 2Cl^-$, процесс восстановления;

е) $2Cl^- - 2e = Cl_2$, процесс окисления.







36. Окислительно–восстановительные реакции.

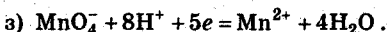
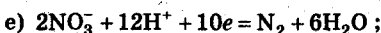
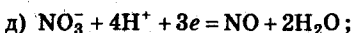
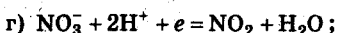
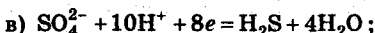
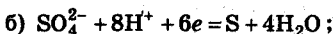
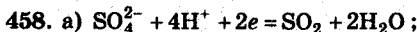
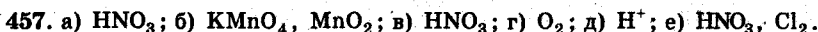
Метод электронно–ионного баланса.

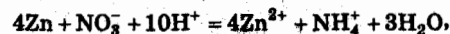
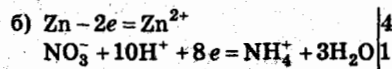
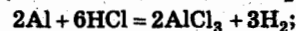
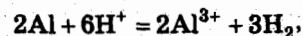
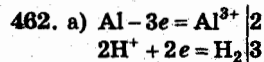
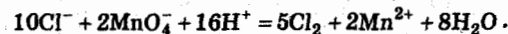
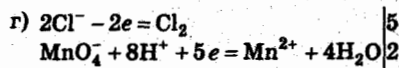
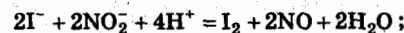
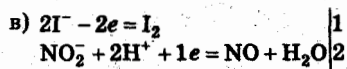
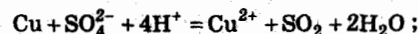
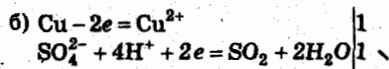
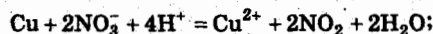
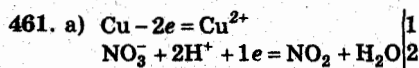
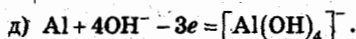
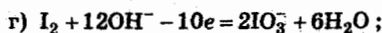
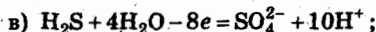
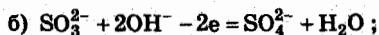
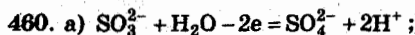
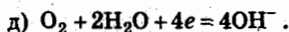
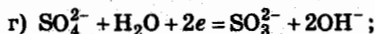
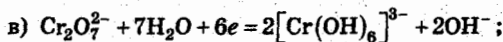
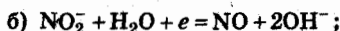
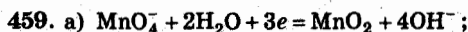
Взаимодействие металлов с кислотами

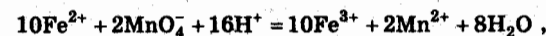
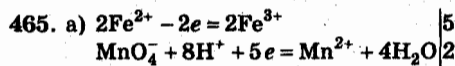
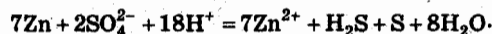
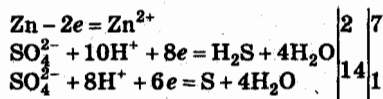
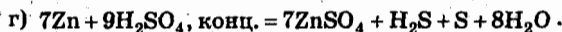
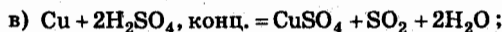
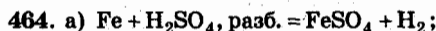
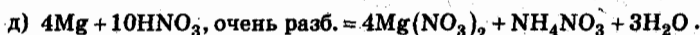
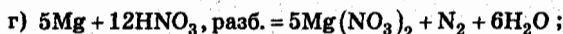
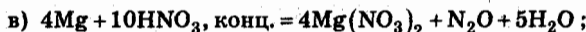
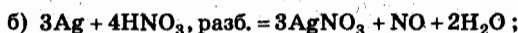
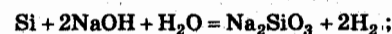
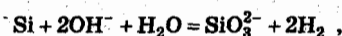
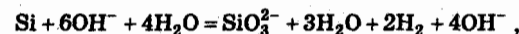
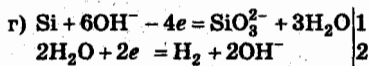
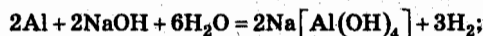
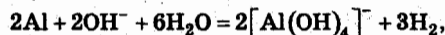
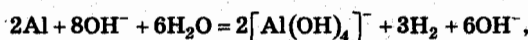
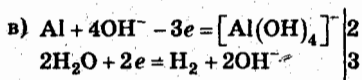
456. а) Элемент в максимальной степени окисления проявляет только окислительные свойства: $\overset{+5}{\text{HNO}_3}$, $\overset{+6}{\text{H}_2\text{SO}_4}$, $\overset{+7}{\text{KMnO}_4}$.

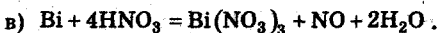
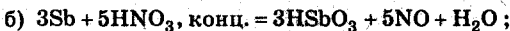
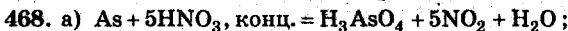
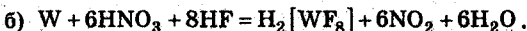
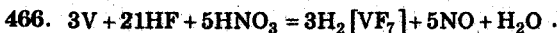
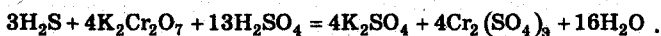
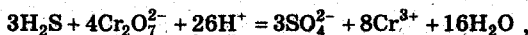
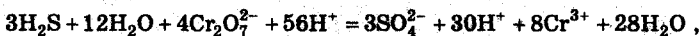
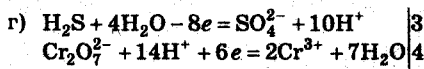
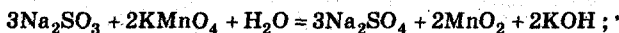
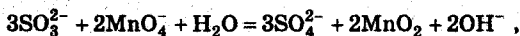
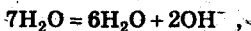
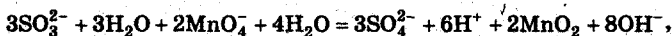
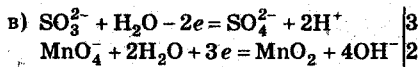
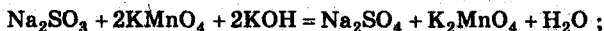
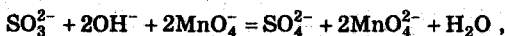
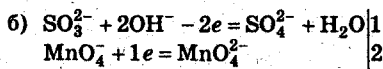
б) Элемент в минимальной степени окисления проявляет только восстановительные свойства: $\overset{-2}{\text{H}_2\text{S}}$, $\overset{-1}{\text{KI}}$, $\overset{0}{\text{Na}}$.

в) Вещество, содержащее элемент в степени окисления, промежуточной между минимальным и максимальным значениями, проявляет окислительно–восстановительную двойственность: $\overset{-1}{\text{H}_2\text{O}_2}$, $\overset{+4}{\text{Na}_2\text{SO}_3}$, $\overset{0}{\text{H}_2}$, $\overset{0}{\text{Cl}_2}$.

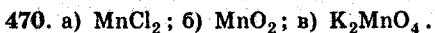
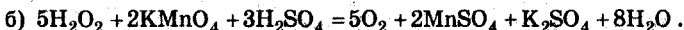


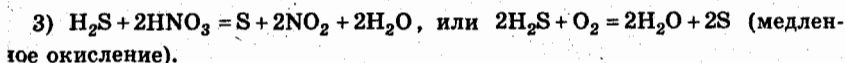
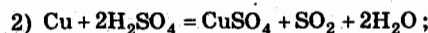
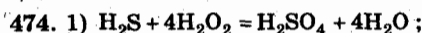
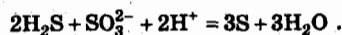
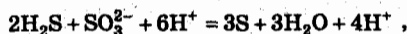
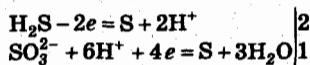
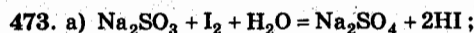
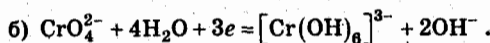
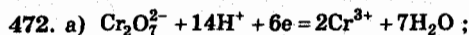
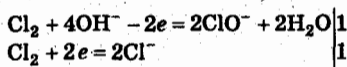
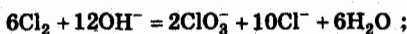
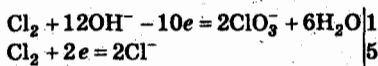
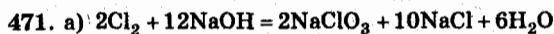




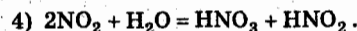
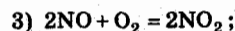
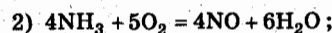
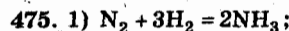
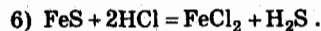
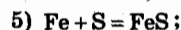
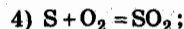


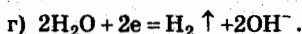
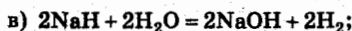
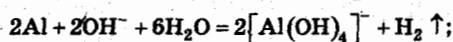
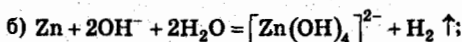
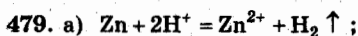
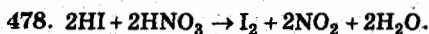
37. Окислительно-восстановительные свойства неорганических соединений



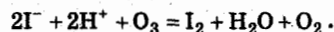


ное окисление).





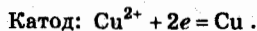
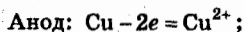
480. Озон проявляет окислительные свойства. Синяя окраска обусловлена образованием йода.



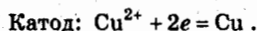
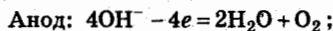
481. При добавлении в раствор серной кислоты и цинка образуется атомарный водород (водород в момент выделения). Атомарный водород — сильный восстановитель.

38. Электрохимические реакции. Электролиз

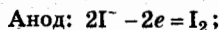
482. а) Медные электроды:



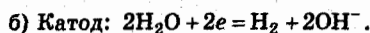
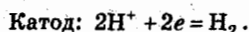
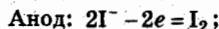
б) Графитовые электроды:



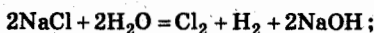
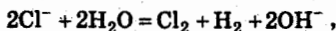
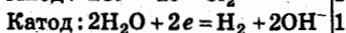
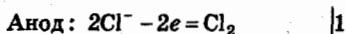
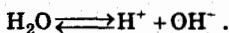
483. а) Расплав KI:



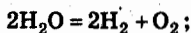
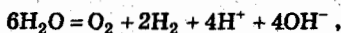
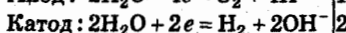
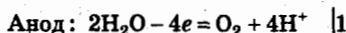
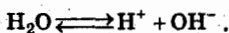
б) водный раствор KI:



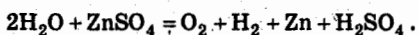
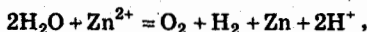
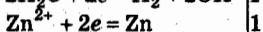
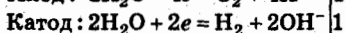
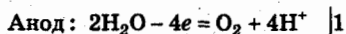
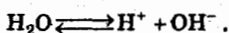
485. а) Водный раствор NaCl:



б) Водный раствор K_2SO_4 :



в) Водный раствор ZnSO_4 :



486. а) K, Cl_2 ; б) Pb, Br_2 .

487. а) H_2 , Cl_2 , KOH; б) Cu, Cl_2 ; в) H_2 , O_2 , KOH, HNO_3 ; г) Cu, O_2 , H_2SO_4 ; д) H_2 , O_2 ; е) H_2 , O_2 .

488. Согласно закону Фарадея для того, чтобы выделить на электроде молярную массу эквивалентов металла, нужно пропустить через электролитическую ячейку 96500 Кл электричества.

$$Q = \frac{2,4 \text{ г} \cdot 96500 \text{ Кл/моль}}{12 \text{ г/моль}} = 19300 \text{ Кл} ,$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{19300 \text{ Кл}}{5 \cdot 3600 \text{ с}} = 1,1 \text{ А} .$$

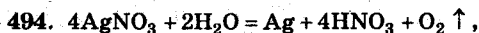
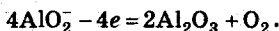
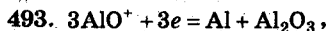
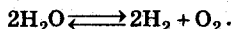
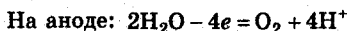
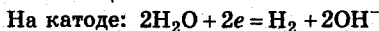
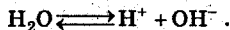
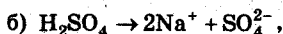
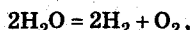
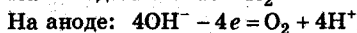
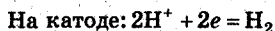
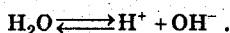
$$489. Q = It = 3,5 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с} \cdot 1 \text{ А} = 12600 \text{ Кл},$$

$$m = \frac{12600 \text{ Кл} \cdot 20 \text{ г/моль}}{96500 \text{ Кл/моль}} = 2,61 \text{ г}.$$

$$490. Q = 5 \cdot 60 \text{ с} \cdot 3 \text{ А} = 900 \text{ Кл},$$

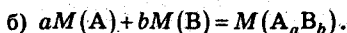
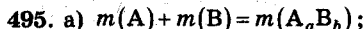
$$M_{\text{экв}}(\text{Cu}) = \frac{96500 \text{ Кл/моль}}{900 \text{ Кл}} \cdot 0,2965 \text{ г} = 31,79 \text{ г/моль}.$$

$$491. m(\text{Ni}) = \frac{I \cdot t \cdot \eta \cdot M_{\text{экв}}(\text{Ni})}{F} = \frac{15 \text{ А} \cdot 3600 \text{ с} \cdot 0,6 \cdot 29,5 \text{ г/моль}}{96500 \text{ Кл/моль}} = 9,9 \text{ г}.$$



$$w(\text{AgNO}_3) = 0,23.$$

39. Количественные отношения в химии



496. а) $\frac{m(A)}{m(B)} = \text{const};$

б) $\frac{aM(A)}{bM(B)} = \text{const},$

где const — постоянная величина.

497. Используйте результат задачи 496.

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{aM(A)}{bM(B)}.$$

498. Массы веществ, участвующих в реакции, относятся между собой как их молярные массы, умноженные на соответствующие стехиометрические коэффициенты.

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{aM(A)}{bM(B)}.$$

Это выражение преобразуем к виду

$$\frac{m(A)/M(A)}{m(B)/M(B)} = \frac{a}{b}.$$

Согласно определению количества вещества

$$n(A) = \frac{m(A)}{M(A)} \text{ и } n(B) = \frac{m(B)}{M(B)},$$

$$\frac{n(A)}{n(B)} = \frac{a}{b}.$$

499. Используйте результат задачи 498.

500. Используйте результат задачи 498.

$$\frac{n(A)}{n(B)} = \frac{a}{b}, \text{ следовательно, } \frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b}.$$

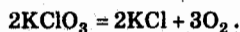
501. Согласно закону Авогадро и стехиометрическому соотношению

$$n(B, \text{газ}) = \frac{V(B, \text{газ})}{V_m} \text{ и } \frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b}.$$

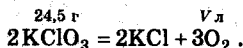
502. Используйте результаты задач 498, 500 и 501.

503. Расчеты по уравнениям химических реакций проводят по веществу, находящемуся в недостатке.

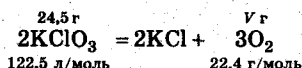
504. 1. Составьте уравнение реакции, подберите стехиометрические коэффициенты.



2. Запишите над формулами необходимые для расчета веществ их массы и объемы, для неизвестных величин введите буквенные обозначения.



3. Определите молярные массы веществ и запишите их под соответствующими формулами, для газов запишите значение молярного объема 22,4 л/моль (при н. у.).



4. Составьте формулы для определения количества вещества, разделите их на соответствующие стехиометрические коэффициенты.

$$\frac{n(\text{KClO}_3) = \frac{24,5 \text{ г}}{122,5 \text{ г/моль}}}{2} = \frac{24,5 \text{ г}}{2 \cdot 122,5 \text{ г/моль}} \quad \left| \quad \frac{n(\text{O}_2) = \frac{V}{22,4 \text{ л/моль}}}{3} = \frac{V}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}} \right.$$

5. Составьте стехиометрическое соотношение, сопоставьте размерности величин.

$$\frac{n(\text{KClO}_3)}{2} = \frac{n(\text{O}_2)}{3}$$

$$\text{или} \quad \frac{24,5 \text{ г}}{2 \cdot 122,5 \text{ г/моль}} = \frac{V}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}.$$

6. Получите выражение для неизвестной величины и выполните необходимые вычисления.

$$V = \frac{24,5 \cdot 3 \cdot 22,4}{2 \cdot 122,5} = 6,72 \text{ л}.$$

505. Масса смеси 16 г.

506. $w(\text{KCl}) = 56\%$; $N(\text{KCl}) = 0,5$.

507. $V(\text{Cl}_2) = 6,72 \text{ л}$.

40. Вычисления по уравнениям химических реакций

508. Данные для определения количества вещества кислорода:

n	x 2,4 моль
Уравнение реакции	$2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$

Расчет количества вещества кислорода:

$$\frac{x}{1} = \frac{2,4 \text{ моль}}{2} \Rightarrow x = 1,2 \text{ моль } O_2.$$

509. Данные для определения массы оксида алюминия:

<i>m</i>	4,05 г	<i>x</i>
Уравнение реакции	$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$	
<i>M</i>	27 г/моль	102 г/моль

Расчет массы оксида алюминия:

$$\frac{4,05 \text{ г}}{4 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{x}{2 \cdot 102 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 7,65 \text{ г } Al_2O_3.$$

510. Данные для определения массы хлорида железа (III):

<i>n, m</i>	1,5 моль	<i>x</i>
Уравнение реакции	$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$	
<i>M</i>	162,5 г/моль	

Расчет массы хлорида железа (III):

$$\frac{1,5 \text{ моль}}{2} = \frac{x}{2 \cdot 162,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 243,75 \text{ г } FeCl_3.$$

511. Данные для определения массы перманганата калия:

<i>m, V</i>	<i>x</i>	5,6 л
Уравнение реакции	$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$	
<i>M, V_m</i>	158 г/моль	22,4 л/моль

Расчет массы перманганата калия:

$$\frac{x}{2 \cdot 158 \text{ г/моль}} = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } x = 79 \text{ г } KMnO_4.$$

512. Данные для определения объема водорода:

<i>m, V</i>	0,6713 г	<i>x</i>
Уравнение реакции	$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$	
<i>M, V_m</i>	24 г/моль	22,4 л/моль

Расчет объема водорода:

$$\frac{0,6713 \text{ г}}{24 \text{ г/моль}} = \frac{x}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } x = 0,626 \text{ л } H_2.$$

513. Данные для определения атомной массы металла:

m	1,4 г	2,33 г
Уравнение реакции	$6A + N_2 = 2A_3N$	
M	x	$(3x+14)$

Расчет атомной массы металла:

$$\frac{1,4 \text{ г}}{6x} = \frac{2,33}{2(3x+14)}, \text{ откуда } x = 7 \text{ г/моль (литий)}.$$

514. Данные для определения вещества, находящегося в недостатке:

m	1,12 г	0,65 г
Уравнение реакции	$KOH + HCl = KCl + H_2O$	
M	56 г/моль	36,5 г/моль

Определение вещества, находящегося в недостатке:

KOH		HCl
$\frac{1,12 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}$	>	$\frac{0,65 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 0,017 \text{ моль}$
Избыток		Недостаток

Прореагирует полностью хлороводород.

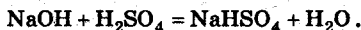
515. а) Данные для определения состава соли:

m	1,2 г	2,94 г
Уравнение реакции	$aNaOH + bH_2SO_4 = ?$	
M	40 г/моль	98 г/моль

Определение стехиометрических коэффициентов a и b :

$$a : b = \frac{1,2}{40} : \frac{2,94}{98} = 0,03 : 0,03 = 1 : 1.$$

Уравнение реакции:



кислая соль

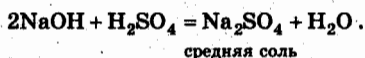
б) Данные для определения состава соли:

m	2,4 г	2,94 г
Уравнение реакции	$aNaOH + bH_2SO_4 = ?$	
M	40 г/моль	98 г/моль

Определение стехиометрических коэффициентов a и b :

$$a : b = \frac{2,4 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} : \frac{2,94 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 0,06 : 0,03 = 2 : 1.$$

Уравнение реакции:



516. Данные для определения объема кислорода:

V	20 л x
Уравнение реакции	$2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Расчет объема кислорода:

$$\frac{20 \text{ л}}{2} = \frac{x}{3}, \text{ откуда } x = 30 \text{ л O}_2.$$

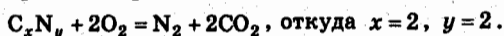
517. Данные для определения формулы газа:

V	125 мл 250 мл 125 мл 250 мл
Уравнение реакции	$a\text{C}_x\text{N}_y + b\text{O}_2 = c\text{N}_2 + d\text{CO}_2$

Определение стехиометрических коэффициентов:

$$a : b : c : d = 125 : 250 : 125 : 250 = 1 : 2 : 1 : 2.$$

Уравнение реакции:



Формула газа: C_2N_2 (дициан).

518. 1164 л.

519. 39 г/моль, калий.

520. 112 г/моль, кадмий.

41. Вычисления по термохимическим уравнениям

521. Данные для определения теплоты:

m, Q _x	1000 г Q _x
Уравнение реакции	$\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 401 \text{ кДж}$
M	12 г/моль

Расчет теплоты:

$$\frac{1000 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = \frac{Q_x}{401 \text{ кДж/моль}}, \text{ откуда } Q_x = 33417 \text{ кДж}.$$

522. Данные для определения теплоты:

m, Q_x	1000 г Q_x
Уравнение реакции	$\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO} - 460 \text{ кДж}$
M	12 г/моль

Расчет теплоты:

$$\frac{1000 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = \frac{Q_x}{460 \text{ кДж/моль}}, \text{ откуда } Q_x = 12778 \text{ кДж}.$$

523. Данные для определения теплового эффекта:

m, Q	1,68 г 11,08 кДж
Уравнение реакции	$8\text{Al} + 3\text{Fe}_3\text{O}_4 = 4\text{Al}_2\text{O}_3 + 9\text{Fe} + Q_x$
M	56 г/моль

Расчет теплового эффекта:

$$\frac{1,68}{9 \cdot 56} = \frac{11,08}{Q_x} \Rightarrow Q_x = 3326 \text{ кДж}.$$

524. При горении фосфора возможны две реакции:



Определим, какое из веществ находится в избытке.

Для реакции (1):

Фосфор
$\frac{3,1 \text{ г}}{4 \cdot 31 \text{ г/моль}} = 0,025 \text{ моль}$
Недостаток

<

Кислород
$\frac{2,8 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}} = 0,042 \text{ моль}$
Избыток

В избытке кислорода образуется P_2O_5 .

Действительно, для реакции (2):

Фосфор
$\frac{3,1 \text{ г}}{4 \cdot 31 \text{ г/моль}} = 0,025 \text{ моль}$

=

Кислород
$\frac{2,8 \text{ л}}{5 \cdot 22,4 \text{ л/моль}} = 0,025 \text{ моль}$

Фосфор и кислород находятся в стехиометрическом соотношении.

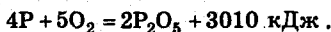
Данные для определения теплового эффекта:

m, Q	3,1 г 75,25 кДж
Уравнение реакции	$4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5 + Q_x$
M	31 г/моль

Расчет теплового эффекта реакции:

$$\frac{3,1}{4 \cdot 31} = \frac{75,25}{Q_x}, \text{ откуда } Q_x = 3010 \text{ кДж}.$$

Термохимическое уравнение реакции:



525. Данные для определения теплового эффекта:

n	1 моль	348 кДж
Уравнение реакции	$2Zn + O_2 = 2ZnO + Q_x$	

Расчет теплового эффекта реакции:

$$\frac{1}{2} = \frac{348}{Q_x}, \text{ откуда } Q_x = 696 \text{ кДж}.$$

Данные для определения массы цинка:

m, Q	x	5,9 кДж
Уравнение реакции	$2Zn + O_2 = 2ZnO + 696 \text{ кДж}$	
M	65 г/моль	

Расчет массы цинка:

$$\frac{x}{2 \cdot 65} = \frac{5,9}{696}, \text{ откуда } x = 1,1 \text{ г Zn}.$$

По результатам расчета масса цинка равна 1,1 г, это меньше, чем масса образца. Следовательно, образец содержал примеси.

526. Данные для определения теплоты:

m, Q	12,6 кг	Q_x
Уравнение реакции	$2H_2O = 2H_2 + O_2 - 572 \text{ кДж}$	
M	18 кг/моль	

Расчет количества теплоты, необходимой для разложения воды:

$$\frac{12,6}{2 \cdot 18} = \frac{Q_x}{572}, \text{ откуда } Q_x = 200,2 \text{ кДж}.$$

Данные для определения массы угля:

m, Q	x	200,2 кДж
Уравнение реакции	$C + O_2 = CO_2 + 401 \text{ кДж}$	
M	12 кг/моль	

Расчет массы угля:

$$\frac{x}{12} = \frac{200,2}{401}, \text{ откуда } x = 6 \text{ кг C}.$$

$$527. 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2 - 572 \text{ кДж}; \quad (3)$$

$$2\text{NO} = \text{N}_2 + \text{O}_2 + 180,8 \text{ кДж}; \quad (4)$$

$$\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + 286 \text{ кДж}; \quad (5)$$

$$\frac{1}{2}\text{N}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{NO} - 90,4 \text{ кДж}. \quad (6)$$

528. Используйте закон Гесса. В уравнениях (1) и (3) поменяйте местами левые и правые части, после чего сложите уравнения (1), (2) и (3).

529. Уравнение (1) умножьте на 4, уравнение (2) — на 3. Затем в уравнении (2) поменяйте местами левые и правые части, после чего сложите уравнения (1) и (2).

$$49,4 \cdot 4 + 33 \cdot 3 = 296,6 \text{ кДж}.$$

530. Эндотермические: «в», «д», «е», «ж».

Экзотермические: «а», «б», «г».

$$531. Q = 529 \cdot 4,184 = 2213 \text{ кДж}.$$

$$\frac{m}{2 \cdot 27} = \frac{2213}{854}, \text{ откуда } m = 140 \text{ г}.$$

532. При образовании химической связи энергия выделяется. В каждой химической реакции энергия затрачивается на разрыв связей в реагентах и выделяется при образовании связей в продуктах. Если связи в реагентах прочнее, чем в продуктах, то затраты энергии на разрыв связей в реагентах больше, чем количество энергии, выделяющейся при образовании связей в продуктах. Такие реакции идут с поглощением теплоты (эндотермические реакции). Если связи в продуктах прочнее, чем в реагентах и на их разрыв затрачивается энергии больше, чем выделяется при образовании новых связей в реагентах, то такие реакции идут с выделением теплоты (экзотермические реакции).

$$\Delta H_1 = 639 - 863 = -184 \text{ кДж},$$

$$\Delta H_2 = 863 - 639 = +184 \text{ кДж}.$$

$$533. \text{С, графит} + 4\text{Н, газ} = \text{CH}_4, \text{ газ}, \Delta H_4.$$

$$\Delta H_4 = -75 - 520 - 2 \cdot 432 = 1459,$$

$$E_{\text{C-H}} = \frac{1459}{4} = 365 \text{ кДж}.$$

42. Вычисления по уравнениям химических реакций, если один из реагентов содержит примеси

534. Расчет массы карбоната кальция, содержащегося в известняке:

$$m(\text{CaCO}_3) = 0,9 \cdot 1000 \text{ г} = 900 \text{ г CaCO}_3.$$

Данные для определения объема углекислого газа:

m, V	900 г x
Уравнение реакции	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$
M, V_m	100 г/моль 22,4 л/моль

Расчет объема углекислого газа:

$$\frac{900 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = \frac{x}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } x = 201,6 \text{ л CO}_2.$$

535. Данные для определения массы углерода:

m	1000 кг x
Уравнение реакции	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}$
M	160 кг/кмоль 12 кг/кмоль

Расчет массы углерода:

$$\frac{1000 \text{ кг}}{160 \text{ кг/кмоль}} = \frac{x}{3 \cdot 12 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 225 \text{ кг}.$$

Расчет массы древесного угля:

$$m(\text{уголь}) = \frac{225 \text{ кг}}{0,96} = 234,4 \text{ кг угля}.$$

536. Расчет массы оксида марганца (IV): *

$$m(\text{MnO}_2) = 0,87 \cdot 1000 \text{ кг} = 870 \text{ кг}.$$

Данные для определения массы чистого алюминия:

m	870 кг x
Уравнение реакции	$3\text{MnO}_2 + 4\text{Al} = 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Mn}$
M	87 кг/кмоль 27 кг/кмоль

Расчет массы чистого алюминия:

$$\frac{870 \text{ кг}}{3 \cdot 87 \text{ кг/кмоль}} = \frac{x}{4 \cdot 27 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 360 \text{ кг Al}.$$

Расчет массы технического алюминия:

$$\frac{360 \text{ кг}}{0,98} = 367,3 \text{ кг}.$$

537. В реакции выделился углекислый газ массой 4,4 г.
Данные для определения массы карбоната магния:

m	x 4,4 г
Уравнение реакции	$\text{MgCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
M	84 г/моль 44 г/моль

Расчет массы карбоната магния:

$$\frac{x}{84 \text{ г/моль}} = \frac{4,4 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 8,4 \text{ г MgCO}_3.$$

Расчет массовой доли карбоната магния в магнезите:

$$w(\text{MgCO}_3) = \frac{8,4 \text{ г}}{10,01 \text{ г}} \cdot 100\% = 84\%.$$

538. Данные для определения углерода в угле:

m, V	x 1120 л
Уравнение реакции	$\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$
M, V_m	12 г/моль 22,4 л/моль

Расчет массы углерода в угле:

$$\frac{x}{12 \text{ г/моль}} = \frac{1120 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } x = 600 \text{ г C}.$$

Расчет массовой доли углерода в угле:

$$w(\text{C}) = \frac{600 \text{ г}}{1000 \text{ г}} \cdot 100\% = 60\%.$$

539. Расчет объема метана в природном газе:

$$V(\text{CH}_4) = 0,95 \cdot 150 \text{ м}^3 = 142,5 \text{ м}^3 \text{ CH}_4.$$

Данные для определения объема кислорода:

V	142,5 м ³ x
Уравнение реакции	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Расчет объема кислорода:

$$\frac{142,5 \text{ м}^3}{1} = \frac{x}{2}, \text{ откуда } x = 285 \text{ м}^3 \text{ O}_2.$$

Расчет объема воздуха:

Объемная доля кислорода в воздухе 21 %.

$$V(\text{возд.}) = \frac{285 \text{ м}^3}{0,21} = 1357 \text{ м}^3.$$

540. Данные для определения объема хлора:

V, m	x 0,254 г
Уравнение реакции	$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$
V_m, M	22,4 л/моль 254 г/моль

Расчет объема хлора:

$$\frac{x}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{0,254 \text{ г}}{254 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 0,0224 \text{ л } Cl_2.$$

Расчет объемной доли хлора в смеси:

$$\varphi(Cl_2) = \frac{0,0224 \text{ л}}{2 \text{ л}} \cdot 100\% = 1,12\%.$$

541. Приведение объема водорода к нормальным условиям:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}, \text{ откуда } V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = \frac{1,05 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 56 \text{ мл} \cdot 273 \text{ К}}{(273 + 25) \text{ К} \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 53 \text{ мл} = 0,053 \text{ л}.$$

Данные для определения массы железа:

m, V	x 0,053 л
Уравнение реакции	$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$
M, V_m	56 г/моль 22,4 л/моль

Расчет массы железа:

$$\frac{x}{56 \text{ г/моль}} = \frac{0,053 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } x = 0,13 \text{ г } Fe.$$

Расчет массовой доли примесей:

$$w = \frac{0,04 \text{ г}}{0,17 \text{ г}} \cdot 100\% = 23,5\%.$$

542. Расчет массы цинка в образце:

$$m(Zn) = 0,98 \cdot 5,14 \text{ г} = 5,04 \text{ г}.$$

Данные для определения массы водорода:

m	5,04 г	x
Уравнение реакции	$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$	
M	65 г/моль	2 г/моль

Расчет массы водорода:

$$\frac{5,04 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = \frac{x}{2}, \text{ откуда } x = 0,16 \text{ г } H_2.$$

Данные для определения вещества, находящегося в недостатке:

<i>m</i>	6,4 г 0,16 г
Уравнение реакции	$\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
<i>M</i>	80 г/моль 2 г/моль

Определение вещества, находящегося в недостатке:

CuO		H₂
$\frac{6,4 \text{ г}}{80 \text{ г/моль}} = 0,08 \text{ моль}$	=	$\frac{0,16 \text{ г}}{2 \text{ г/моль}} = 0,08 \text{ моль}$

Оксид меди (II) и водород находятся в стехиометрическом соотношении, поэтому полученный водород полностью восстановит медь из ее оксида.

543. Расчет массы хлорида цинка:

$$m(\text{ZnCl}_2) = 0,45 \cdot 1000 \text{ кг} = 450 \text{ кг ZnCl}_2.$$

Данные для определения массы цинка:

<i>m</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	450 кг
Уравнение реакции	$\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$		
<i>M</i>	65 кг/кмоль	36,5 кг/кмоль	136 кг/кмоль

Расчет массы цинка:

$$\frac{x}{65 \text{ кг/кмоль}} = \frac{450 \text{ кг}}{136 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 215 \text{ кг Zn}.$$

Расчет массы технического цинка:

$$\frac{215 \text{ кг}}{0,96} = 224 \text{ кг}.$$

Расчет массы хлороводорода:

$$\frac{y}{2 \cdot 36,5 \text{ кг/кмоль}} = \frac{450 \text{ кг}}{136 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } y = 241,5 \text{ кг HCl}.$$

Расчет массы раствора хлороводорода:

$$\frac{241,5 \text{ кг}}{0,275} = 878,3 \text{ кг}.$$

544. $V(\text{SO}_2) = 317,3 \text{ м}^3.$

545. 22,27 т руды.

546. 9,38 кг.

43. Вычисления по уравнениям реакций, протекающих в водных растворах

547. Расчет массы гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = 0,10 \cdot 150 \text{ г} = 15 \text{ г NaOH}.$$

Данные для определения массы натрия:

m	x	y	15 г
Уравнение реакции	$2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$		
M	23 г/моль	18 г/моль	40 г/моль

Расчет массы натрия:

$$\frac{x}{2 \cdot 23 \text{ г/моль}} = \frac{15 \text{ г}}{2 \cdot 40 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 8,625 \text{ г Na}.$$

Расчет массы воды:

$$\frac{y}{2 \cdot 18 \text{ г/моль}} = \frac{15 \text{ г}}{2 \cdot 40 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } y = 6,75 \text{ г H}_2\text{O}.$$

Для того чтобы приготовить 150 г 10%-го раствора гидроксида натрия, нужно 8,6 г Na растворить в 150 г - 8,625 г + 6,75 г = 148,125 г H₂O.

548. Расчет массы сульфата меди (II):

$$m(\text{CuSO}_4) = cMV = 0,25 \text{ моль/л} \cdot 160 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л} = 40 \text{ г}.$$

Данные для определения вещества, находящегося в недостатке:

V, m	1 л	40 г	x
Уравнение реакции	$\text{H}_2\text{S} + \text{CuSO}_4 = \text{CuS} \downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4$		
V_m, M	22,4 л/моль	160 г/моль	96 г/моль

Определение вещества, находящегося в недостатке:

H_2S		CuSO_4
$\frac{1 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,045 \text{ моль}$	<	$\frac{40 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}$
Недостаток		Избыток

Расчет массы сульфида меди (II):

$$\frac{1 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x}{96 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 4,29 \text{ г CuS}.$$

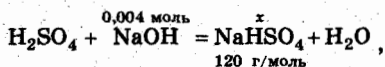
549. Расчет массы серной кислоты:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2 \text{ моль/л} \cdot 0,020 \text{ л} = 0,004 \text{ моль}.$$

Расчет массы гидроксида натрия:

$$n(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ моль/л} \cdot 0,020 \text{ л} = 0,004 \text{ моль}.$$

Кислота и щелочь находятся в стехиометрическом соотношении 1 : 1.



$$0,004 \text{ моль} = \frac{x}{120 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 0,48 \text{ г NaHSO}_4.$$

550. Расчет массы гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = \omega m(p-p) = 0,04 \cdot 250 \text{ г} = 10 \text{ г}.$$

Данные для определения массы фосфорной кислоты:

<i>m</i>	<i>x</i>	10 г
Уравнение реакции	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	
<i>M</i>	98 г/моль	40 г/моль

Расчет массы фосфорной кислоты:

$$\frac{x}{98 \text{ г/моль}} = \frac{10 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 24,5 \text{ г H}_3\text{PO}_4.$$

Расчет объема раствора фосфорной кислоты:

$$c = \frac{m}{MV} \Rightarrow V = \frac{m}{Mc} = \frac{24,5}{98 \text{ г/моль} \cdot 0,015 \text{ моль/л}} = 16,7 \text{ л}.$$

551. Расчет массы хлороводорода:

$$m(\text{HCl}) = 5,8 \text{ моль/л} \cdot 36,5 \text{ г/моль} \cdot 0,8 \text{ л} = 169,4 \text{ г}.$$

Данные для определения массы аммиака:

<i>m</i>	<i>x</i>	169,4 г
Уравнение реакции	$\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$	
<i>M</i>	17 г/моль	36,5 г/моль

Расчет массы аммиака:

$$\frac{x}{17 \text{ г/моль}} = \frac{169,4 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 78,9 \text{ г NH}_3.$$

Расчет объема раствора аммиака:

$$\omega = \frac{m(\text{NH}_3)}{\rho V}, \text{ откуда } V = \frac{m}{\omega \cdot \rho} = \frac{78,9 \text{ г}}{0,35 \cdot 0,88 \text{ г/мл}} = 256 \text{ мл}.$$

552. Расчет количества вещества гидроксида натрия:

$$n(\text{NaOH}) = 0,25 \text{ моль/л} \cdot 0,8 \text{ л} = 8 \text{ моль}.$$

Данные для определения массы серной кислоты:

n	x 0,2 моль
Уравнение реакции	$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

Расчет количества вещества серной кислоты:

$$x = \frac{0,2 \text{ моль}}{2}, \text{ откуда } x = 0,1 \text{ моль } \text{H}_2\text{SO}_4.$$

Расчет объема раствора серной кислоты:

$$c = \frac{n}{V}, \text{ откуда } V = \frac{n}{c} = \frac{0,1 \text{ моль}}{0,2 \text{ моль/л}} = 0,5 \text{ л} = 500 \text{ мл}.$$

553. Данные для определения атомной массы элемента:

m	4,59 г	11,86 г
Уравнение реакции	$\text{XCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = 2\text{AgCl} \downarrow + \text{X}(\text{NO}_3)_2$	
M	$(x + 71) \text{ г/моль}$	143,5 г/моль

Расчет атомной массы элемента:

$$\frac{4,59}{x + 71} = \frac{11,86}{2 \cdot 143,5}, \text{ откуда } x = 40 \text{ г (кальций)}.$$

554. Медь переходит в раствор, а ртуть осаждается на проволоке. Изменение массы проволоки равно 26,84 – 20,48 = 6,36 (г). Если прореагируют 64 г меди и образуется 201 г ртути (см. уравнение реакции), изменение массы проволоки составит 201 – 64 = 137 (г).

Данные для определения массы меди:

m	x
Уравнение реакции	$\text{Cu} + \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 = \text{Hg} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
M	64 г/моль 201 г/моль

Расчет массы меди:

$$\frac{x}{64 \text{ г/моль}} = \frac{6,36 \text{ г}}{137 \text{ г}}, \text{ откуда } x = 2,97 \text{ г Cu}.$$

555. Расчет массы CuSO_4 в растворе до реакции:

$$m(\text{CuSO}_4) = w m(p-p) = 0,15 \cdot 250 \text{ г} = 37,5 \text{ г}.$$

Данные для определения массы сульфата меди, израсходованного в реакции:

m	x			
-----	-----	--	--	--

Расчет массы сульфата меди, израсходованного в реакции:

Изменение массы пластинки: $10,81 - 10,04 = 0,77$ (г).

Разница молярных масс меди и железа: $64 - 56 = 8$ (г/моль).

$$\frac{x}{160 \text{ г/моль}} = \frac{0,77 \text{ г}}{8 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 15,4 \text{ г CuSO}_4.$$

Расчет массы FeSO_4 , образовавшегося в реакции:

$$\frac{y}{152 \text{ г/моль}} = \frac{0,77 \text{ г}}{8 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } y = 14,63 \text{ г FeSO}_4.$$

Масса CuSO_4 после реакции: $37,5 - 15,4 = 22,1$ (г).

Масса раствора после реакции: $250 - 15,4 + 14,63 = 249,2$ (г).

Массовая доля CuSO_4 в растворе после реакции $\frac{22,1 \text{ г}}{249,2 \text{ г}} \cdot 100\% = 8,87\%$.

556. Расчет массы HCl :

$$m(\text{HCl}) = \omega m(\text{p-p}) = 0,20 \cdot 100 \text{ г} = 20 \text{ г}.$$

Расчет массы NaOH :

$$m(\text{NaOH}) = \omega \rho V = 0,025 \cdot 1,03 \text{ г/мл} \cdot 50 \text{ мл} = 1,29 \text{ г}.$$

Данные для определения хлороводорода, не вступившего в реакцию с Na_2CO_3 :

<i>m</i>	<i>x</i> 1,29 г
Уравнение реакции	$\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
<i>M</i>	36,5 г/моль 40 г/моль

Расчет массы хлороводорода, не вступившего в реакцию с Na_2CO_3 :

$$\frac{x}{36,5 \text{ г/моль}} = \frac{1,29 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 1,18 \text{ г HCl}.$$

Расчет массы HCl , вступившего в реакцию с Na_2CO_3 :

$$20 \text{ г} - 1,18 \text{ г} = 18,82 \text{ г HCl}.$$

Данные для определения массы карбоната натрия:

<i>m</i>	18,82 г <i>y</i>
Уравнение реакции	$2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
<i>M</i>	36,5 г/моль 106 г/моль

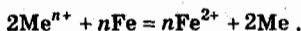
Расчет массы карбоната натрия:

$$\frac{18,82 \text{ г}}{2 \cdot 36,5 \text{ г/моль}} = \frac{y}{106 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } y = 27,32 \text{ г Na}_2\text{CO}_3.$$

Расчет массовой доли Na_2CO_3 в исходном растворе:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{27,32 \text{ г}}{100 \text{ г}} \cdot 100\% = 27,32\%.$$

557. Уравнение реакции:



$2x$ г/моль $n \cdot 56$ г/моль

Увеличение массы пластинки после полного выделения металла —
 $0,008 \cdot 50 = 0,4$ г.

Расчет атомной массы по уравнению реакции:

$$\frac{0,4}{3,2} = \frac{(2x - n \cdot 56)}{2x}, \text{ откуда } x = 32n.$$

Определение металла:

n	1	2
x	32	64
Me	—	Cu

558. 8,1 г.

559. Zn.

44. Вычисления по уравнениям последовательных реакций

560. Если в задаче имеется цепь последовательных химических превращений вещества, то вычисления по каждой реакции не выполняют. Следует составить уравнения всех реакций и по соотношению соответствующих коэффициентов в уравнениях — стехиометрическую схему:



Количество вещества азота должно перейти неизменным в последующие уравнения в качестве исходного вещества. В связи с этим уравнения (1) и (3) следует умножить на 2. Тогда стехиометрическая схема имеет вид:



Данные для определения массы азотной кислоты:

m	1500000 кг x
Схема	$\text{NH}_3 \longrightarrow \text{HNO}_3$
M	17 кг/кмоль 63 кг/кмоль

Расчет массы азотной кислоты:

$$\frac{1500 \text{ т}}{17 \text{ кг/кмоль}} = \frac{x}{63 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 5559 \text{ т HNO}_3.$$

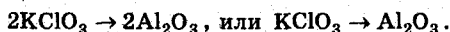
Расчет массы раствора азотной кислоты:

$$m(p-p) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{w} = \frac{5559 \text{ г}}{0,63} = 8823 \text{ г}.$$

561. Уравнения реакций:



Стехиометрическая схема:



Данные для определения массы бертолетовой соли:

m	x 10,8 г
Схема	$\text{KClO}_3 \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$
M	122,5 г/моль 102 г/моль

Расчет массы бертолетовой соли:

$$\frac{x}{122,5 \text{ г/моль}} = \frac{10,8 \text{ г}}{102 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 12,97 \text{ г KClO}_3.$$

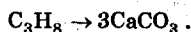
562. Расчет массы чистого пропана:

$$m(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,98 \cdot 12 \text{ л} = 11,76 \text{ л}.$$

Уравнения реакций:



Количество вещества углерода должно перейти неизменным в уравнение (2) в качестве исходного вещества. В связи с этим уравнение (2) следует умножить на 3.



Данные для определения массы карбоната кальция:

V, m	11,76 л x
Схема	$\text{C}_3\text{H}_8 \longrightarrow 3\text{CaCO}_3$
V_m, M	22,4 л/моль 100 г/моль

Расчет массы карбоната кальция:

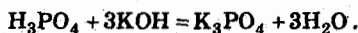
$$\frac{11,76 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x}{3 \cdot 100 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 157,5 \text{ г CaCO}_3.$$

563. Расчет массы гидроксида калия:

$$m(\text{KOH}) = cMV = 0,25 \text{ моль/л} \cdot 56 \text{ г/моль} \cdot 0,040 \text{ л} = 0,56 \text{ г KOH}.$$

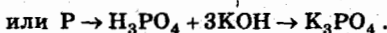
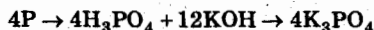
Уравнения реакций:





(3)

Стехиометрическая схема:



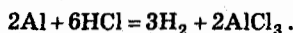
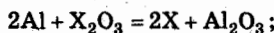
Данные для расчета массы фосфора:

m	x	0,56 г
Уравнение реакции	$\text{P} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{KOH}$	
M	31 г/моль	56 г/моль

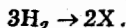
Расчет массы фосфора:

$$\frac{x}{31 \text{ г/моль}} = \frac{0,56 \text{ г}}{3 \cdot 56 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 0,10 \text{ г P}.$$

564. Уравнения реакций:



Стехиометрическая схема:



Данные для определения атомной массы металла X:

V, m	16,8 л	28 г
Схема	$3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{X}$	
V_m, M	22,4 л/моль	x

Расчет атомной массы металла X:

$$\frac{16,8 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}} = \frac{28 \text{ г}}{2x}, \text{ откуда } x = 56 \text{ г (железо)}.$$

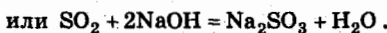
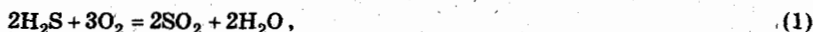
565. Приведение объема газа к нормальным условиям:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}, \text{ откуда } V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = \frac{12,2 \cdot 273 \text{ К}}{298 \text{ К}} = 11,2 \text{ л}.$$

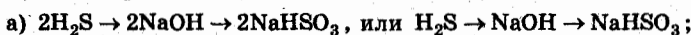
Расчет массы гидроксида натрия:

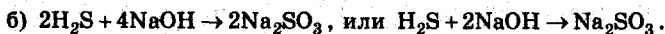
$$m(\text{NaOH}) = \omega m(\text{p-p}) = \omega \rho V = 0,25 \cdot 1,28 \text{ г/мл} \cdot 500 \text{ мл} = 160 \text{ г}.$$

Уравнения реакций:



Стехиометрическая схема:





Определение вещества, находящегося в недостатке:

H_2S
$\frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,5 \text{ моль}$
Недостаток

<

NaOH
$\frac{160 \text{ г}}{40 \text{ г}} = 4 \text{ моль}$
Избыток

При избытке щелочи получается средняя соль Na_2SO_3 .

Данные для определения массы сульфата натрия:

$V, \text{ л}$	11,2 л	x
Уравнение	$\text{H}_2\text{S} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3$	
V_m, M	22,4 л/моль	123 г/моль

Расчет массы соли:

$$\frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x}{123 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 61,5 \text{ г } \text{Na}_2\text{SO}_3.$$

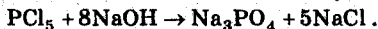
566. Расчет массы гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 1,109 \text{ г/мл} \cdot 200 \text{ мл} = 22,18 \text{ г}.$$

Уравнения реакций:



Стехиометрическая схема:



Данные для определения массы хлорида фосфора (V):

m	x	22,18 г
Схема	$\text{PCl}_5 + 8\text{NaOH} \rightarrow$	
M	208,5 г/моль	40 г/моль

Расчет массы хлорида фосфора:

$$\frac{x}{208,5 \text{ г/моль}} = \frac{22,18 \text{ г}}{8 \cdot 40 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 14,45 \text{ г } \text{PCl}_5.$$

567. Расчет массы SO_3 в олеуме:

В 1 т олеума 100 кг SO_3 и 900 кг H_2SO_4 .

Данные для определения массы оксида серы (VI), необходимой для получения 900 кг H_2SO_4 :

<i>m</i>	<i>x</i> 900 кг
Уравнение реакции	$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$
<i>M</i>	80 кг/кмоль 98 кг/кмоль

Расчет массы оксида серы (VI), необходимой для получения 900 кг H_2SO_4 :

$$\frac{x}{80 \text{ кг/кмоль}} = \frac{900 \text{ кг}}{98 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 734,7 \text{ кг } \text{SO}_3.$$

Общая масса SO_3 для получения 1 т олеума составляет 834,7 кг.

Уравнения реакций:



Уравнение (2) умножим на 4, тогда стехиометрическая схема имеет вид:



Данные для определения массы пирита:

<i>m</i>	<i>y</i> 834,7 кг
Уравнение реакции	$\text{FeS}_2 \longrightarrow 2\text{SO}_3$
<i>M</i>	120 кг/кмоль 80 кг/кмоль

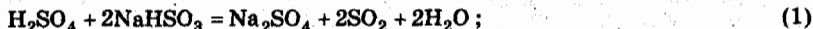
Расчет массы FeS_2 :

$$\frac{y}{120 \text{ кг/кмоль}} = \frac{834,7 \text{ кг}}{2 \cdot 80 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } y = 626 \text{ кг}.$$

Расчет массы пирита:

$$\frac{626 \text{ кг}}{0,9} = 696 \text{ кг}.$$

568. Уравнения реакций:



Для того чтобы составить цепочку последовательных превращений NaHSO_3 , нужно уравнение (1) умножить на 2,5, а уравнение (3) — на 5, тогда стехиометрическая схема имеет вид:



Данные для определения масс гидросульфита натрия и перманганата калия:

<i>m</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	46,6 г
Уравнение реакции	$5\text{NaHSO}_3 + 2\text{KMnO}_4 \longrightarrow 5\text{BaSO}_4$		
<i>M</i>	104 г/моль	158 г/моль	233 г/моль

Расчет массы гидросульфита натрия:

$$\frac{x}{5 \cdot 104 \text{ г/моль}} = \frac{46,6}{5 \cdot 233 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 20,8 \text{ г NaHSO}_3.$$

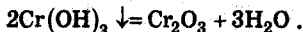
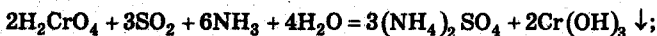
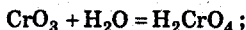
Расчет массы перманганата калия:

$$\frac{y}{2 \cdot 158 \text{ г/моль}} = \frac{46,6}{5 \cdot 233 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } y = 12,64 \text{ г KMnO}_4.$$

Расчет молярной концентрации раствора KMnO_4 :

$$c = \frac{12,64 \text{ г}}{158 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л}} = 0,08 \text{ моль/л}.$$

569. Уравнения реакций:



Стехиометрическая схема:



Данные для определения массы оксида хрома (VI):

<i>m</i>	1,42 г	<i>x</i>
Схема	$2\text{CrO}_3 \longrightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3$	
<i>M</i>	100 г/моль	152 г/моль

Расчет массы оксида хрома (VI):

$$\frac{1,42 \text{ г}}{2 \cdot 100 \text{ г/моль}} = \frac{x}{152 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = \frac{1,42 \text{ г} \cdot 152 \text{ г/моль}}{2 \cdot 100 \text{ г/моль}} = 1,08 \text{ г Cr}_2\text{O}_3.$$

570. $354,4 \text{ м}^3$.

571. $m(\text{HPO}_3) = 8 \text{ г}$.

572. $m(\text{FeS}_2) = 934,8 \text{ кг}$; $m(\text{пирита}) = 984 \text{ кг}$.

45. Вычисления по уравнениям параллельных реакций

573. Уравнения реакций:

m, V	x 1,12 л
Уравнение реакции	$\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 \uparrow$, (1)
M, V_m	40 г/моль 22,4 л/моль



Расчет массы кальция по уравнению (1):

$$\frac{x}{40 \text{ г/моль}} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } x = 2,0 \text{ г Ca}.$$

Расчет массовых долей компонентов смеси:

$$w(\text{Ca}) = \frac{2 \text{ г}}{4,8 \text{ г}} \cdot 100\% = 41,7\%.$$

$$w(\text{CaO}) = 100\% - 41,7\% = 58,3\%.$$

574. Уравнения реакций:

m, V	x 1,12 л
Уравнение реакции	$2\text{NaNO}_3 = 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2$, (1)
M, V_m	85 г/моль 22,4 л/моль



Поглотилось водой ($4\text{NO}_2 + \text{O}_2$) газов, поэтому осталось 1,12 л O_2 .

Расчет массы нитрата натрия:

$$\frac{x}{2 \cdot 85 \text{ г/моль}} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } x = 8,5 \text{ г NaNO}_3.$$

Расчет массы нитрата цинка:

$$20,5 - 8,5 = 12,0 \text{ г Zn}(\text{NO}_3)_2.$$

575. Из компонентов смеси только алюминий взаимодействует с гидроксидом натрия.

Уравнение реакции:

m, V	x 1,12 л
Уравнение реакции	$2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$
M, V_m	27 г/моль 22,4 л/моль

Расчет массы алюминия:

$$\frac{x}{2 \cdot 27} = \frac{1,12 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } x = 0,90 \text{ г}.$$

С соляной кислотой взаимодействуют алюминий и железо.

Расчет массы соляной кислоты:

$$m(\text{HCl}) = cMV = 5 \text{ моль/л} \cdot 36,5 \text{ г/моль} \cdot 0,120 \text{ л} = 21,9 \text{ г HCl}.$$

Расчет массы соляной кислоты, вступившей в реакцию с алюминием:

m	0,90 г	m'
Уравнение реакции	$2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$	
M	27 г/моль	36,5 г/моль

$$\frac{0,90 \text{ г}}{2 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{m'}{6 \cdot 36,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m' = 3,65 \text{ г HCl}.$$

Следовательно, с железом прореагировало $21,9 - 3,65 = 18,25 \text{ г HCl}$.

Уравнение реакции:

m	y	18,25 г
Уравнение реакции	$\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$	
M	56 г/моль	36,5 г/моль

Расчет массы железа:

$$\frac{y}{56 \text{ г/моль}} = \frac{18,25 \text{ г}}{2 \cdot 36,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } y = 14,0 \text{ г Fe}.$$

Уравнение реакции:

m, V	0,90 г	V'
Уравнение реакции	$4\text{Al} + 3\text{O}_2 = 2\text{Al}_2\text{O}_3$	
M, V_m	27 г/моль	22,4 л/моль

Расчет объема кислорода, вступившего в реакцию с алюминием:

$$\frac{0,90 \text{ г}}{4 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{V'}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } V' = 0,56 \text{ л O}_2.$$

Уравнение реакции:

m, V	14 г	V''
Уравнение реакции	$4\text{Fe} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$	
M, V_m	56 г/моль	22,4 л/моль

Расчет объема кислорода, вступившего в реакцию с железом:

$$\frac{14 \text{ г}}{4 \cdot 56 \text{ г/моль}} = \frac{V''}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } V'' = 4,2 \text{ л O}_2.$$

Расчет объема кислорода, вступившего в реакцию с медью:

$$5,32 \text{ л} - 0,56 \text{ л} - 4,2 \text{ л} = 0,56 \text{ л O}_2.$$

Уравнение реакции:

m, V	z 0,56 л
Уравнение реакции	$2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$
M, V_m	64 г/моль 22,4 л/моль

Расчет массы меди:

$$\frac{z}{2 \cdot 64 \text{ г/моль}} = \frac{0,56 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } z = 3,2 \text{ г Cu}.$$

Состав смеси: 0,9 г Al; 14,0 г Fe; 3,2 г Cu.

576. Уравнения реакций:

n	x x x
Уравнение реакции	$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (1)
M, V_m	100 г/моль 22,4 л/моль

n	y y
Уравнение реакции	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (2)
M, V_m	106 г/моль 22,4 л/моль



Обозначения:

Количество вещества CaCO_3

x

Масса CaCO_3

100 x

Количество вещества Na_2CO_3

y

Масса Na_2CO_3

106 y

Общая масса карбонатов

$100x + 106y$

Алгебраическое уравнение

$100x + 106y = 7,12$

Количество вещества CO_2

по уравнению (1)

x

по уравнению (2)

y

Общий объем CO_2

$(x + y) \cdot 22,4$

Алгебраическое уравнение

$22,4(x + y) = 1,568$

Решение системы уравнений:

$$(100x + 106y = 7,12,$$

$$22,4(x + y) = 1,568, \text{ откуда } x + y = 0,07, \text{ откуда } x = 0,07 - y.$$

$$100(0,07 - y) + 106y = 7,12, \text{ откуда } y = 0,02 \text{ моль и } x = 0,05 \text{ моль}.$$

Расчет массы CaSO_4 по стехиометрической схеме:

0,02 моль 0,02 моль



$$m(\text{CaSO}_4) = 0,02 \text{ моль} \cdot 136 \text{ г/моль} = 6,8 \text{ г}.$$

577. Уравнения реакций:

n	x	$2x$
Уравнение реакции	$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad (1)$	
M, V_m	64 г/моль	22,4 л/моль

n	y	$3y$
Уравнение реакции	$\text{Al} + 6\text{HNO}_3 = \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \quad (2)$	
M, V_m	27 г/моль	22,4 л/моль

Обозначения:

Количество вещества меди	x
Масса меди	$64x$
Количество вещества алюминия	y
Масса алюминия	$27y$
Общая масса металлов	$64x + 27y$
Алгебраическое уравнение	$64x + 27y = 13$
Количество вещества NO_2	
по уравнению (1)	$2x$
по уравнению (2)	$3y$
Общий объем NO_2	$(2x + 3y) \cdot 22,4$
Алгебраическое уравнение	$22,4(2x + 3y) = 25,2$
Решение системы уравнений:	

$$\begin{cases} 64x + 27y = 13, \\ 22,4(2x + 3y) = 25,2. \end{cases}$$

$$2x + 3y = 1,125, \text{ откуда } y = 0,375 - \frac{2}{3}x,$$

$$64x + 27\left(0,375 - \frac{2}{3}x\right) = 13 \Rightarrow x = 0,0625 \text{ моль Cu и } y = 0,3333 \text{ моль Al.}$$

Расчет масс металлов:

$$m(\text{Cu}) = 0,0625 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 4,0 \text{ г Cu},$$

$$m(\text{Al}) = 0,3333 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 9,0 \text{ г Al}.$$

578. Уравнения реакций:

n	$2x$	$3x$
Уравнение реакции	$2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \quad (1)$	
M, V_m	27 г/моль	2 г/моль

n	y	y
Уравнение реакции	$\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2 \quad (2)$	
M	24 г/моль	2 г/моль

m	m' 3,6 г
Уравнение реакции	$\text{H}_2 + \text{CuO} = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ (3)
M	2 г/моль 18 г/моль



Расчет массы H_2 по уравнению (3):

$$\frac{m'}{2 \text{ г/моль}} = \frac{3,6 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m = 0,4 \text{ г } \text{H}_2.$$

Обозначения:

Количество вещества Al

$2x$

Масса Al

$2x \cdot 27 = 54x$

Количество вещества Mg

y

Масса Mg

$24y$

Общая масса металлов

$54x + 24y$

Алгебраическое уравнение

$54x + 24y = 4,3$

Количество вещества H_2 , выделившегося

по уравнению (1)

$3x$

по уравнению (2)

y

Общая масса водорода

$(3x + y)2$

Алгебраическое уравнение

$2(3x + y) = 0,4$

Решение системы уравнений:

$$\begin{cases} 54x + 24y = 4,3, \\ 2(3x + y) = 0,4. \end{cases}$$

$$3x + y = 0,2, \text{ откуда } y = 0,2 - 3x.$$

$$54x + 24(0,2 - 3x) = 4,3, \text{ откуда } x = 0,028 \text{ моль Al и } y = 0,116 \text{ моль Mg}.$$

Масса магния $0,116 \text{ моль} \cdot 24 \text{ г/моль} = 2,78 \text{ г}.$

$$\text{Массовая доля магния } \frac{2,78 \text{ г}}{4,3 \text{ г}} \cdot 100\% = 64,6\%.$$

579. Уравнение реакции:

n	$2x$ x
Уравнение реакции	$2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2,$ (1)
M	84 г/моль 106 г/моль

Na_2CO_3 не разлагается при нагревании.

Обозначения:

Количество вещества NaHCO_3

$2x$

Количество вещества Na_2CO_3 ,

образовавшееся по уравнению (1)

x

Количество вещества Na_2CO_3 ,

не разложившегося при нагревании
исходной смеси

y

Решение системы уравнений:

$$\begin{cases} 84 \cdot 2x + 106y = 95, \\ (x + y)106 = 79,5, \end{cases} \text{ откуда } x = 0,75 - y.$$

$168(0,75 - y) + 106y = 95$, откуда $y = 0,5$ моль и $x = 0,25$ моль

Масса NaHCO_3 : $2 \cdot 0,25 \text{ моль} \cdot 84 \text{ г/моль} = 42 \text{ г}.$

Масса Na_2CO_3 : $0,5 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} = 53 \text{ г}.$

Массовая доля NaHCO_3 : $\frac{42 \text{ г}}{95 \text{ г}} \cdot 100\% = 44,2\%.$

Массовая доля Na_2CO_3 : $100\% - 44,2\% = 55,8\%.$

580. Уравнения реакций:

n	x	z
Уравнение реакции	$\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{NaNO}_3 + \text{AgCl} \downarrow$	
M	58,7 г/моль	170 г/моль

n	y	y
Уравнение реакции	$\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{KNO}_3 + \text{AgCl} \downarrow$	
M	74,5 г/моль	170 г/моль

m	m
Уравнение реакции	$2\text{AgNO}_3 + \text{Cu} = 2\text{Ag} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
M	170 г/моль 64 г/моль 108 г/моль

Расчет массы AgNO_3 , оставшегося в растворе:

Изменение массы пластинки: $8,54 - 6,0 = 2,54 \text{ (г)}.$

Разница молярных масс меди и серебра: $108 - 64 = 44 \text{ (г/моль)}.$

$$\frac{m}{2 \cdot 170 \text{ г/моль}} = \frac{2,54}{44}, \text{ откуда } m = 19,6 \text{ г}.$$

Расчет массы AgNO_3 , вступившего в реакцию:

$33,2 \text{ г} - 19,6 \text{ г} = 13,6 \text{ г}.$

Решение системы уравнений:

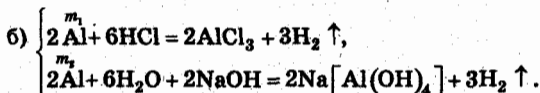
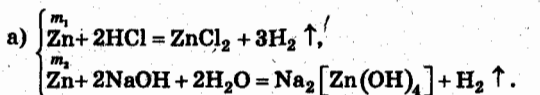
$$\begin{cases} 58,5x + 74,5y = 5, \\ 170(x + y) = 13,6, \end{cases} \text{ откуда } x = 0,08 - y.$$

$58,5(0,08 - y) + 74,5y = 5$, откуда $y = 0,02$ и $x = 0,06$ моль.

Масса NaCl : $0,06 \text{ моль} \cdot 58,5 \text{ г/моль} = 3,51 \text{ г}.$

Масса KCl : $0,02 \text{ моль} \cdot 74,5 \text{ г/моль} = 1,49 \text{ г}.$

581. Уравнения реакций:



Из стехиометрических соотношений:

$$\text{а) } \frac{n(\text{Zn})}{1} = \frac{n(\text{H}_2)}{1}, \text{ откуда } \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m};$$

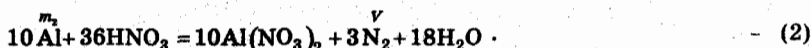
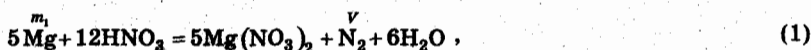
$$\text{б) } \frac{n(\text{Al})}{2} = \frac{n(\text{H}_2)}{3}, \text{ следовательно, } \frac{m(\text{Al})}{2M(\text{Al})} = \frac{V(\text{H}_2)}{3V_m}.$$

Если выделяются равные объемы водорода, массы навесок «а» Zn и «б» Al должны быть одинаковы, т. е.

$$\text{а) } m_1(\text{Zn}) : m_2(\text{Zn}) = 1 : 1;$$

$$\text{б) } m_1(\text{Al}) : m_2(\text{Al}) = 1 : 1.$$

582. Уравнения реакций:



Стехиометрическое соотношение для уравнения (1):

$$\frac{m_1}{5M(\text{Mg})} = \frac{V}{V_m}.$$

Стехиометрическое соотношение для уравнения (2):

$$\frac{m_2}{10M(\text{Al})} = \frac{V}{3V_m},$$

$$\frac{m_1}{5M(\text{Mg})} : \frac{m_2}{10M(\text{Al})} = \frac{V}{V_m} : \frac{V}{3V_m},$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 24 \text{ г/моль}}{10 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{4}{3}.$$

$$583. \omega(\text{Na}) = 56,1\%,$$

$$\omega(\text{K}) = 44,9\%.$$

584. PbO_2 .

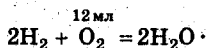
585. $w(\text{KBr}) = 30,9\%$,

$w(\text{NaCl}) = 15,2\%$,

$w(\text{BaCl}_2) = 53,9\%$.

**46. Вычисление количественного состава
газовых смесей, если в них протекают
химические реакции**

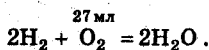
586. Уравнение реакции:



Уменьшение объема смеси равно объему вступившего в реакцию кислорода, т. к. объем получившегося водяного пара равен объему прореагировавшего водорода.

Объем водорода в исходной смеси: $2 \cdot 12 \text{ мл} = 24 \text{ мл H}_2$.

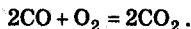
587. Уравнение реакции:



Изменение объема исходной смеси $87 \text{ мл} - 60 \text{ мл} = 27 \text{ мл}$ равно объему кислорода, вступившего в реакцию.

Состав смеси: 27 мл O_2 и 60 мл H_2 .

588. Уравнение реакции:



Определение вещества, находящегося в недостатке:

CO
$\frac{20}{2} = 10 \text{ моль}$
Недостаток

<

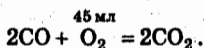
O_2
$\frac{20}{1} = 20 \text{ моль}$
Избыток

Расчет объема CO_2 :

$$V_{\text{CO}_2} = V_{\text{CO}} = 20 \text{ м}^3$$

Состав смеси газов после реакции: $20 \text{ м}^3 \text{CO}_2$, $10 \text{ м}^3 \text{O}_2$.

589. Уравнение реакции:



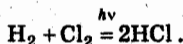
Изменение объема смеси равно объему кислорода, вступившего в реакцию, т. к. из двух объемов CO образуются два объема CO₂.

Объем CO в исходной смеси: 150 мл - 45 мл = 105 мл.

Объемная доля CO: $\frac{105 \text{ мл}}{150 \text{ мл}} \cdot 100\% = 70\%$.

Объемная доля O₂: 100% - 70% = 30%.

590. Уравнение реакции:



Вещество	H ₂	Cl ₂	HCl
Количество вещества реагентов до реакции, моль	3n	2n	0
Прореагировало	-n	-n	+2n
Количество вещества после реакции, моль	2n	n	2n

Хлороводород растворяется в воде, и в результате количество вещества газов в сосуде составит 3 моль.

Давление уменьшится на 40%.

591. Объем воздуха при н. у.: $\frac{145 \text{ г}}{29 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 112 \text{ л}.$

Расчет объема кислорода, вступившего в реакцию при н. у.:

m, V	6,2 г	x
Уравнение реакции	2P + 5O ₂ = P ₂ O ₅	
M, V _m	31 г/моль	22,4 л/моль

$$\frac{6,2}{2 \cdot 31} = \frac{x}{5 \cdot 22,4}, \text{ откуда } x = 11,2 \text{ л O}_2.$$

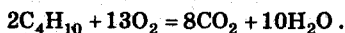
Объем воздуха, оставшегося в сосуде после реакции:

$$112 \text{ л} - 11,2 \text{ л} = 100,8 \text{ л}.$$

Отношение давлений:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{100,8}{112} = 0,9.$$

592. Уравнение реакции горения:



Объем газов, вступивших в реакцию:

Объем газов, образовавшихся после реакции (при 25 °C вода — жидкость)

Изменение объема смеси

Алгебраическое уравнение

Объем C_4H_{10}

Объемная доля C_4H_{10}

Объем CO_2

Объемная доля CO_2

$$2V_{C_4H_{10}} + 13V_{O_2} = 15V$$

$$8V_{CO_2}$$

$$15V - 8V = 7V$$

$$7V = 17,5 \text{ мл} \Rightarrow V = 2,5 \text{ мл}$$

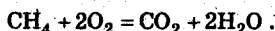
$$2 \cdot 2,5 \text{ мл} = 5 \text{ мл}$$

$$\frac{5 \text{ мл}}{50 \text{ мл}} \cdot 100\% = 10\%$$

$$8 \cdot 2,5 \text{ мл} = 20 \text{ мл}$$

$$\frac{20 \text{ мл}}{(50 \text{ мл} - 17,5 \text{ мл})} \cdot 100\% = 61,5\%$$

593. Уравнение реакции:



Объем CH_4

Объем N_2

Алгебраическое уравнение

Объем CO_2

Объем O_2 , вступившего в реакцию

Объем O_2 , оставшегося после реакции

Общий объем газов после реакции

Решение системы уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 100, \\ x + y + (100 - 2x) = 120, \end{cases}$$

$$x = 40 \text{ мл } CH_4, \quad y = 60 \text{ мл } N_2.$$

$$x$$

$$y$$

$$x + y = 100$$

$$x$$

$$2x$$

$$(100 - 2x)$$

$$x + y + (100 - 2x) = 120$$

594. Уравнения реакций:



Количества вещества:

$$CH_4 \quad x$$

$$CO \quad y$$

$$C_2H_6 \quad z$$

Изменение количества вещества за счет реакций (1) и (2) равно нулю, за счет реакции (3) равно $2z - z = z$ (моль).

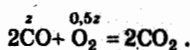
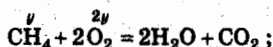
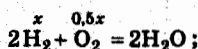
В реакцию вступило $\frac{134,4 \text{ г}}{22,4 \text{ г/моль}} = 6$ моль газовой смеси, и образовалось 8 моль CO_2 . Изменение количества веществ исходной смеси равно $8 - 6 = 2$ (моль). Следовательно, $z = 2$ моль, и объем $\text{C}_2\text{H}_6 = 44,8$ л.

595. Обозначения:

Объемные доли (в долях единицы)

H_2	$x,$
CH_4	$y,$
CO	$z,$
их сумма	$x + y + z = 1$
Масса 1 моль смеси газов	$0,857 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 19,2 \text{ г/моль}$
Масса H_2 в 1 моль смеси	$2x,$
масса CH_4 в 1 моль смеси	$16 y,$
масса CO в 1 моль смеси	$28 z,$
их сумма	$2x + 16y + 28z = 19,2.$

Уравнения реакций горения:



Общий объем кислорода, затраченного на сжигание 1 л газовой смеси $0,5x + 2y + 0,5z$ (л).

Расчет объема кислорода в воздухе: $0,21 \cdot 4,52 \text{ л} = 0,95 \text{ л}.$

Алгебраическое уравнение: $0,5x + 2y + 0,5z = 0,95.$

Решение системы уравнений:

$$\begin{cases} x + y + z = 1, \\ x + 8y + 14z = 9,6, \\ x + 4y + z = 1,9, \end{cases}$$

$$x = 0,2; y = 0,3; z = 0,5$$

Состав смеси: 20 % H_2 , 30 % CH_4 , 50 % CO .

596. $w(\text{CO}) = 63,64$ % об.; $w(\text{O}_2) = 36,36$ % об.

597. $w(\text{N}_2) = 30$ % об.; $w(\text{H}_2) = 50$ % об.; $w(\text{NH}_3) = 20$ % об.

598. Исходная смесь: $w(\text{NO}) = 40$ % об.; $w(\text{O}_2) = 60$ % об.

полученная: $w(\text{NO}_2) = 50$ %; $w(\text{O}_2) = 50$ % об.

47. Вычисления по уравнениям реакций с учетом практического выхода продукта

599. Расчет массы HNO_3 :

$$m(\text{HNO}_3) = 0,65 \cdot 1391 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,160 \text{ м}^3 = 144,7 \text{ кг } \text{HNO}_3.$$

Данные для определения вещества, находящегося в недостатке:

m, V	50 м ³	144,7 кг	x
Уравнение реакции	$\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$		
M, V_m	22,4 м ³ /кмоль	63 кг/кмоль	80 кг/кмоль

Определение вещества, находящегося в недостатке:

NH_3
$\frac{50 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}} = 2,23 \text{ кмоль}$
Недостаток

<

HNO_3
$\frac{144,7 \text{ кг}}{63 \text{ кг/кмоль}} = 2,30 \text{ кмоль}$
Избыток

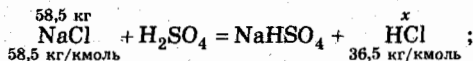
Расчет теоретически возможной массы аммиачной селитры:

$$\frac{50 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}} = \frac{x}{80 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 178,6 \text{ кг } \text{NH}_4\text{NO}_3.$$

Расчет выхода аммиачной селитры:

$$\eta = \frac{142,3 \text{ кг}}{178,6 \text{ кг}} \cdot 100\% = 80\%.$$

600. Расчет теоретически возможной массы хлороводорода:



$$\frac{58,5 \text{ кг}}{58,5 \text{ кг/кмоль}} = \frac{x}{36,5 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 36,5 \text{ кг HCl}.$$

Расчет практически возможной массы хлороводорода:

$$m_{\text{практ}} = \eta m_{\text{теор}} = 0,68 \cdot 36,5 \text{ кг} = 24,8 \text{ кг HCl}.$$

Расчет объема раствора хлороводорода:

$$V = \frac{m(\text{HCl})}{\rho_w} = \frac{24,8 \text{ кг}}{0,10 \cdot 1047 \text{ кг/м}^3} = 237 \text{ л}.$$

601. Приведение объема аммиака к н. у.:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}, \text{ откуда } V_0 = \frac{VT_0}{T} = \frac{244,5 \text{ м}^3 \cdot 273 \text{ К}}{298 \text{ К}} = 224,0 \text{ м}^3.$$

Вычисление массы ортофосфорной кислоты:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = \omega m(\text{p-p}) = 0,60 \cdot 1,7 \text{ т} = 1,02 \text{ т } \text{H}_3\text{PO}_4.$$

Данные для определения вещества, находящегося в недостатке:

$V, \text{ м}^3$	224,0	1020	x
Уравнение реакции	NH_3	+	$\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
$V_m, \text{ М}$	22,4 м ³ /кмоль	98 кг/кмоль	115 кг/кмоль

Определение вещества, находящегося в недостатке:

NH_3		H_3PO_4
$\frac{224,0 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}} = 10 \text{ кмоль}$	<	$\frac{1020 \text{ кг}}{98 \text{ кг/кмоль}} = 10,4 \text{ кмоль}$
Недостаток		Избыток

Расчет теоретически возможной массы моноаммофоса:

$$\frac{224,0 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}} = \frac{x}{115 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 1150 \text{ кг } \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4.$$

Расчет практически возможной массы моноаммофоса:

$$m_{\text{практ}} = \eta m_{\text{теор}} = 0,78 \cdot 1150 \text{ кг} = 897 \text{ кг } \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4.$$

602. Стехиометрическая схема: $\text{NH}_3 \rightarrow \text{HNO}_3$.

Данные для определения массы азотной кислоты:

m	1500 кг	x
Схема	$\text{NH}_3 \rightarrow \text{HNO}_3$	
M	17 кг/кмоль	63 кг/кмоль

Расчет теоретически возможной массы азотной кислоты:

$$\frac{1500 \text{ кг}}{17 \text{ кг/кмоль}} = \frac{x}{63 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 5,6 \text{ т } \text{HNO}_3.$$

Расчет практически возможной массы азотной кислоты:

$$\eta = \frac{m_{\text{практ}}}{m_{\text{теор}}} \Rightarrow m_{\text{практ}} = 0,72 \cdot 5,6 \text{ т} = 4,0 \text{ т } \text{HNO}_3.$$

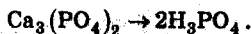
Расчет массы раствора азотной кислоты:

$$m(\text{p-p}) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{\omega} = \frac{4,0 \text{ т}}{0,65} = 6,1 \text{ т } \text{HNO}_3.$$

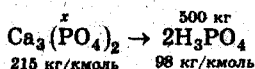
Расчет объема раствора азотной кислоты:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{6100 \text{ кг}}{1391 \text{ кг/м}^3} = 4,38 \text{ м}^3 \text{HNO}_3.$$

603. Стехиометрическая схема:



Расчет теоретически возможной массы фосфата кальция:



$$\frac{x}{215 \text{ кг/кмоль}} = \frac{500 \text{ кг}}{2 \cdot 98 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 548 \text{ кг Ca}_3(\text{PO}_4)_2.$$

Расчет массы $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ с добавкой на производственные потери:

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = \frac{548 \text{ кг}}{0,82} = 668 \text{ кг}.$$

Расчет массовой доли $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$:

$$\frac{668 \text{ кг}}{840 \text{ кг}} \cdot 100\% = 79\%.$$

604. Уравнение реакции:

m, V	x 240 г x
Уравнение реакции	$\text{CaCl}_2 \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{Ca} + \text{Cl}_2$
M, V_m	40 г/моль 22,4 л/моль

Расчет объема хлора:

$$\frac{240 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = \frac{x}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } x = 134 \text{ л Cl}_2.$$

Расчет практического выхода хлора:

$$\eta = \frac{134 \text{ л}}{198 \text{ л}} \cdot 100\% = 68\%.$$

605. Уравнение реакции:

m, V	x 16,8 м ³
Уравнение реакции	$\text{NiSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{Ni} + \text{H}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$
M, V_m	59 кг/кмоль 22,4 м ³ /кмоль

Расчет теоретически возможной массы никеля:

$$\frac{x}{59 \text{ кг/кмоль}} = \frac{16,8 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}}, \text{ откуда } x = 44,25 \text{ кг Ni}.$$

Расчет практически возможной массы никеля:

$$m_{\text{практ}} = \eta m_{\text{теор}} = 0,77 \cdot 44,25 \text{ кг} = 34,07 \text{ кг Ni}.$$

606. Уравнения реакций:



Расчет массы продукта окисления аммиака — оксида азота (IV):

$$\frac{1000 \text{ кг}}{4 \cdot 17 \text{ кг/кмоль}} = \frac{x}{4 \cdot 46 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 2,7 \text{ т NO}_2.$$

С учетом выхода

$$m(\text{NO}_2) = 0,98 \cdot 2,7 \text{ т} = 2,6 \text{ т NO}_2.$$

Расчет массы азотной кислоты:

$$\frac{2,6 \text{ т}}{4 \cdot 46 \text{ кг/кмоль}} = \frac{y}{4 \cdot 63 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } y = 3,6 \text{ т HNO}_3.$$

С учетом выхода

$$m(\text{HNO}_3) = 0,94 \cdot 3,6 \text{ т} = 3,4 \text{ т HNO}_3.$$

Расчет массы раствора азотной кислоты:

$$\frac{3,4 \text{ т}}{0,55} = 6,2 \text{ т}.$$

607. Стехиометрическая схема: $\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$.

<i>m</i>	<i>x</i>	405000 кг
Схема	$\text{S} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$	
<i>M</i>	32 кг/кмоль	98 кг/кмоль

Расчет теоретически требуемой массы серы:

$$\frac{x}{32 \text{ кг/кмоль}} = \frac{405000}{98 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 132 \text{ т S}.$$

Расчет массы серы с учетом производственных потерь:

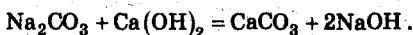
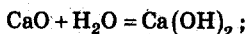
$$\frac{132 \text{ т}}{0,95} = 139 \text{ т S}.$$

Расчет массы серного колчедана:

$$\frac{139 \text{ т}}{0,45} = 309 \text{ т}.$$

608.

Уравнения реакций:



Данные для определения выхода едкого натра:

<i>m</i>	4480 кг	<i>x</i>
Схема	$\text{CaO} \longrightarrow 2\text{NaOH}$	
<i>M</i>	56 кг/кмоль	40 кг/кмоль

Расчет теоретически возможного выхода едкого натра:

$$\frac{4480 \text{ кг}}{56 \text{ кг/кмоль}} = \frac{x}{2 \cdot 40 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 6400 \text{ кг NaOH}.$$

Расчет практического выхода (по данным схемы) едкого натра, кг:

Декантатор 4622

Фильтрат 1060

Остаток на фильтре 78

Всего 5760 кг

Практический выход едкого натра:

$$\eta = \frac{5760 \text{ кг}}{6400 \text{ кг}} \cdot 100\% = 90\% \text{ NaOH}.$$

609. а) 98 %; б) 95,4 %.

610. 1,85 т.

611. 19,2 т; 10,6 т; 4,9 т.

48. Вычисления на основе закона эквивалентных отношений

612. Расчет молярной массы эквивалентов неметалла на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{не Ме})}{m(\text{O}_2)} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{не Ме})}{M_{\text{экв}}(\text{O}_2)},$$

$$\frac{1,0 \text{ г}}{1,0 \text{ г}} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{не Ме})}{8 \text{ г/моль}} \Rightarrow M_{\text{экв}}(\text{не Ме}) = 8 \text{ г/моль}.$$

Расчет атомной массы неметалла:

$$A(\text{не Ме}) = 4 \cdot M_{\text{экв}}(\text{не Ме}) = 4 \cdot 8 = 32 \text{ г/моль (сера)}.$$

613. Закон эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{Me})}{V(\text{H}_2)} = \frac{M_{\text{экр}}(\text{Me})}{V_{\text{экр}}(\text{H}_2)}.$$

Расчет молярной массы эквивалентов металла:

$$\frac{1,8 \text{ г}}{2,24 \text{ л}} = \frac{M_{\text{экр}}(\text{Me})}{11,2 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } M_{\text{экр}}(\text{Me}) = 9 \text{ г/моль}.$$

614. Приведение объемов к нормальным условиям:

$$V_0 = \frac{PVT_0}{P_0T} = \frac{6,01 \text{ л} \cdot 273 \text{ К}}{293 \text{ К}} = 5,6 \text{ л}.$$

Расчет молярной массы эквивалентов металла на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{Me})}{V(\text{H}_2)} = \frac{M_{\text{экр}}(\text{Me})}{V_{\text{экр}}(\text{H}_2)},$$

$$\frac{2,25 \text{ г}}{5,6 \text{ л}} = \frac{M_{\text{экр}}(\text{Me})}{11,2 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } M_{\text{экр}}(\text{Me}) = 4,5 \text{ г/моль}.$$

Расчет атомной массы металла:

Для металлов группы IIA характерна степень окисления +2, поэтому:

$$A(\text{Me}) = 2 \cdot M_{\text{экр}}(\text{Me}) = 2 \cdot 4,5 \text{ г/моль} = 9 \text{ г/моль (бериллий)}.$$

615. Вычисление массы хлора, вступившего в реакцию:

$$14,1 \text{ г} - 3,6 \text{ г} = 10,5 \text{ г Cl}_2.$$

Расчет молярной массы эквивалентов металла на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{Me})}{m(\text{Cl}_2)} = \frac{M_{\text{экр}}(\text{Me})}{M_{\text{экр}}(\text{Cl}_2)},$$

$$\frac{3,6 \text{ г}}{10,5 \text{ г}} = \frac{M_{\text{экр}}(\text{Me})}{35,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } M_{\text{экр}}(\text{Me}) = 12,17 \text{ г/моль}.$$

Расчет атомной массы металла:

Для металла группы IIA характерна степень окисления +2, поэтому

$$A(\text{Me}) = 2 \cdot M_{\text{экр}}(\text{Me}) = 2 \cdot 12,17 \text{ г/моль} = 24,34 \text{ г/моль (магний)}.$$

616. Массовая доля кислорода в оксиде $100\% - 52,94\% = 47,06\%$.

Расчет молярной массы эквивалентов металла на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{w(\text{Me})}{w(\text{O})} = \frac{M_{\text{экр}}(\text{Me})}{M_{\text{экр}}(\text{O})},$$

$$\frac{52,94}{47,06} = \frac{M_{\text{экр}}(\text{Me})}{8 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } M_{\text{экр}}(\text{Me}) = 9 \text{ г/моль}.$$

Расчет атомной массы металла:

Для металла группы IIIA следует ожидать характерную степень окисления +3, поэтому

$$A(\text{Me}) = 3 \cdot M_{\text{экв}}(\text{Me}) = 3 \cdot 9 \text{ г/моль} = 27 \text{ г/моль (алюминий)}.$$

617. Расчет молярной массы эквивалентов марганца на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{w(\text{Mn})}{w(\text{O})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{M_{\text{экв}}(\text{O})},$$

$$\frac{63,22}{36,78} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Mn})}{8 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } M_{\text{экв}}(\text{Mn}) = 13,75 \text{ г/моль}.$$

Расчет степени окисления марганца:

$$\text{с.о.} = \frac{A(\text{Mn})}{M_{\text{экв}}(\text{Mn})} = \frac{55 \text{ г/моль}}{13,75 \text{ г/моль}} = 4.$$

Формула оксида: MnO_2 .

618. Расчет эквивалентной массы мышьяка в первом оксиде:

$$\frac{w(\text{As})}{w(\text{O})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{As})}{M_{\text{экв}}(\text{O})},$$

$$\frac{65,2}{34,8} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{As})}{8 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } M_{\text{экв}}(\text{As}) = 14,99 \text{ г/моль}.$$

Вычисление степени окисления мышьяка в первом оксиде:

$$\text{с.о.} = \frac{A(\text{As})}{M_{\text{экв}}(\text{As})} = \frac{75 \text{ г/моль}}{14,99 \text{ г/моль}} = 5.$$

Формула оксида: As_2O_5 .

Расчет эквивалентной массы мышьяка во втором оксиде:

$$\frac{75,7}{24,3} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{As})}{8 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } M_{\text{экв}}(\text{As}) = 24,92 \text{ г/моль}.$$

Вычисление степени окисления мышьяка во втором оксиде:

$$\text{с.о.} = \frac{A(\text{As})}{M_{\text{экв}}(\text{As})} = \frac{75 \text{ г/моль}}{24,92 \text{ г/моль}} = 3.$$

Формула оксида: As_2O_3 .

619. Расчет молярной массы эквивалентов металла на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{95,24}{4,76} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{1}, \text{ откуда } M_{\text{экв}}(\text{Me}) = 20 \text{ г/моль}.$$

Предположим, что степень окисления металла принимает значения 1, 2, 3, 4 и для каждого случая вычислим значение атомной массы:

с. о.	A, г/моль	Металл
1	20	Нет
2	40	Кальций
3	60	Нет
4	80	Нет

620. Закон эквивалентных отношений:

для первой реакции

$$\frac{m(\text{Me})}{V(\text{H}_2)} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{V_{\text{экв}}(\text{H}_2)}, \quad (1)$$

для второй реакции

$$\frac{m(\text{Me})}{V(\text{Pb})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{M_{\text{экв}}(\text{Pb})}. \quad (2)$$

Исключим $m(\text{Me})$ и $M_{\text{экв}}(\text{Me})$, для этого выражение (1) разделим на выражение (2), получим:

$$\frac{m(\text{Pb})}{V(\text{H}_2)} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Pb})}{V_{\text{экв}}(\text{H}_2)},$$

$$\frac{1,295 \text{ г}}{140 \text{ мл}} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Pb})}{11200 \text{ мл/моль}}, \text{ откуда } M_{\text{экв}}(\text{Pb}) = 103,6 \text{ г/моль}.$$

621. Изменение массы пластинки равно $0,008 \cdot 50 \text{ г} = 0,4 \text{ г}$.

Схема реакции: $\text{Fe} + \text{Me}^{n+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Me}$.

Масса железа, перешедшего в раствор, — x , масса металла, выделившегося на пластинке, — $(3,2 - x) \text{ г}$. Следовательно, $3,2 - x = 0,4$, откуда $x = 2,8 \text{ г Fe}$.

Расчет молярной массы эквивалентов металла на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{Me})}{m(\text{Fe})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{M_{\text{экв}}(\text{Fe})}, \quad M_{\text{экв}}(\text{Fe}^{2+}) = \frac{56 \text{ г/моль}}{2} = 28 \text{ г/моль},$$

$$\frac{3,2 \text{ г}}{2,8 \text{ г}} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{28 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } M_{\text{экв}}(\text{Me}) = 32 \text{ г/моль}.$$

622. 69,60 г/моль.

623. 8,93 г/моль.

624. Расчет удельной теплоемкости:

$$c = \frac{128,8 \text{ Дж}}{(373,15 \text{ К} - 293,15 \text{ К})1,782} = 0,9035 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{К}}.$$

Расчет атомной массы на основе закона Дюлонга и Пти:

$$A = \frac{26,6 \text{ кДж/моль} \cdot \text{К}}{0,9035 \text{ Дж/г} \cdot \text{К}} = 29,44 \text{ г/моль}.$$

Расчет молярной массы эквивалентов металла на основе закона Фарадея:

$$Q = It = 4,4 \text{ А} \cdot 4342 \text{ с} = 19104,8 \text{ Кл},$$

$$M_{\text{э}} = \frac{m \cdot F}{Q} = \frac{1,782 \text{ г} \cdot 96500 \text{ Кл/моль}}{19104,8 \text{ Кл}} = 9 \text{ г/моль}.$$

Определение валентности:

$$p = \frac{29,44 \text{ г/моль}}{9 \text{ г/моль}} \approx 3.$$

Атомная масса металла — $3 \cdot 9 = 27 \text{ г/моль}$.

49. Химические эквиваленты сложных веществ

$$625. \text{ а) } M_{\text{экв}}(\text{Mn}^{+7}) = M\left(\frac{1}{7}\text{Mn}\right) = \frac{55 \text{ г/моль}}{7} = 7,86 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}(\text{Ba}^{+2}) = M\left(\frac{1}{2}\text{Ba}\right) = \frac{137 \text{ г/моль}}{2} = 68,5 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}(\text{Ca}^{+2}) = 20 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}(\text{Mg}^{+2}) = 12 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}(\text{Cu}^{+2}) = 32 \text{ г/моль}.$$

$$\text{б) } M_{\text{экв}}(\text{Cl}^-) = M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}(\text{NO}_3^-) = M(\text{NO}_3) = 62 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}(\text{SO}_4^{2-}) = M\left(\frac{1}{2}\text{SO}_4\right) = 48 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}(\text{PO}_4^{3-}) = M\left(\frac{1}{3}\text{PO}_4\right) = 31,7 \text{ г/моль}.$$

$$\text{в) } M_{\text{экв}}(\text{CuCl}_2) = M\left(\frac{1}{2}\text{CuCl}_2\right) = \frac{135 \text{ г/моль}}{2} = 67,5 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}(\text{ZnS}) = M\left(\frac{1}{2}\text{ZnS}\right) = 48,5 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}(\text{NaNO}_3) = M(\text{NaNO}_3) = 85 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}(\text{K}_2\text{SO}_4) = M\left(\frac{1}{2}\text{K}_2\text{SO}_4\right) = 87 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{экв}}[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = M\left[\frac{1}{6}\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3\right] = \frac{342 \text{ г/моль}}{6} = 57 \text{ г/моль}.$$

$$626. \text{ а) } M_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = M\left(\frac{1}{3}\text{H}_3\text{PO}_4\right) = \frac{98 \text{ г/моль}}{3} = 32,7 \text{ г/моль};$$

$$\text{б) } M_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = M\left(\frac{1}{2}\text{H}_3\text{PO}_4\right) = \frac{98 \text{ г/моль}}{2} = 49 \text{ г/моль};$$

$$\text{в) } M_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = M(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{98 \text{ г/моль}}{1} = 98 \text{ г/моль}.$$

627. Обозначения:

Молярная масса эквивалентов Me

x

Молярная масса эквивалентов оксида Me

$x + 8$

Молярная масса эквивалентов H_2O

$1 \text{ г/моль} + 8 \text{ г/моль} = 9 \text{ г/моль}$

а) Расчет молярной массы эквивалентов Me на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{оксид})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{оксид})}{M_{\text{экв}}(\text{H}_2\text{O})};$$

$$\frac{1,0}{0,126} = \frac{x + 8}{9}, \text{ откуда } x = 63,4 \text{ г/моль};$$

$$\text{б) } \frac{1,0}{0,226} = \frac{x + 8}{9}, \text{ откуда } x = 31,82 \text{ г/моль}.$$

628. Обозначения:

Молярная масса эквивалентов Me

x

Молярная масса эквивалентов оксида Me

$x + 8$

Молярная масса эквивалентов сульфата Me

$x + 48$

Закон эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{оксид})}{m(\text{сульфат})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{оксид})}{M_{\text{экв}}(\text{сульфат})};$$

$$\frac{5,6}{13,6} = \frac{x + 8}{x + 48}, \text{ откуда } x = 20 \text{ г/моль}.$$

Расчет атомной массы металла:

Для металла группы IА характерна степень окисления +2, поэтому $A(\text{Me}) = 2 \cdot 20 \text{ г/моль} = 40 \text{ г/моль}$ (кальций).

629. Обозначения:

Молярная масса эквивалентов металла X

x

Молярная масса хлорида XCl_2

$x + 35,5$

Молярная масса сульфида XS

$x + 16$

Закон эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{XCl}_2)}{m(\text{XS})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{XCl}_2)}{M_{\text{экв}}(\text{XS})},$$

$$\frac{2,025 \text{ г}}{1,44 \text{ г}} = \frac{x + 35,5}{x + 16}, \text{ откуда } x = 32 \text{ г/моль}.$$

630. Вычисление молярной массы эквивалентов NaOH:

$$M_{\text{экв}}(\text{NaOH}) = M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}.$$

Расчет молярной массы эквивалентов кислоты на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{кислота})}{m(\text{NaOH})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{кислота})}{M_{\text{экв}}(\text{NaOH})},$$

$$\frac{7,35 \text{ г}}{6,0 \text{ г}} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{кислота})}{40 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 49 \text{ г/моль}.$$

б) Вычисление количества вещества эквивалентов NaOH:

$$n_{\text{экв}} = \frac{m}{M_{\text{экв}}} = \frac{6,0 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}.$$

Вычисление количества вещества эквивалентов кислоты на основе эквивалентного соотношения:

$$n_{\text{экв}}(\text{кисл.}) = n_{\text{экв}}(\text{NaOH}), \text{ откуда } n_{\text{экв}}(\text{кисл.}) = 0,15 \text{ моль}.$$

$$631. \text{ а) } c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m}{MV} = \frac{39,2 \text{ г}}{98 \text{ г/моль} \cdot 0,200 \text{ л}} = 2 \text{ моль/л};$$

$$\text{б) } c_{\text{экв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = \frac{m}{M_{\text{экв}}V} = \frac{39,2 \text{ г}}{49 \text{ г/моль} \cdot 0,200 \text{ л}} = 4 \text{ моль/л}.$$

Молярная концентрация эквивалентов H_2SO_4 в два раза больше молярной концентрации H_2SO_4 . В общем случае молярная концентрация эквивалентов кислоты или основания в z раз больше из молярной концентрации, где эквивалентное число z совпадает с основностью кислоты или кислотностью основания.

632.

Количество вещества
эквивалентов KOH

в первом растворе

во втором растворе

Общее количество

Общий объем

Молярная концентрация
эквивалентов KOH

в полученном растворе

$$0,6 \text{ моль/л} \cdot 0,400 \text{ л} = 0,24 \text{ моль}$$

$$1,5 \text{ моль/л} \cdot 0,800 \text{ л} = 1,2 \text{ моль}$$

$$1,2 \text{ моль} + 0,24 \text{ моль} = 1,44 \text{ моль}$$

$$0,400 \text{ л} + 0,800 \text{ л} = 1,200 \text{ л}$$

$$c(\text{KOH}) = \frac{1,44 \text{ моль}}{1,2 \text{ л}} = 1,2 \text{ моль/л}.$$

633. Количество вещества эквивалентов H_2SO_4 :

$$n_{\text{экв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = c_{\text{экв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4).$$

Количество вещества эквивалентов $\text{Ca}(\text{OH})_2$:

$$n_{\text{экв}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] = c_{\text{экв}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] \cdot V[\text{Ca}(\text{OH})_2].$$

Из эквивалентного соотношения $n_{\text{экв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = n_{\text{экв}}[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ следует:

$$c_{\text{экв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = c_{\text{экв}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] \cdot V[\text{Ca}(\text{OH})_2],$$

$$\text{отсюда } V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,15 \text{ моль/л} \cdot 0,4 \text{ л}}{0,25 \text{ моль/л}} = 0,24 \text{ л}.$$

634. Вычисление количества вещества эквивалентов:

для HNO_3 : $0,48 \text{ моль/л} \cdot 0,300 \text{ л} = 0,144 \text{ моль}$;

$\text{Ba}(\text{OH})_2$: $0,24 \text{ моль/л} \cdot 0,350 \text{ л} = 0,084 \text{ моль}$.

Вещества вступают в реакцию в эквивалентном соотношении

$n_{\text{экв}}(\text{HNO}_3) = n_{\text{экв}}[\text{Ba}(\text{OH})_2]$, а поскольку $n_{\text{экв}}(\text{HNO}_3) > n_{\text{экв}}[\text{Ba}(\text{OH})_2]$, полученный раствор будет иметь кислую среду.

635. +2 и +1.

636. 2.

637. 104,2 г/моль.

50. Скорость химической реакции

638. Уравнение реакции: $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$.

Средняя скорость химической реакции равна изменению концентрации реагирующего вещества или продукта реакции за единицу времени:

$$v = \left| \frac{\Delta c}{\Delta t} \right| [\text{моль}/(\text{л} \cdot \text{с})].$$

Изменение концентрации водорода:

$$\Delta c(\text{H}_2) = c_2(\text{H}_2) - c_1(\text{H}_2) = 0,5 - 1,0 = -0,5 \text{ моль/л}.$$

(Знак «минус» соответствует уменьшению концентрации реагентов в ходе реакции. Скорость же величина заведомо положительная, поэтому в формуле для вычисления скорости вводится знак «модуль»).

Находим среднюю скорость реакции:

$$v = \frac{0,5}{30 \cdot 60} = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль}/(\text{л} \cdot \text{с}).$$

$$639. \bar{v} = \left| \frac{\Delta c(\text{O}_3)}{\Delta t} \right| \Rightarrow \Delta c(\text{O}_3) = (\bar{v} \cdot \Delta t)$$

(В ходе реакции концентрация озона уменьшается).

$$\Delta c(\text{O}_3) = -(9,0 \cdot 10^{-5} \cdot 3600) = -3,2 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л};$$

$$\Delta c(\text{O}_3) = c_2(\text{O}_3) - c_1(\text{O}_3), \text{ откуда}$$

$$c_2(\text{O}_3) = c_1(\text{O}_3) + \Delta c = 1,33 \cdot 10^{-3} - 0,32 \cdot 10^{-3} = 1,01 \text{ моль/л}.$$

640. Для расчета концентраций составляем таблицу:

	A_2	$+ 2\text{B}_2$	$= 2\text{AB}_2$
c_0 (моль/л)	1,2	1,5	0
Δc (моль/л)	-0,4	-0,8	0,8
c_t (моль/л)	0,8	0,7	0,8

Под уравнением реакции записываем строки:

c_0 — строка начальных концентраций, их значения помещаем под соответствующими формулами;

Δc — строка изменений концентраций в ходе реакции;

c_t — строка концентраций в момент времени t после начала реакции.

Записываем известную из условия величину $c_t(\text{A}_2) = 0,8$ моль/л.

Рассчитываем изменения концентраций веществ в ходе реакции:

$$\Delta c(\text{A}_2) = c_t(\text{A}_2) - c_0(\text{A}_2) = -0,4 \text{ моль/л}.$$

Из уравнения реакции видно, что с 1 моль вещества A_2 в реакцию вступает 2 моль вещества B_2 .

$$\Delta c(\text{B}_2) = 2\Delta c(\text{A}_2) = 2 \cdot (-0,4) = -0,8 \text{ моль/л}.$$

$$\text{Аналогично } \Delta c(\text{AB}_2) = -\Delta c(\text{B}_2) = 0,8 \text{ моль/л};$$

$$c_t(\text{B}_2) = c_0(\text{B}_2) + \Delta c(\text{B}_2) = 1,5 - 0,8 = 0,7 \text{ моль/л};$$

$$c_t(\text{AB}_2) = \Delta c(\text{AB}_2) = 0,8 \text{ моль/л}.$$

Средняя скорость реакции:

$$\text{по } \text{A}_2: \bar{v}_A = \left(\frac{\Delta c(\text{A}_2)}{\Delta t} \right) = \frac{0,4}{30} = 0,013 \text{ моль/(л} \cdot \text{с)};$$

$$\text{по } \text{B}_2: \bar{v}_B = \left(\frac{\Delta c(\text{B}_2)}{\Delta t} \right) = \frac{0,8}{30} = 0,026 \text{ моль/(л} \cdot \text{с)}.$$

$$641. v = k \cdot c(\text{NH}_4^+) \cdot c(\text{NO}_2^-) = 2,7 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ моль/(л} \cdot \text{с)}.$$



$$c_0 \text{ (моль/л)} \quad 0,8 \quad 1,2 \quad 0$$

$$\Delta c \text{ (моль/л)} \quad -0,3 \quad -0,6 \quad 0,3$$

$$c_i \text{ (моль/л)} \quad 0,5 \quad 0,6 \quad 0,3$$

$$v_0 = k \cdot c_0(A) \cdot c_0^2(B) = k \cdot 0,8 \cdot 1,2^2 = 1,152k;$$

$$v_i = k \cdot c_i(A) \cdot c_i^2(B) = k \cdot 0,5 \cdot 0,6^2 = 0,18k;$$

$$v_0 : v_i = 1,152 : 0,18 = 6,4.$$

Скорость реакции уменьшится в 6,4 раза.

643. Реакция, в которой принимают участие вещества, находящиеся в разных фазах, называется гетерогенной. Выражение закона действующих масс для гетерогенных реакций не включает концентрацию вещества, находящегося в твердой фазе (как постоянную величину). Тогда $v = k_p \cdot P(\text{CO}_2)$, и, следовательно, увеличение давления в два раза во столько же раз увеличит скорость этой реакции.

644. Уменьшение объема в два раза приведет к увеличению в два раза концентрации (и давления) газов, участвующих в реакции. Поэтому скорость реакции увеличится в восемь раз.



$$v = kc(\text{H}_2) \cdot c(\text{Br}_2);$$

$$c_2(\text{Br}_2) = 2c_1(\text{Br}_2);$$

$$c_2(\text{H}_2) = 4c_1(\text{H}_2);$$

$$v_2 : v_1 = [c_2(\text{Br}_2) \cdot c_2(\text{H}_2)] : [c_1(\text{Br}_2) \cdot c_1(\text{H}_2)] = 8.$$

$$646. \quad v = k[c(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})]^2;$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{[c_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})]^2}{[c_1(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})]^2} = \frac{0,5^2}{0,1^2} = 25.$$

647. Для увеличения скорости реакции в четыре раза нужно увеличить концентрацию CO в два раза.

$$648. \quad v_{\text{NOCl}} = v_{\text{NO}} = 2v_{\text{Cl}_2}.$$

$$649. \quad v_{\text{O}_2} = \frac{2}{3}v_{\text{O}_3} = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ атм/с}.$$

650. Средняя скорость равна $\bar{v} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$, где v_1 и v_2 определяют по графику.

51. Зависимость скорости реакции от температуры. Энергия активации

651. Для многих реакций в соответствии с правилом Вант-Гоффа с ростом температуры на 10°C скорость реакции возрастает в 2—4 раза.

$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$, где γ — температурный коэффициент реакции. Он может иметь значение в пределах 2—4.

Тогда из условия: $\frac{v_{100}}{v_{60}} = 3^{\frac{100-60}{10}} = 81$.

$$652. \frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = 128 = 2^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = 2^7, \quad \frac{t_2 - t_1}{10} = 7,$$

$$t_2 - t_1 = 70^\circ\text{C}, \quad t_2 = t_1 + 70^\circ\text{C}.$$

Температуру следует увеличить на 70°C .

$$653. \frac{v_{80}}{v_{40}} = 40 = \gamma^4, \quad 4 \lg \gamma = \lg 40,$$

$$4 \lg \gamma = 1,6, \quad \lg \gamma = 0,4, \quad \gamma = 2,5.$$

$$654. v_{80} = v_{40} \cdot \gamma^{\frac{80-40}{10}}, \quad v_{80} = 0,1 \cdot 3,5^4 = 15,0 \text{ моль/л} \cdot \text{с}.$$

$$655. k_{T_1} = A e^{-\frac{E_a}{RT_1}}, \quad T_1 = 273 + 27;$$

$$k_{T_2} = A e^{-\frac{E_a}{RT_2}}, \quad T_2 = 273 + 47;$$

$$\frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = 5 = e^{-\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} = e^{-\frac{E_a}{R} \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1 T_2} \right)};$$

$$\lg 5 = 2,3 \cdot \frac{E_a}{R} \left(\frac{20}{96000} \right), \quad \text{следовательно, } \frac{E_a}{R} = 1461;$$

$$E_a = 8,31 \cdot 1461 = 12140 \text{ Дж/моль}.$$

656. Скорость реакции и время ее протекания обратно пропорциональные величины.

$$\text{Тогда } \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

$$\gamma^{\frac{110-80}{10}} = \frac{320}{40}; \gamma^3 = 8 \text{ и } \gamma = 2.$$

$$657. e^{\frac{E_a(T_2-T_1)}{R T_2 T_1}} = \gamma^{\frac{T_2-T_1}{10}}.$$

Возьмем $T_1 = 400 \text{ К}$, $T_2 = 410 \text{ К}$.

$$e^{\frac{E_a(10)}{R(400 \cdot 410)}} = 4;$$

$$\lg 4 = 2,3 \cdot \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{16400} \Rightarrow E_a = \frac{0,6 \cdot 16400}{2,3} \cdot 8,31 = 35552 \text{ (Дж/моль)}.$$

$$658. k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}; \frac{k_1}{k_2} = e^{-\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)} \Rightarrow k_2 = k_1 \cdot e^{\frac{E_a(T_2-T_1)}{R}};$$

$$k_2 = 6,2 \cdot 10^{-4} \cdot e^{\frac{103 \cdot 10^3}{8,31} \left(\frac{1}{373} - \frac{1}{318} \right)} = 6,2 \cdot 10^{-4} \cdot e^{5,75} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

659. Используем индекс «к» для случая каталитической, а индекс «н» — для случая некаталитической реакции.

$$k_k = A e^{-\frac{(E_a)_k}{RT}}; k_n = A e^{-\frac{(E_a)_n}{RT}};$$

$$\frac{k_k}{k_n} = e^{\left[-\frac{(E_a)_k}{RT} + \frac{(E_a)_n}{RT} \right]} = e^{\frac{1}{RT} [(E_a)_n - (E_a)_k]};$$

$$\frac{k_k}{k_n} = e^{\frac{(70,30-37,82) \cdot 10^3}{8,31 \cdot 298}} = e^{13,116} = 5 \cdot 10^5.$$

Скорость реакции с участием катализатора в $5 \cdot 10^5$ раз больше.

$$660. \frac{k_1}{k_0} = e^{\frac{\Delta E_a}{RT}}; 2,3 \lg \frac{k_1}{k_0} = \frac{\Delta E_a}{RT};$$

$$\lg \frac{k_1}{k_0} = \frac{7000}{2,3 \cdot 8,31 \cdot 366} \approx 1, \text{ следовательно, } k_1 = 10 k_0;$$

Скорость возрастает в 10 раз.

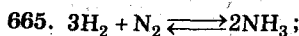
661. В 8 раз.

662. $\gamma = 2,5$.

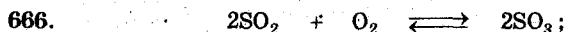
663. Через 15 с.

52. Химическое равновесие. Константа равновесия

$$664. K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}_2]^2 [\text{O}_2]}; K = \frac{0,8^2}{0,4^2 \cdot 0,2} = 20 \text{ л/моль}.$$

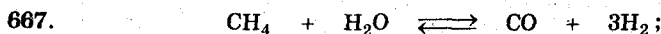


$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 [\text{N}_2]} = \frac{1,2^2}{0,2^3 \cdot 0,8} = 225 \text{ л}^2/\text{моль}^2.$$



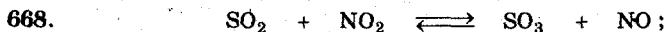
c_0 , моль/л	0,2	0,1	0
Δc , моль/л	- 0,01	- 0,005	0,01
[], моль/л	0,19	0,095	0,01

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]} = \frac{0,01^2}{0,19^2 \cdot 0,095} = 0,029 \text{ моль/л}.$$



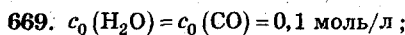
c_0 , моль/л	1,154	1,154	0	0
Δc , моль/л	- 0,616	- 0,616	0,616	3·0,616
[], моль/л	0,538	0,538	0,616	1,848

$$K = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]} = \frac{0,616 \cdot 1,848^3}{0,538 \cdot 0,538} = 13,43.$$



c_0 , моль/л	0,03	0,04	0,01	0,04
Δc , моль/л	- 0,02	- 0,02	+ 0,02	+ 0,02
[], моль/л	0,01	0,02	0,03	0,06

$$K = \frac{[\text{SO}_3][\text{NO}]}{[\text{SO}_2][\text{NO}_2]} = \frac{0,06 \cdot 0,03}{0,01 \cdot 0,02} = 9.$$



$$[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,1 - x; [\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = x;$$

$$K = \frac{[\text{H}_2][\text{CO}_2]}{[\text{H}_2\text{O}][\text{CO}]} = \frac{x^2}{(0,1 - x)^2} = 0,51;$$

$$\frac{x}{0,1-x} = 0,71 \Rightarrow x = 0,042 \text{ моль/л.}$$

$$[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 0,042 \text{ моль/л.};$$

$$[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,058 \text{ моль/л.};$$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2) = 0,84 \text{ моль.};$$

$$n(\text{CO}) = n(\text{H}_2\text{O}) = 1,16 \text{ моль.}$$

670. Примем объем системы за V .

$$\text{Тогда } c_0(\text{HI}) = \frac{1}{V}.$$

$$[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = x; [\text{HI}] = \frac{1}{V} - 2x;$$

$$K = \frac{[\text{H}_2]^2 [\text{I}_2]^2}{[\text{HI}]^2} = \frac{1}{64} = \frac{x^2}{\left(\frac{1}{V} - 2x\right)^2}, \text{ следовательно, } \frac{x}{\frac{1}{V} - 2x} = \frac{1}{8}; 8x = \frac{1}{V} - 2x;$$

$$x = \frac{1}{10 \cdot V} \text{ моль/л.}$$

$$n(\text{H}_2) = 0,1 \text{ моль.};$$

$$n(\text{I}_2) = 0,1 \text{ моль.};$$

$$n(\text{HI}) = 0,8 \text{ моль.}$$

671. Количества вещества в состоянии равновесия:

$$n(\text{I}_2) = 1 - x;$$

$$n(\text{H}_2) = 2 - x;$$

$$n(\text{HI}) = 2x.$$

Объем примем за V .

$$\text{Тогда } [\text{I}_2] = \frac{1-x}{V}; [\text{H}_2] = \frac{2-x}{V}; [\text{HI}] = \frac{2x}{V};$$

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}, \text{ следовательно, } \frac{(2x)^2}{(1-x)(2-x)} = 50;$$

$$3x^2 + 150x - 100 = 0;$$

$$x = 0,66 \text{ моль.}$$

$$n(\text{HI}) = 1,32 \text{ моль.}$$

$$672. K = \frac{[E]^2 \cdot [D]}{[A][B]};$$

$$[E] = 2[D]; [E] = 2x; [D] = x;$$

$$K = \frac{4x^3}{4 \cdot 8} = 1 \Rightarrow x^3 = 8; x = 2 \text{ моль/л}$$

$$[E] = 4 \text{ моль/л}; [D] = 2 \text{ моль/л}.$$

$$673. K = \frac{[CH_3COOC_2H_5][H_2O]}{[CH_3COOH][C_2H_5OH]} = \frac{k_{пр}}{k_{обр}} = \frac{0,8}{0,2} = 4.$$

$$674. \text{ а) л/моль; б) безразмерная; в) л}^2/\text{моль}^2.$$

$$675. \text{ а) } K^3; \text{ б) } \sqrt[3]{K}; \text{ в) } \sqrt[4]{K}.$$

$$676. K_1 = K_2^2 = K_3^3.$$

53. Вычисление равновесного состава

677.	$4HCl$	$+$	O_2	$\rightleftharpoons$	$2H_2O$	$+$	$2Cl_2$	;
c_0 , моль/л	0,48		0,39		0		0	
Δc , моль/л	-0,28		-0,07		0,14		0,14	
[], моль/л	0,20		0,32		0,14		0,14	

Находим: $\Delta c(HCl) = -0,28$ моль/л;

$$\Delta c(O_2) = -0,07 \text{ моль/л};$$

$$\Delta c(Cl_2) = \Delta c(H_2O) = -2\Delta c(O_2) = 0,14 \text{ моль/л}.$$

Если $c_0(Cl_2) = c_0(H_2O) = 0$, получаем:

$$[H_2O] = 0,14 \text{ моль/л}; [Cl_2] = 0,14 \text{ моль/л}.$$

678.	CO	$+$	H_2O	$\rightleftharpoons$	CO_2	$+$	H_2	;
c_0 , моль/л	0,03		0,03		0		0	
Δc , моль/л	-0,01		-0,01		+0,01		+0,01	
[], моль/л	0,02		0,02		0,01		0,01	

$$[CO] = 0,02 \text{ моль/л}; [H_2O] = 0,02 \text{ моль/л}; [H_2] = 0,01 \text{ моль/л};$$

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{0,01 \cdot 0,01}{0,02 \cdot 0,02} = 0,25.$$



$$c_0, \text{ моль/л} \quad 0,12 \quad 0 \quad 0$$

$$\Delta c, \text{ моль/л} \quad -2x \quad x \quad x$$

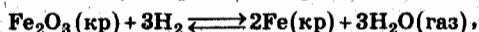
$$[], \text{ моль/л} \quad 0,12 - 2x \quad x \quad x$$

$$K = \frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2} = \frac{x^2}{(0,12 - 2x)^2} = 0,02;$$

$$\frac{x}{0,12 - 2x} = 0,14, \text{ откуда } x = 0,015 \text{ моль/л};$$

$$[\text{I}_2] = [\text{H}_2] = 0,015 \text{ моль/л}.$$

680. В сосуде проходит обратимая реакция



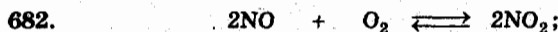
константа равновесия которой $K = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^3}{[\text{H}_2]^3} = \text{const}$. Следовательно, отноше-

ние концентраций будет постоянным и состав газовой смеси: водорода — 35 %, водяных паров — 65 % по объему.

$$681. \quad K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}; \quad [\text{N}_2] = \frac{[\text{NH}_3]^2}{K[\text{H}_2]^3};$$

$$[\text{N}_2] = \frac{0,1^2}{0,5 \cdot 0,2^3} = 2,5 \text{ моль/л};$$

$$c_0(\text{N}_2) = [\text{N}_2] + \frac{1}{2}[\text{NH}_3] = 2,5 + 0,05 = 2,55 \text{ моль/л}.$$



$$c_1, \text{ моль/л} \quad 0,05 \quad 0,05 \quad 0,1$$

$$\Delta c, \text{ моль/л} \quad -0,04 \quad -0,02 \quad 0,04$$

$$c_2, \text{ моль/л} \quad 0,01 \quad 0,03 \quad 0,14$$

$$c_2(\text{NO}) = 0,01 \text{ моль/л}; \quad c_2(\text{O}_2) = 0,03 \text{ моль/л}; \quad c_2(\text{NO}_2) = 0,14 \text{ моль/л}.$$

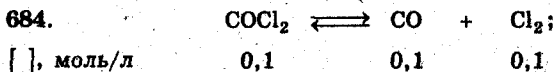


$$c_0, \text{ моль/л} \quad 0,5 \quad 0,2 \quad 0$$

$$\Delta c, \text{ моль/л} \quad -0,1 \quad -0,05 \quad +0,1$$

$$[], \text{ моль/л} \quad 0,4 \quad 0,15 \quad 0,1$$

$$K = \frac{[\text{NOCl}]^2}{[\text{NO}]^2[\text{Cl}_2]} = \frac{0,1^2}{0,4^2 \cdot 0,15} = 0,417.$$



$$K = \frac{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}{[\text{COCl}_2]} = 0,1 \text{ моль/л.}$$

Если диссоциирует 25 % начального количества (n) COCl_2 , получим новые концентрации: $[\text{CO}] = 0,25n = [\text{Cl}_2]$; $[\text{COCl}_2] = 0,75n$,

тогда $\frac{(0,25n)^2}{0,75n} = 0,1 \Rightarrow 0,0833n = 0,1, n = 0,12 \text{ моль/л.}$

685. $c_0(\text{NO}) = 0,5 : 2 = 0,25 \text{ моль/л};$

$[\text{N}_2] = [\text{O}_2] = x \text{ моль/л}; [\text{NO}] = 0,25 - 2x \text{ моль/л};$

$$K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]} = \frac{(0,25 - 2x)^2}{x^2} = 1 \cdot 10^{-6};$$

$\frac{0,25x - 2x}{x} = 3,16 \cdot 10^{-3}$, откуда $x = 0,1248 \text{ моль/л};$

$[\text{N}_2] = [\text{O}_2] = 0,1248 \text{ моль/л}; [\text{NO}] = 0,0004 \text{ моль/л.}$

686. Реакция является гетерофазной. В этом случае константа равновесия не включает концентрацию кристаллической фазы.

$K = [\text{NH}_3][\text{H}_2\text{S}]$, по уравнению реакции $[\text{NH}_3] = [\text{H}_2\text{S}]$,

$[\text{NH}_3] = [\text{H}_2\text{S}] = \sqrt{K} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л.}$

687. $K = 1,92.$

688. $[\text{A}] = 0,6 \text{ моль/л}; [\text{B}] = 1,2 \text{ моль/л}; [\text{C}] = 2,16 \text{ моль/л.}$

689. $0,05 \text{ моль/л}$ и $0,01 \text{ моль/л.}$

54. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье

690. а) Так как реакция экзотермическая, с ростом температуры равновесие сместится влево, в сторону исходных веществ; в ходе реакции число молекул газообразных веществ уменьшается, следовательно, повышение давления сместит равновесие вправо, в сторону продуктов реакции; объем и давление газов обратно пропорциональны (закон Бойля — Мариотта), поэтому уменьшение объема даст тот же эффект, что и повышение давления;

б) реакция эндотермическая, с ростом температуры равновесие сместится вправо; увеличение давления сместит равновесие влево; увеличение объема, как и уменьшение давления — вправо;

в) увеличение температуры сместит равновесие влево; увеличение давления — вправо; увеличение объема — влево.

691. а) С ростом температуры равновесие сместится вправо, с понижением давления — также вправо;

б) с ростом температуры равновесие сместится влево; с понижением давления — также влево.

692. а) Температуру понизить; давление увеличить;

б) температуру повысить; давление на состояние равновесия не влияет.

693. Во всех случаях увеличение объема приведет к уменьшению концентраций и, следовательно, к понижению скоростей, как прямых, так и обратных реакций. В каких случаях понижение скорости будет значительнее, видно по направлению смещения равновесий.

а) Равновесие сместится вправо, следовательно, скорость обратной реакции уменьшится в большей степени, чем прямой.

б) Равновесие сместится влево, следовательно, скорость прямой реакции уменьшится в большей степени.

в) Состояние равновесия не изменится, скорости уменьшатся в равной степени.

694. Смещение равновесия вправо достигается:

а) понижением температуры;

б) повышением давления;

в) увеличением концентрации SO_2 или O_2 .

695. Скорость прямой реакции возрастет:

$$\vec{v}' = v \cdot \gamma_1^2 = v = v \cdot 2,5^2 = 6,25 v.$$

Скорость обратной реакции возрастает:

$$\overleftarrow{v}' = v \cdot \gamma_2^2 = 9 v.$$

Таким образом, скорость обратной реакции возрастет в 9 раз, а прямой — в 6,25 раза. Равновесие смещается в сторону исходных продуктов.

696. Так как реакция разложения PCl_5 эндотермическая, следует повысить температуру; поскольку при разложении возрастет число газообразных молекул, надо уменьшить давление (или увеличить объем), и, наконец, можно увеличить концентрацию PCl_5 или уменьшить концентрацию Cl_2 и PCl_3 .

697. Увеличение концентрации одного из исходных веществ вызовет увеличение скорости прямой реакции и приведет к сдвигу равновесия вправо.

Находим константу равновесия $K = \frac{[\text{H}_2][\text{CO}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} = \frac{0,12 \cdot 0,12}{0,18 \cdot 0,8} = 1.$

Считая данные условия начальными для установления нового равновесия, запишем:

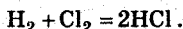
	CO	+	H ₂ O	$\rightleftharpoons$	CO ₂	+	H ₂ ;
c _{нач} , моль/л	0,18		0,18		0,12		0,12
Δс, моль/л	-x		-x		x		x
[], моль/л	0,18 - x		0,18 - x		0,12 + x		0,12 + x

$$\frac{(0,12 + x)^2}{(0,18 - x)^2} = 1 \Rightarrow x = 0,03 \text{ моль/л.}$$

Следовательно, $[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,15 \text{ моль/л}$;

$[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 0,15 \text{ моль/л}$.

698. При облучении пройдет реакция:



Поскольку количества газообразных веществ в левой и правой частях уравнения одинаковы, давление не изменится.

699. а) Равновесие сместится влево;

б) равновесие сместится вправо.

700. Равновесие смещается в сторону образования бромоводорода при понижении температуры и повышении концентраций реагентов.

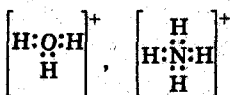
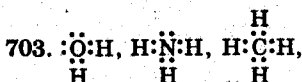
701. Если температура повышается, равновесие смещается в сторону эндотермической реакции. Если давление повышается, равновесие смещается в сторону уменьшения объема реагирующей системы. Если повышается концентрация одного из реагентов, равновесие смещается в сторону прямой реакции. Если повышается концентрация одного из продуктов, равновесие смещается в сторону обратной реакции. Катализатор не влияет на смещение равновесия.

702. В кислороде сгорает часть угля, выделяющаяся при этом теплота поддерживает эндотермическую реакцию получения водяного газа. Водород получают из водяного пара при 200—300 °С при каталитическом окислении монооксида углерода



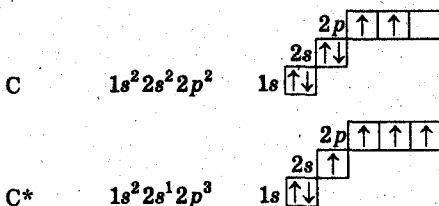
Затем удаляют CO₂, пропуская реакционную смесь через горячий раствор карбоната кальция под давлением, а затем проводят окончательную очистку от оставшихся газов.

55. Электронное строение органических соединений



Изоэлектронные частицы — NH_3 и H_3O^+ ; NH_4^+ и CH_4 .

704.



705. 1. sp^3 -Гибридизация; смешивание одной $2s$ - и трех $2p$ -орбиталей. Четыре гибридные sp^3 -орбитали направлены от атома углерода к вершинам тетраэдра, угол между орбиталями $109^\circ 28'$.

2. sp^2 -Гибридизация; смешиваются одна $2s$ - и две $2p$ -орбитали. Три гибридные sp^2 -орбитали направлены от атома углерода к вершинам равностороннего треугольника, угол между орбиталями 120° .

3. sp -Гибридизация; смешиваются одна $2s$ - и одна $2p$ -орбитали. Две гибридные sp -орбитали образуют друг с другом угол 180° .

706. а) σ -Связи атом углерода образует в любом из состояний гибридации — sp^3 , sp^2 или sp .

б) π -Связи атом углерода образует за счет p -орбиталей, не участвующих в гибридации, π -связи образуют атомы углерода в состояниях гибридации sp^2 и sp .

707. C_2H_4 : 5 σ -связей, 1 π -связь;

C_2H_2 : 3 σ -связи, 2 π -связи.

708. Радикалы: $\text{CH}_3^\bullet$, $\text{C}_2\text{H}_5^\bullet$, $\text{OH}^\bullet$.

709. Ион CH_5^+ существовать не может, так как атом углерода способен образовывать только четыре ковалентных связи (имеет четыре орбитали на внешнем электронном уровне).

710. CH_3^+ : sp^2 ;

$\text{CH}_3^\bullet$, CH_3^- : sp^3 .

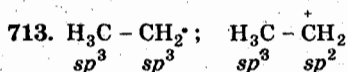
711. А — КВг, Б — ацетон.

В твердом состоянии КВг представляет собой ионный кристалл; ионным соединениям присущи высокие температуры плавления и кипения. В водном растворе КВг диссоциирует на ионы, ионные реакции в растворах происходят мгновенно.

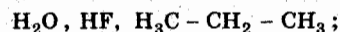
Органическое вещество ацетон построено из молекул (говорят, «имеет молекулярную структуру»). Энергия межмолекулярного взаимодействия намного ниже, чем энергия взаимодействия ионов или энергия ковалентной связи.

Поэтому температуры плавления и кипения ацетона сравнительно низкие. Связи в молекуле ацетона являются ковалентными и не разрушаются при его смешивании с водой, для их разрыва требуется более сильное воздействие, например, нагревание. По этой причине водный раствор ацетона не проводит электрический ток.

712. Нет, образование цепочек из одного вида атомов характерно для кремния, фосфора, серы и других элементов, соединения которых не относят к органическим.



714. Вещества с ковалентными связями:

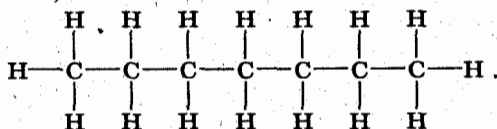
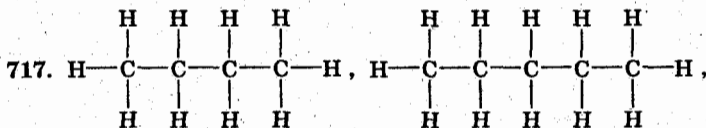


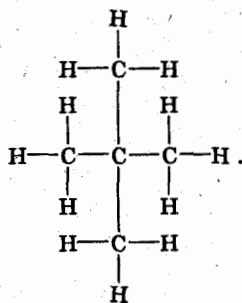
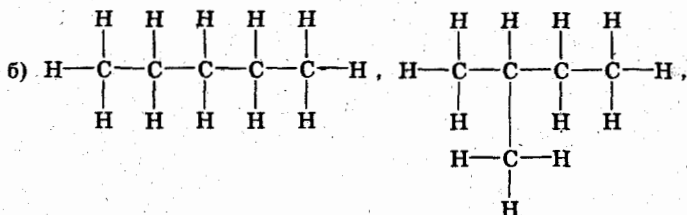
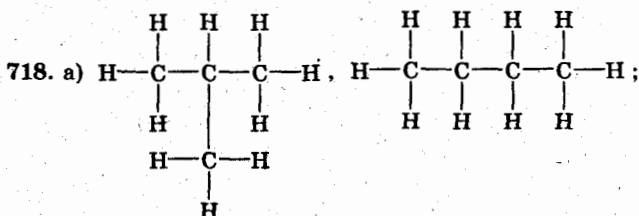
с ионными связями: NaF , KI .



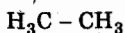
56. Предельные углеводороды: структурные формулы, структурные изомеры

716. Одним и тем же соединениям соответствуют формулы «а» и «в»; «б» и «д».

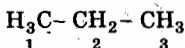




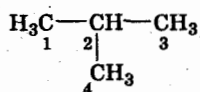
719. Третичными называют атомы углерода, образующие три ковалентных связи с другими атомами углерода; четвертичными — образующие с другими атомами углерода четыре ковалентных связи.



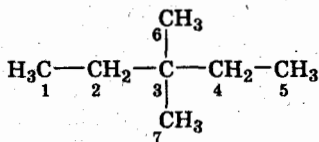
(оба атома углерода первичные);



(атомы 1, 3 — первичные, атом 2 — вторичный);

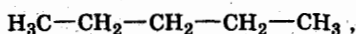


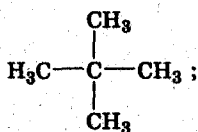
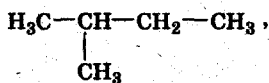
(атомы 1, 3, 4 — первичные, атом 2 — третичный);



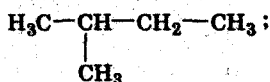
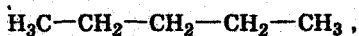
(атомы 1, 5, 6, 7 — первичные, атомы 2, 4 — вторичные, атом 3 — четвертичный).

720. а) Три углеводорода содержат первичные атомы углерода:

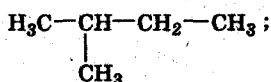




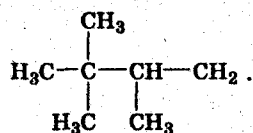
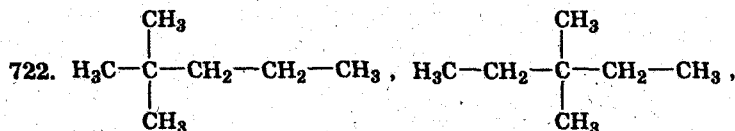
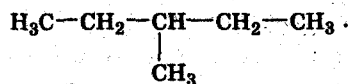
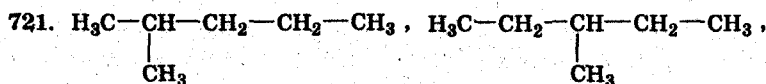
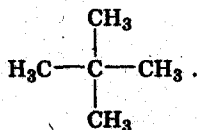
б) два содержат вторичные:

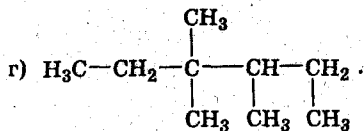
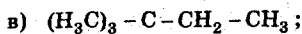
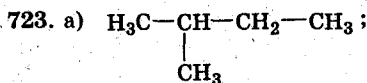


в) один содержит третичный:



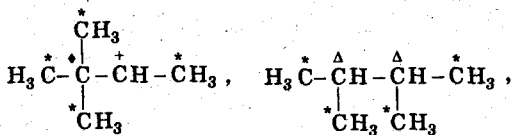
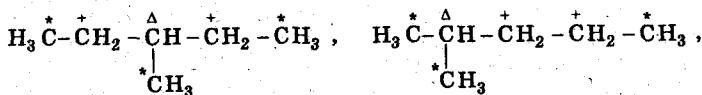
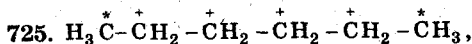
г) один содержит четвертичный:





Каждый атом углерода в органических соединениях всегда образует по четыре ковалентных связи.

724. Формулы: «а», «в» и «г» соответствуют одному и тому же веществу, формулы «б» и «д» — другому веществу.



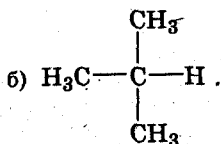
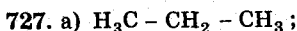
Обозначения: * — первичный атом;

+ — вторичный атом;

Δ — третичный атом;

$\diamond$ — четвертичный атом.

726. 4 изомера.



728. 2 изомера.

57. Номенклатура и синтез алканов

729. Вещества, сходные по строению и химическим свойствам и отличающиеся друг от друга по составу молекул на одну или несколько групп атомов CH_2 , называются гомологами и образуют гомологический ряд.

Члены гомологического ряда алканов имеют общую формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, где n — натуральное число, $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

Молярная масса алкана $M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = (12 + 2) \cdot n + 2 = (14n + 2)$ г/моль.

Алкан будет легче воздуха, если $M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) < \bar{M}(\text{воздух})$, где $\bar{M}(\text{воздух})$ — средняя молярная масса воздуха, ~ 29 г/моль. Для того чтобы найти такие алканы, решим неравенство:

$$14n + 2 < 29,$$

$$n < 27/14 = 1,93.$$

Поскольку n принимает только целые значения, неравенству (1) удовлетворяет только $n = 1$. Таким образом, легче воздуха лишь один алкан — метан CH_4 .

730. Смесь должна иметь среднюю молярную массу $\bar{M} = 29$ г/моль:

$$\bar{M} = x \cdot M(\text{CH}_4) + (1 - x) \cdot M(\text{C}_3\text{H}_8),$$

где x — молярная доля метана в смеси. Тогда

$$29 = x \cdot 16 + (1 - x) \cdot 44,$$

$$x = 0,54.$$

Газы следует смешать в отношении:

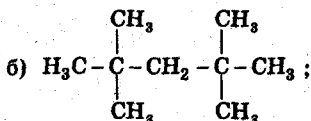
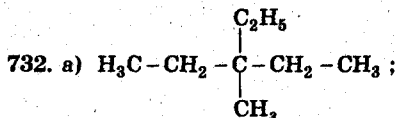
$$V(\text{CH}_4) : V(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,54 : (1 - 0,54) = 1,17 : 1.$$

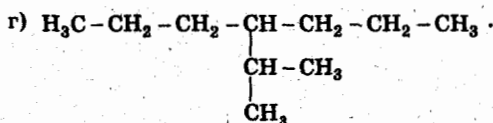
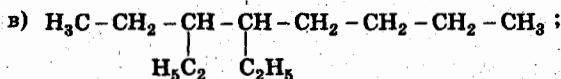
731. а) 2, 4-Диметилгексан;

б) 2, 3, 3-триметилгексан;

в) 2-метилбутан;

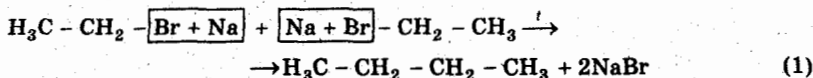
г) 3-метилпентан.



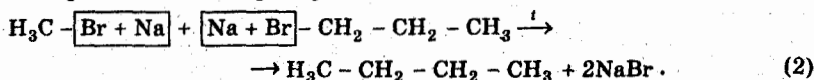


733. Правильно названо соединение «в». Исправленные названия:
а) 2-метилбутан; б) 2,2,4-триметилпентан; г) 3,3,4-триметилгексан.

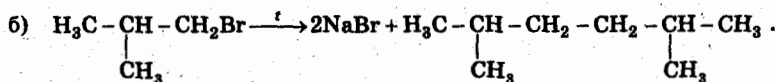
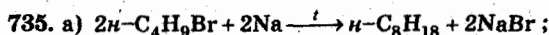
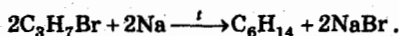
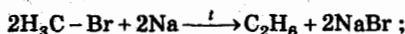
734. *n*-Бутан можно получить из бромэтана:



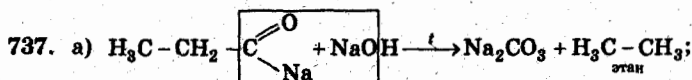
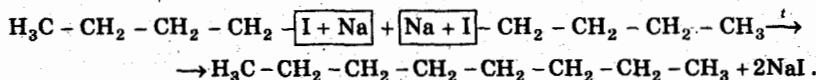
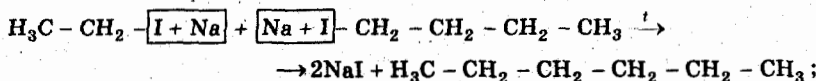
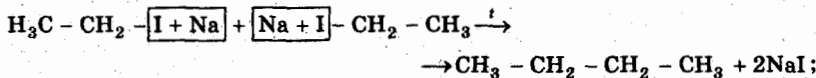
или бромметана и 1-бромпропана:

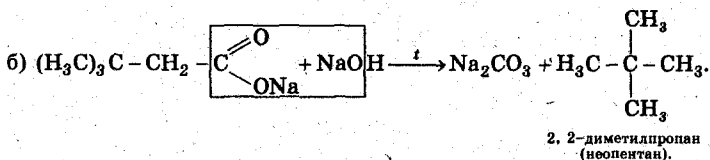


Выход *n*-бутана в реакции (2) значительно ниже, чем в реакции (1) из-за образования побочных продуктов — этана и *n*-гексана:

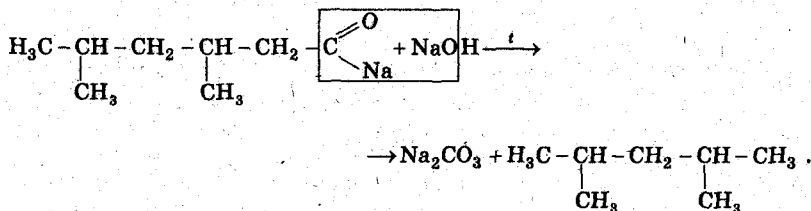


736. Получатся *n*-бутан, *n*-гексан и *n*-октан:

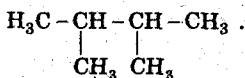
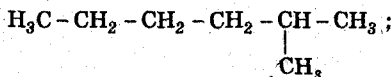
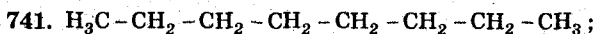
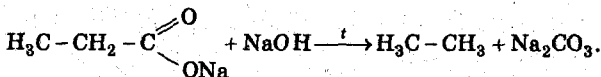
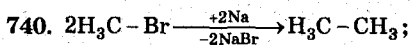




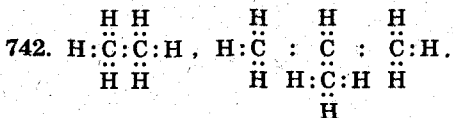
738. Одно из возможных решений:



739. а) Из 1-бромпентана; б) из 2-бромпропана.

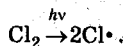


58. Строение и свойства алканов

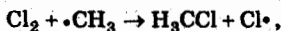
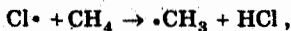


Атомы углерода находятся в состоянии sp^3 -гибридизации.

743. 1. Образование свободных радикалов:

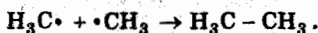


2. Рост цепи:

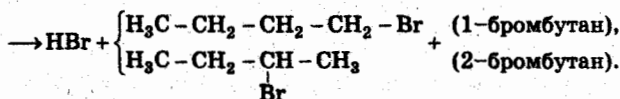
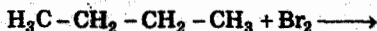


...

3. Обрыв цепи:



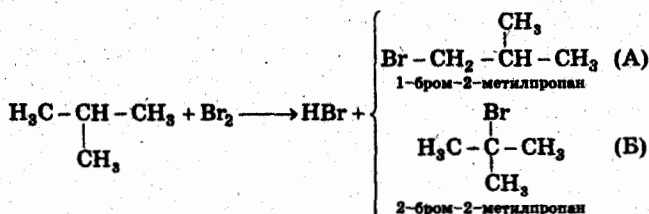
744. При бромировании *n*-бутана получается смесь двух изомеров:



Первичный радикал из *n*-бутана может образоваться при разрыве любой из шести связей С-Н, а вторичный — при разрыве одной из четырех связей С-Н. В то же время, связь С-Н у вторичного атома углерода разрывается примерно в 30 раз легче, чем у первичного. Следовательно, соотношение количеств вещества 2-бромбутана и 1-бромбутана в продуктах реакции определяется соотношением:

$$\frac{\nu(2\text{-бромбутан})}{\nu(1\text{-бромбутан})} = \frac{30 \cdot 4}{1 \cdot 6} = 20.$$

При бромировании 2-метилпропана происходит реакция:



Повторяя рассуждения, изложенные выше для реакции *n*-бутана, получим:

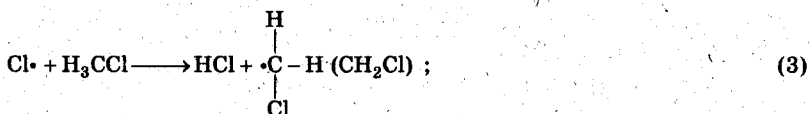
$$\frac{\sqrt{\text{B}}}{\sqrt{\text{A}}} = \frac{1500 \cdot 1}{1 \cdot 9} = 167.$$

745. В начальный период реакции в смеси накапливается хлорметан:

рост цепи



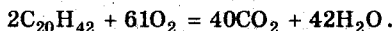
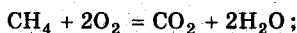
По мере накопления H_3CCl и расходования метана все более вероятной становится встреча атома хлора Cl не с молекулой CH_4 , а с молекулой H_3CCl :



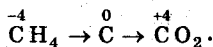
Легко представить, что при избытке Cl_2 в продуктах реакции будут присутствовать и трихлорметан CHCl_3 , и даже тетрахлорметан CCl_4 .

Радикальные реакции не являются строго избирательными (селективными).

746. Запишем уравнения реакций полного окисления метана и одного из твердых парафинов эйкозана $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ до углекислого газа и воды:



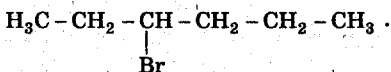
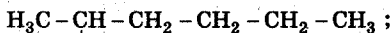
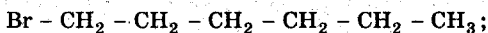
Легко заметить, что на сгорание 1 моль CH_4 требуется 2 моль O_2 , а 1 моль $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ — 30,5 моль O_2 . Следовательно, для полного сгорания эйкозана нужно обеспечить энергичную подачу кислорода. В том случае, когда парафин горит в фарфоровой чашке, за счет выделяющейся теплоты он плавится, но в газообразное состояние не переходит. Следовательно, хорошее перемешивание парафина с воздухом не достигается, кислорода для полного окисления углеводорода не хватит, и образуется копоть — частички углерода как промежуточные продукты окисления в цепочке:



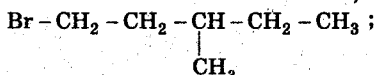
747. Атомы углерода в алканах находятся в состоянии sp^3 -гибридизации. Это означает, что угол между связями C—C составляет $109^\circ 28'$, а углеродная цепь *n*-гексана вследствие этого неизбежно имеет зигзагообразную форму. В случае 2,2-диметилбутана форма молекулы приближается к сферической. Следовательно, при взаимодействии молекулы 2,2-диметилбутана с другими молекулами площадь контакта и, как следствие, энергия взаимодействия меньше, чем для *n*-гексана.

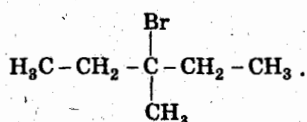
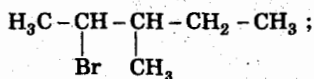
748. У гексана существует 5 структурных изомеров.

n-Гексан образует три монобромпроизводных:

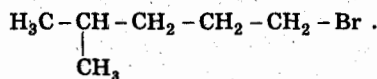
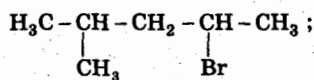
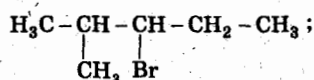
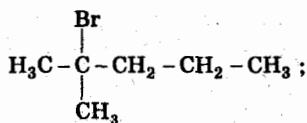
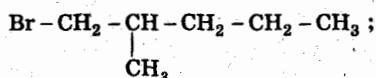


3-Метилпентан — тоже три:

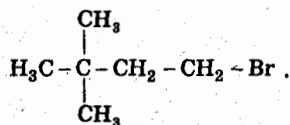
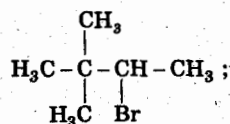
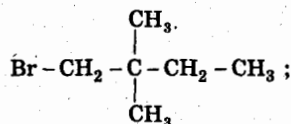




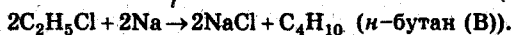
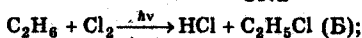
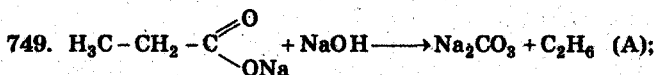
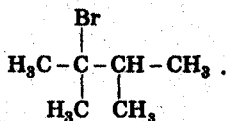
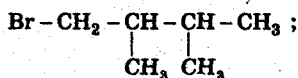
У 2-метилпентана пять монобромпроизводных:



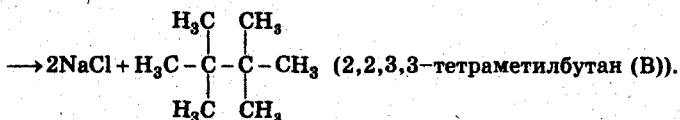
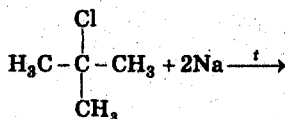
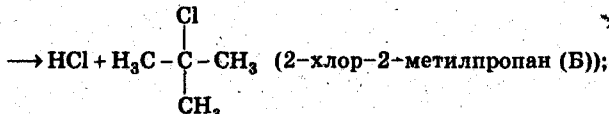
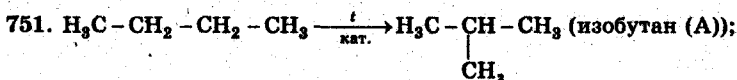
У 2,2-диметилбутана три монобромпроизводных:



Только 2,3-диметилбутан дает два монобромпроизводных:

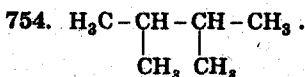


750. 2-метилбутан.



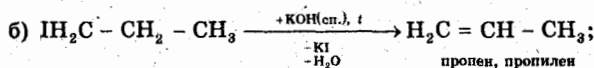
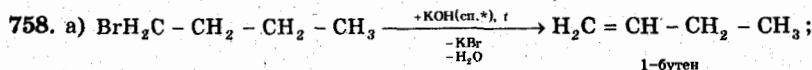
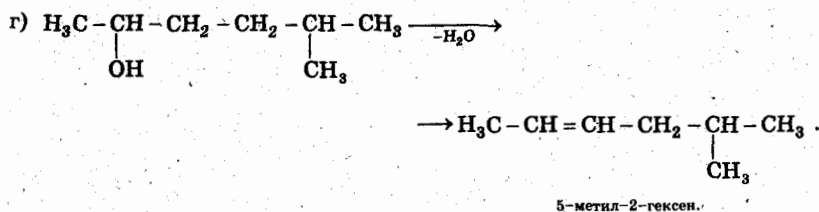
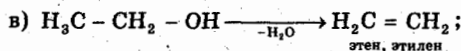
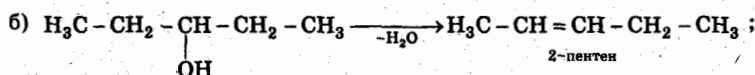
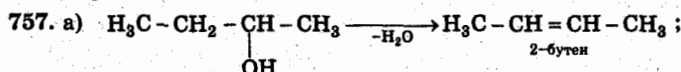
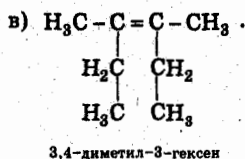
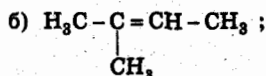
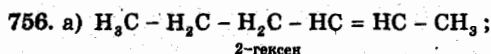
752. Первичных — 2, вторичных — 1, третичных — 1.

753. Смесь моно-, ди-, три- и тетрахлорметанов.

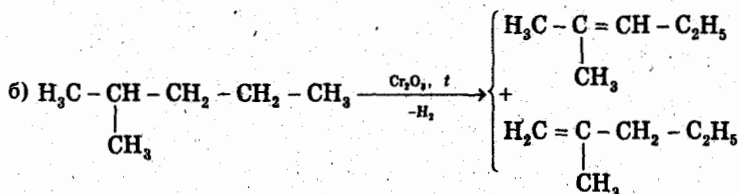
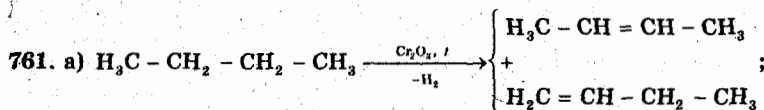
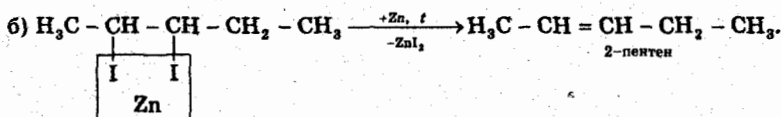
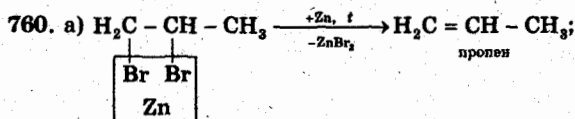
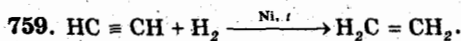
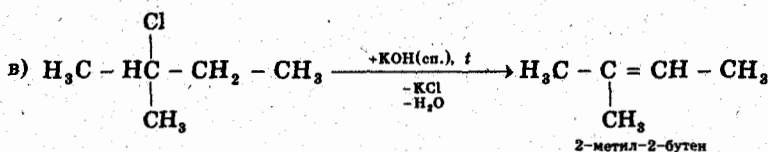


59. Алкены: номенклатура, синтез, цис-транс-изомерия

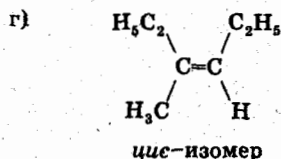
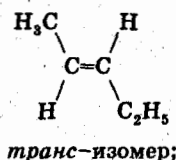
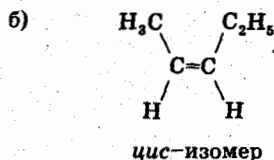
755. а) 1-Бутен; б) 2-метил-1-пентен; в) 2-метил-3-гексен; г) 2,3-диметил-2-бутен.



* Здесь и далее «сп.» означает спиртовой раствор

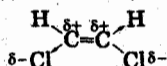


762. Если хотя бы один атом углерода при двойной связи соединен с одинаковыми атомами или группами атомов, *цис-транс*-изомерия невозможна. *Цис*- и *транс*-изомеры существуют у алкенов «б» и «г».



763. Молекула *транс*-изомера 1,2-дихлорэтена $\begin{array}{c} \text{H} \quad \delta^+ \quad \delta^+ \quad \text{Cl}^- \\ \delta^- \text{Cl} \quad \text{C}=\text{C} \quad \text{H} \end{array}$ (стрелка-

ми показано смещение электронной плотности) полностью симметрична. Следовательно, ее дипольный момент равен нулю. В случае *цис*-изомера



векторная сумма диполей, образованных поляризованными

связями углерод—хлор, не равна нулю, молекула имеет дипольный момент.

764. «б» и «г» — *транс*- и *цис*-изомеры соответственно. Формулы «а» и «в» отвечают одному и тому же веществу, не имеющему *цис*- и *транс*-изомеров.

765. Например, из 1-бромпропана, 2-пропанола, пропина.

766. а) 2-Бутен; б) 2-метил-2-бутен.

767. Кратные связи всегда прочнее одинарных. Поэтому длина двойной связи меньше, а энергия больше. σ - и π -связи неравноценны: π -связь менее прочная, легче поляризуется. Для соединений с кратными связями характерны реакции присоединения, в которых π -связи разрываются, а вместо них образуются σ -связи.

60. Химические свойства алкенов

768. $\text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (2,3-диметил-1-гексен);



$\text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (2,3-диметил-2-гексен);



$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (2,3-диметил-3-гексен);

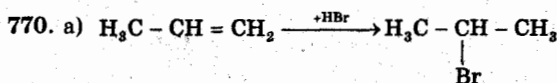
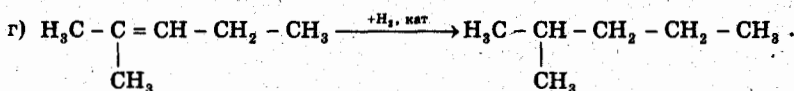
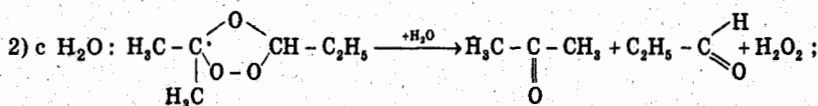
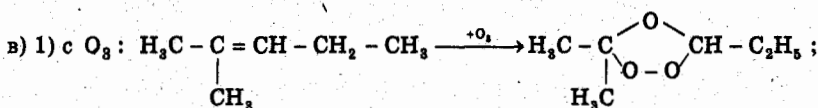
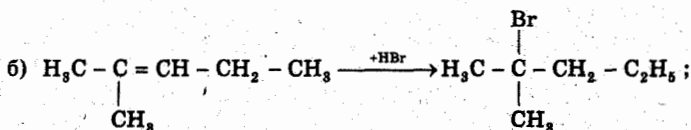
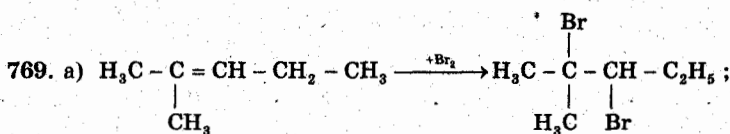


$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ (4,5-диметил-2-гексен);

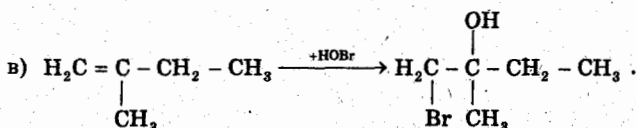
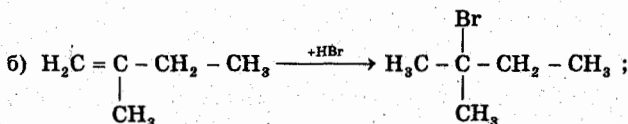
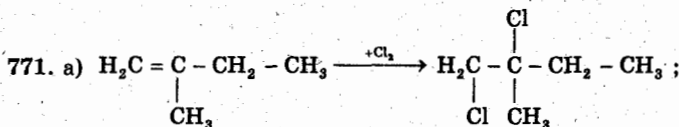
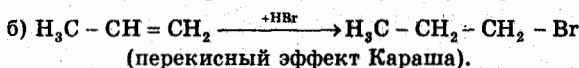


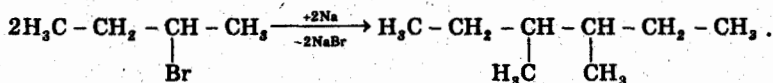
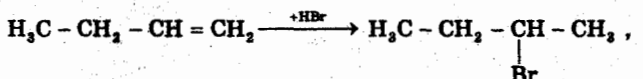
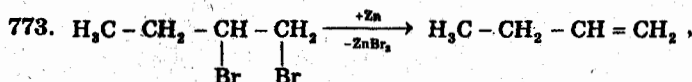
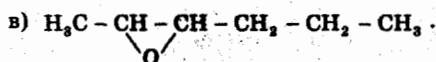
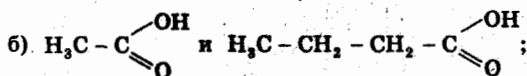
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ (4,5-диметил-1-гексен).



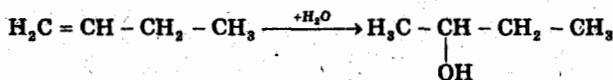


(присоединение происходит по правилу Марковникова);

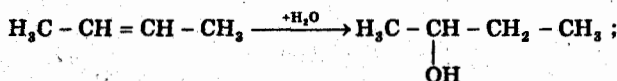




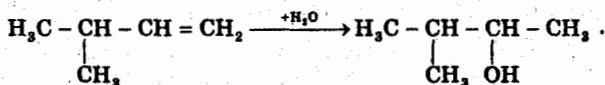
774. а) В реакции гидратации происходит присоединение H_2O по двойной связи в соответствии с правилом Марковникова. Можно провести гидратацию 1-бутена:



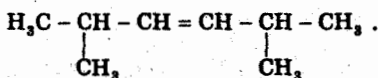
или 2-бутена:



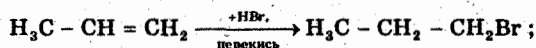
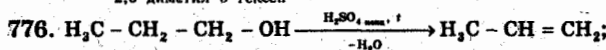
б) гидратация 3-метил-1-бутена:

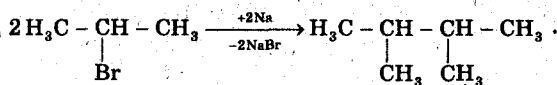
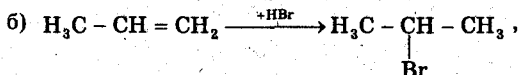
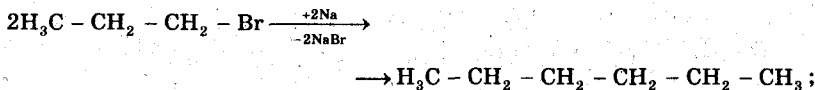
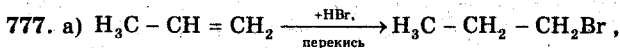
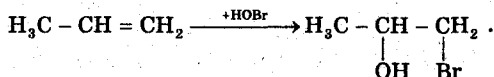
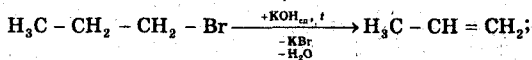


775. При озоноллизе происходит разрушение молекул алкена по месту нахождения двойной связи. Следовательно, исходный алкен имеет формулу:



2,5-диметил-3-гексен





778. 3-Метил-4-этил-2-гептен.

779. 4,5-Диметилотоктан.

780. а) Катализат., t ; б) H_2O , t , H_2SO_4 ; в) HBr , t ; г) KOH (сп. р-р), t ;
д) KMnO_4 (водн. р-р).

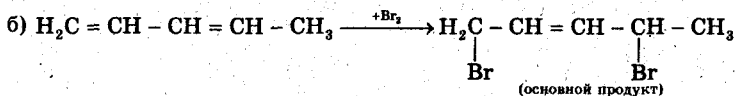
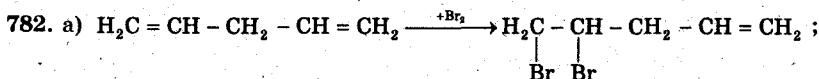
61. Алкадиены

781. $\text{H}_2\text{C} = \text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ (1,2-пентадиен);

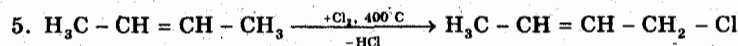
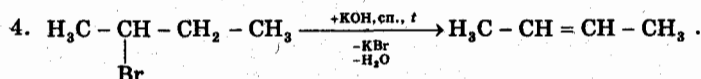
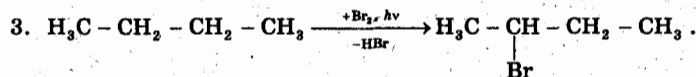
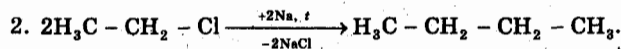
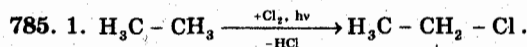
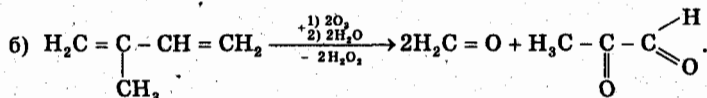
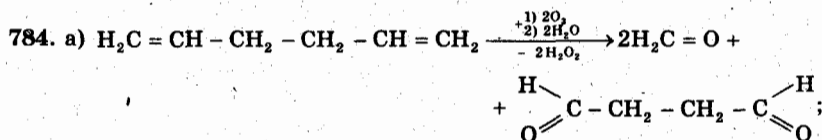
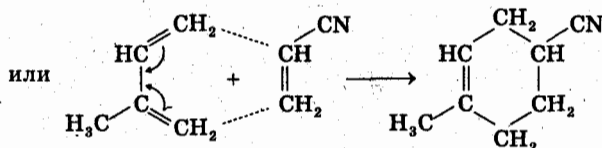
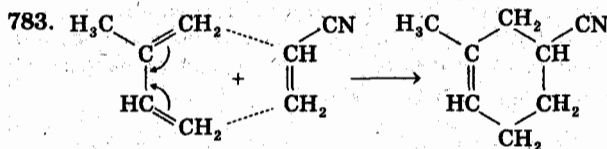
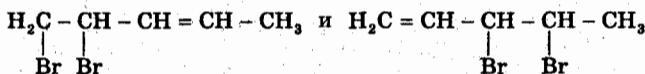
$\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{HC} = \text{CH} - \text{CH}_3$ (1,3-пентадиен);

$\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$ (1,4-пентадиен);

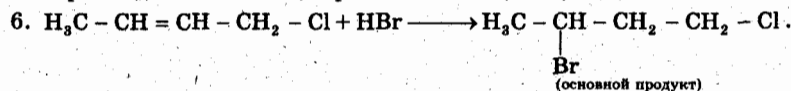
$\text{H}_2\text{C} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$ (2-метил-1,3-бутадиен (изопрен)).



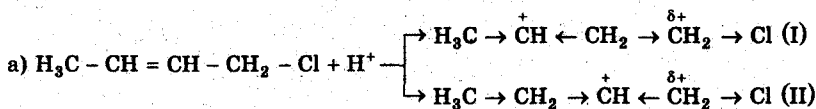
В качестве примесей образуются:



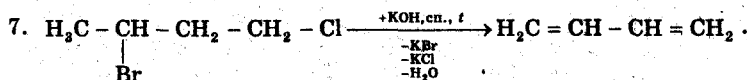
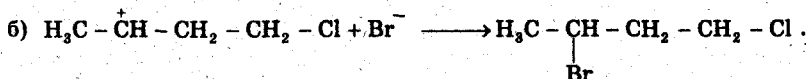
(обратите внимание: при высокой температуре происходит не присоединение хлора по двойной связи, а реакция замещения).



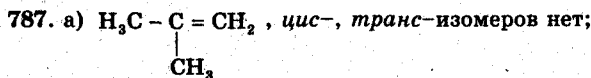
Рассмотрим подробнее механизм этой реакции:



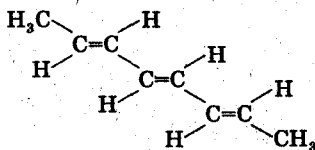
Стрелками показано смещение электронной плотности по σ -связи (индуктивный эффект). Продукт (II) менее устойчив, так как в нем вследствие $-I$ -эффекта атома хлора компенсация положительного заряда на атоме углерода, соседнем с группой $-\text{CH}_2\text{Cl}$, мала.



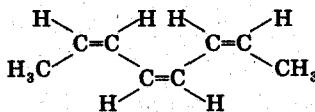
Поскольку при озонлизе образуется $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$, можно сделать вывод, что $\text{R} = \text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{H}$, алкадиен $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$.



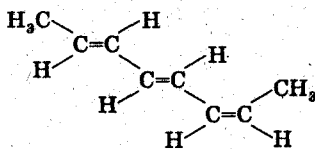
в) 6 изомеров:



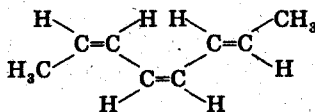
транс, транс, транс



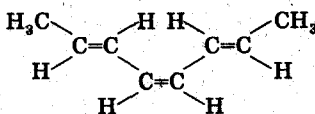
цис, цис, цис



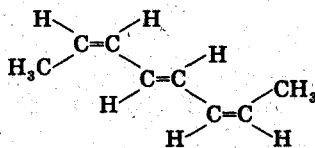
транс, транс, цис



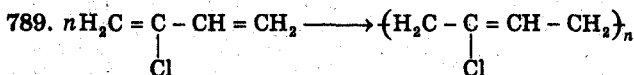
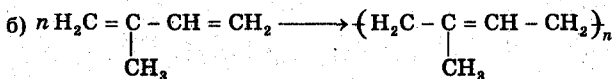
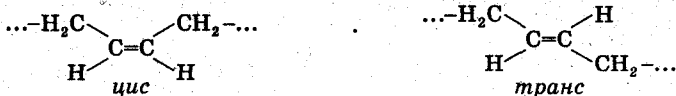
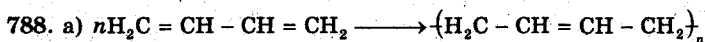
цис, цис, транс



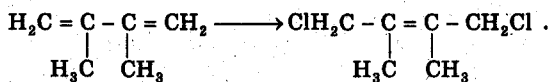
транс, цис, транс



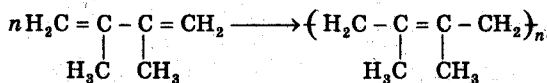
цис, транс, цис.



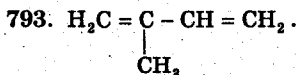
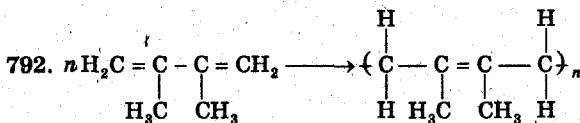
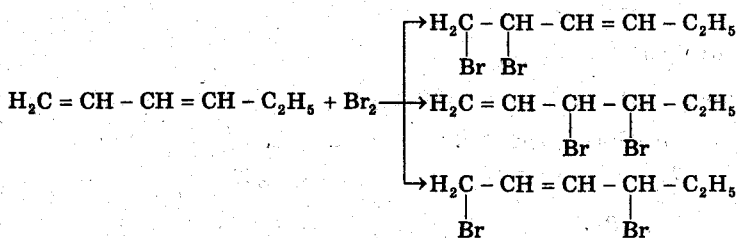
790. $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{Cl}_2$ имеет структурную формулу $\text{ClH}_2\text{C} - \underset{\text{H}_3\text{C}}{\text{C}} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_2\text{Cl}$. Следует полагать, что $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{Cl}_2$ — продукт 1,4-присоединения Cl_2 к C_6H_{10} , имеющего сопряженные двойные связи:



Реакция полимеризации:

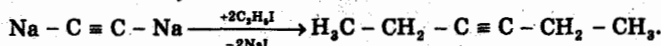
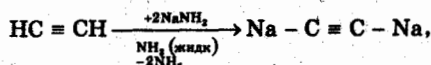
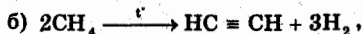
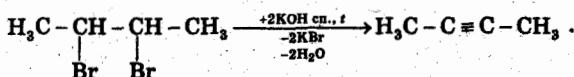
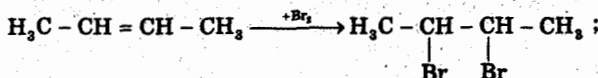
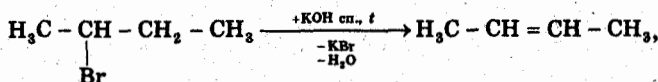
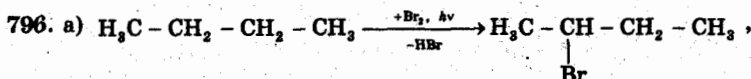
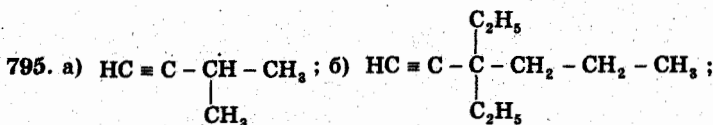


791.



62. Алкины

794. а) 3-Метил-2-пентин; б) 1-бутин; в) 1,3-пентадин; г) 3-метил-1-пентин.



По уравнению Клапейрона — Менделеева $pV = nRT$ рассчитаем количество вещества ацетилена

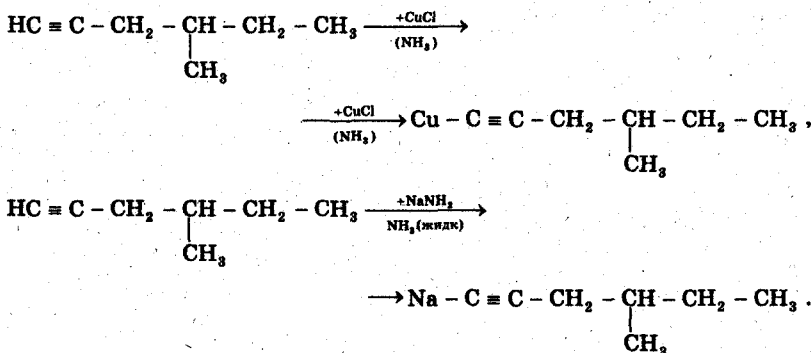
$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1 \text{ м}^3}{8,314 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot 298 \text{ К}} = 40,9 \text{ моль}.$$

Согласно уравнениям (1), (2) на образование 1 моль C_2H_2 при количественном выходе продуктов реакций требуется 1 моль (56 г) CaO , на образование 40,9 моль — 2290,4 г.

Практический расход CaO :

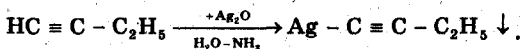
$$m(\text{CaO}) = 2290,4 \text{ г} / 0,8^2 = 3579 \text{ г} \approx 3,6 \text{ кг}.$$

798. С указанными реактивами реагирует только 4-метил-1-гексин, содержащий атом водорода у тройной связи:

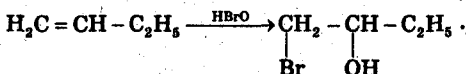


799. Возможное решение:

1. Измерить объем смеси (V_0) при некоторых давлении P_0 и температуре T_0 .
2. Пропустить газовую смесь через водно-аммиачный раствор оксида серебра. Происходит реакция:



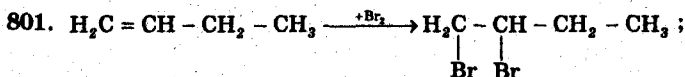
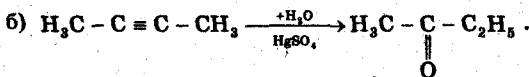
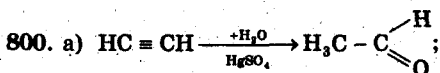
3. Привести полученную смесь к давлению P_0 и температуре T_0 и измерить ее объем V_1 .
4. Пропустить смесь через бромную воду, при этом из газовой фазы удаляется 1-бутен:

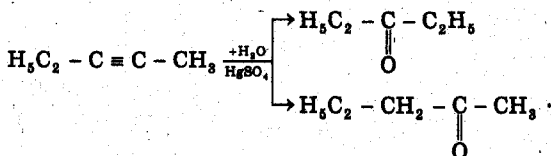
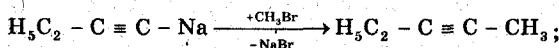
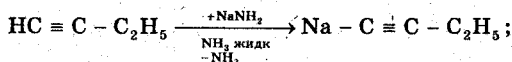
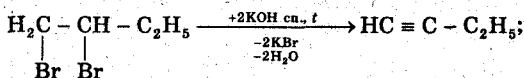


5. Измерить при P_0 , T_0 объем оставшегося *n*-бутана (V_2).
6. Объемные доли компонентов в исходной смеси составляют:

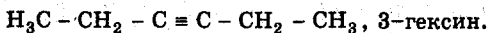
$$\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{V_2}{V_0};$$

$$\varphi(\text{C}_4\text{H}_6) = \frac{(V_0 - V_1)}{V_0}; \quad \varphi(\text{C}_4\text{H}_8) = 1 - \varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) - \varphi(\text{C}_4\text{H}_6).$$

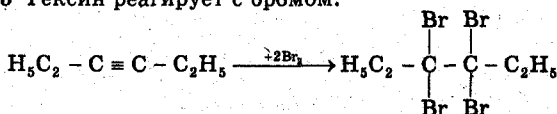




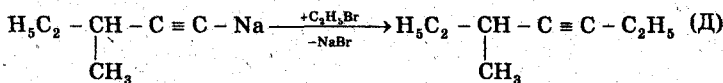
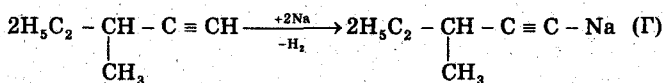
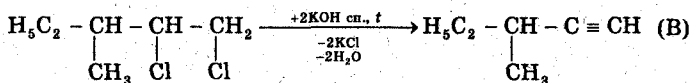
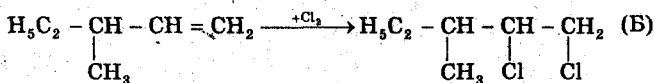
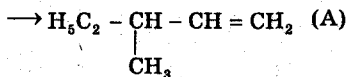
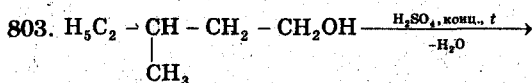
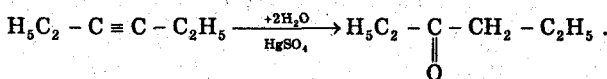
802. Образование только пропионовой кислоты при энергичном окислении C_6H_{10} позволяет приписать ему формулу:

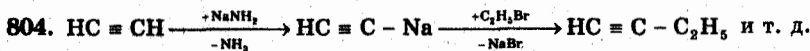
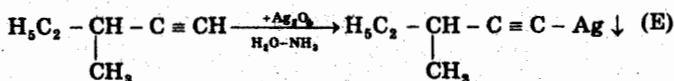


3-Гексин реагирует с бромом:

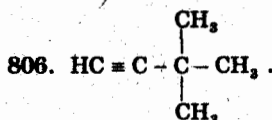


и вступает в реакцию Кучерова:

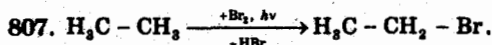




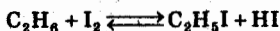
805. Качественная реакция на алкины с атомом водорода у тройной связи — образование нерастворимых металлоорганических производных Cu (I), Ag (I).



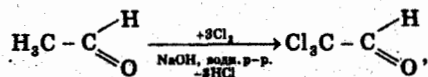
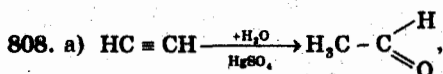
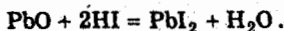
63. Галогенопроизводные предельных углеводородов. Реакции нуклеофильного замещения

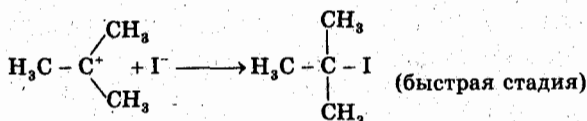
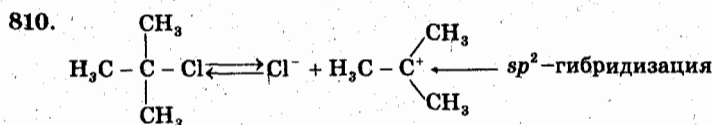
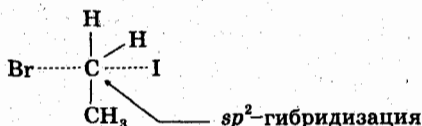
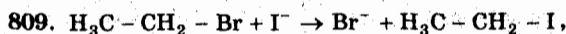
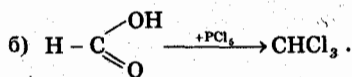
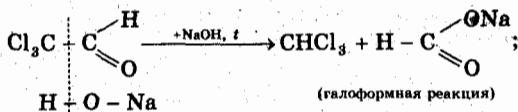


Аналогичным путем можно получить хлорэтан. Со фтором алканы реагируют очень интенсивно, со взрывом. Для того чтобы провести прямое фторирование этана, нужно сильно замедлить реакцию, разбавив фтор большим количеством инертного газа (азота, аргона и т. п.). Равновесие реакции



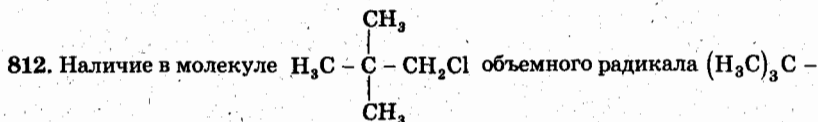
сильно смещено в сторону исходных продуктов. Для того чтобы провести йодирование, нужно удалить один из продуктов из реакционной среды. Для этого в систему можно ввести CaCO_3 , PbO или другие реагенты, взаимодействующие с HI :



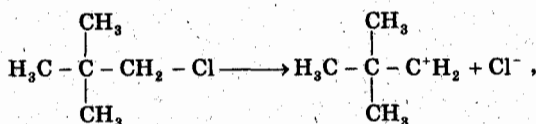


Поскольку реакция происходит через образование карбокатиона $(\text{H}_3\text{C})_3\text{C}^+$, то в полярной среде, способствующей диссоциации веществ на ионы, скорость реакции будет выше.

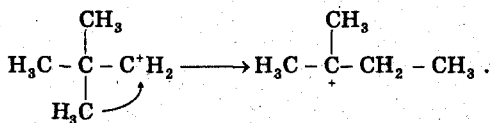
811. Механизм S_N1 .



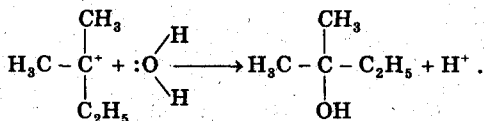
(трет-бутильный радикал) делает невозможным механизм S_N2 . При реакции по механизму S_N1 на первой стадии образуется первичный карбокатион (неустойчивый):



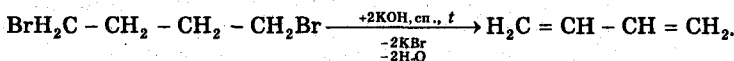
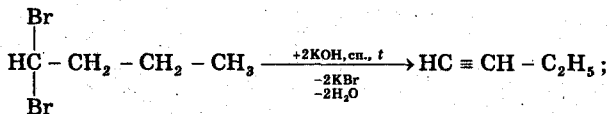
который перегруппировывается в значительно более устойчивый третичный катион:



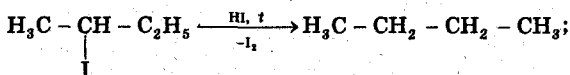
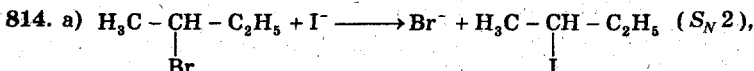
Последний и реагирует с частицей нуклеофила:



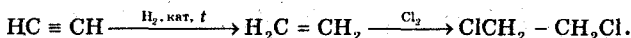
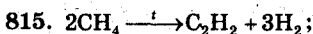
813. Проведем реакции дегидрогалогенирования:



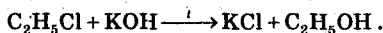
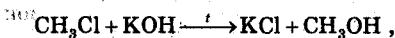
Из 1,1-дибромбутана получается 1-бутин, дающий с водно-аммиачным раствором оксида серебра нерастворимый продукт. В случае 1,3-бутадиена осадок не образуется.



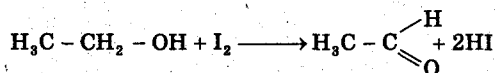
б) синтез Вюрца.



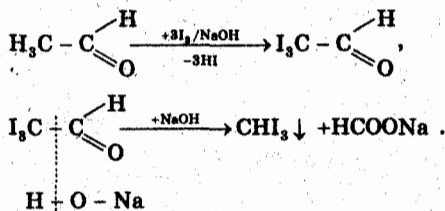
816. Различить CH_3Cl и $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ позволит нагревание хлоралкана с водным раствором щелочи при небольшой добавке I_2 :



I_2 окисляет $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ с дальнейшей йодоформной реакцией:

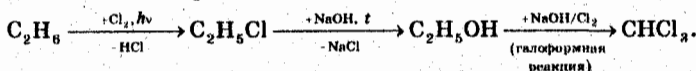


(протеканию реакции способствует щелочная среда)



Йодоформ обладает весьма характерным запахом.

817. Возможное решение:

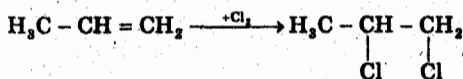


818. а) S_N2 ; б) S_N1 .

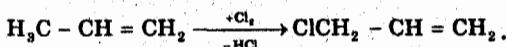
819. а) 2-Метил-2-бутен; б) этен.

64. Ненасыщенные галогенопроизводные

820. При комнатной температуре происходит реакция присоединения:

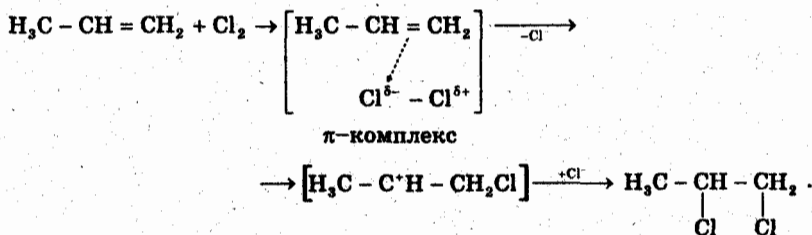


а при высокой — замещения:



Реакции происходят по разным механизмам.

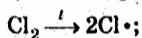
Присоединение:



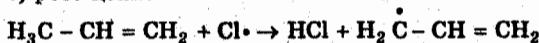
Замещение:

Цепной механизм

а) иницирование (образование свободных радикалов):

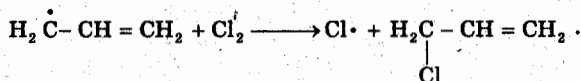


б) рост цепи:

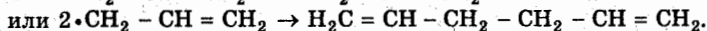
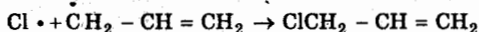
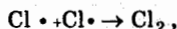


(радикал аллил $\text{H}_2\dot{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2$ стабилизирован за счет сопряжения неспаренного p -электрона и π -электронной пары:

резонансные структуры $\text{H}_2\dot{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\dot{\text{C}}\text{H}_2$,



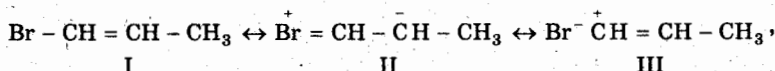
в) обрыв цепи (рекомбинация свободных радикалов):



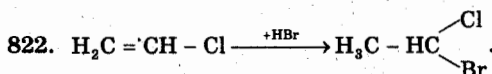
821. Если считать «обычной» реакционную способность CH_3Br , то она меняется в ряду:



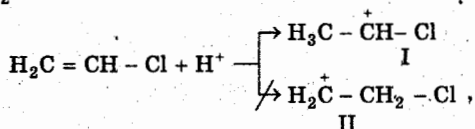
Меньшая реакционная способность $\text{Br}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ объясняется тем, что связь $\text{Br}-\text{C}$ в этом соединении несколько короче, прочнее и менее полярна, чем в бромметане. В $\text{Br}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ в противоположных направлениях действуют два эффекта: - I-эффект (отрицательный индуктивный) атома брома, в результате которого происходит некоторое смещение электронной плотности вдоль σ -связи к атому брома, и эффект сопряжения p -электронов двойной связи с неподеленной парой p -электронов атома брома: $\text{Br}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$. В терминах резонансных структур:



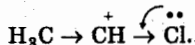
где вклад структуры I в резонанс намного превышает вклады структур II и III.

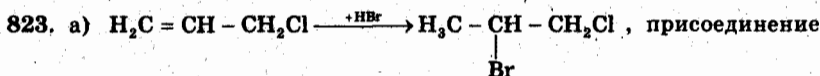


Казалось бы, что вследствие -I-эффекта атома хлора $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{Cl}$ присоединение должно происходить против правила Марковникова. Однако из двух карбокатионов, возможных при присоединении к $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{Cl}$:

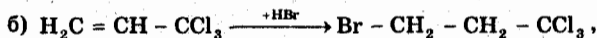


карбокатион I устойчивее, т. к. стабилизирован p -, π -сопряжением и +I-эффектом группы $\text{H}_3\text{C}-$:

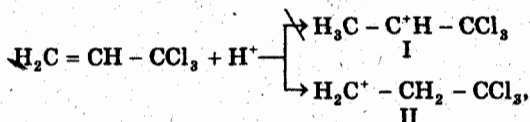




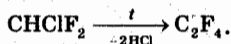
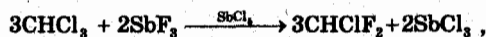
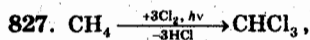
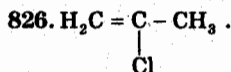
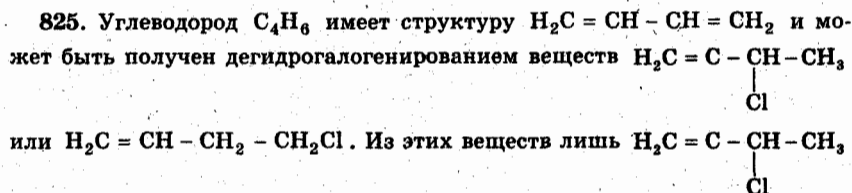
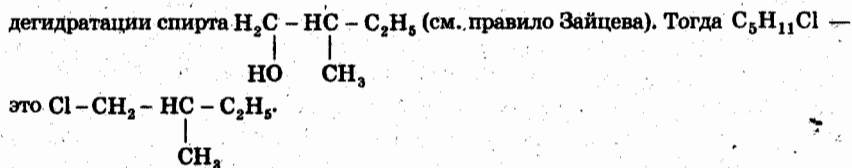
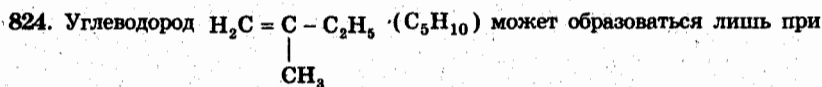
происходит в соответствии с правилом Марковникова;



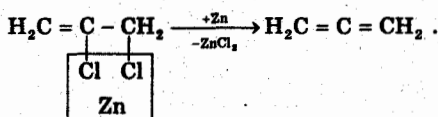
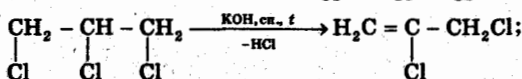
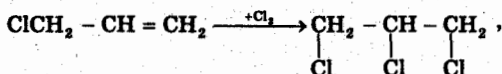
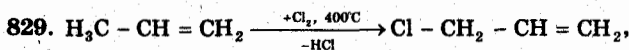
присоединение происходит против правила Марковникова. На первой стадии возможно образование двух карбокатионов:



из которых продукт I дестабилизирован из-за очень сильного -I-эффекта группы CCl_3 :

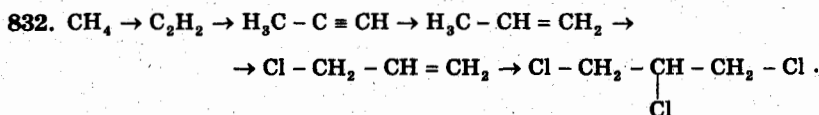


828. При добавлении к спиртовым растворам I и II нитрата серебра только в случае вещества II практически мгновенно выпадает осадок AgCl .



830. а) реакция Вюрца; б) гидролиз.

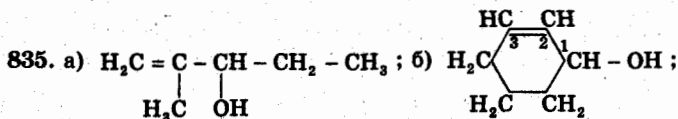
831. Реакционная способность убывает в ряду: «б» > «в» > «а».



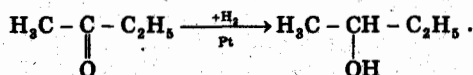
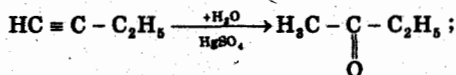
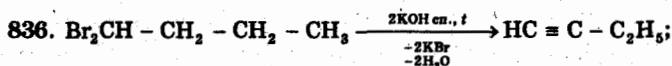
65. Номенклатура и синтез спиртов

833. а) 3-Метил-2-бутанол; б) 1,2,3-пропантриол (глицерин); в) 2-метил-2-пропанол; г) 2-бутанол; д) 2,3-бутандиол; е) 3-пентанол; ж) 2-метил-1-пропанол (изобутанол, изобутиловый спирт).

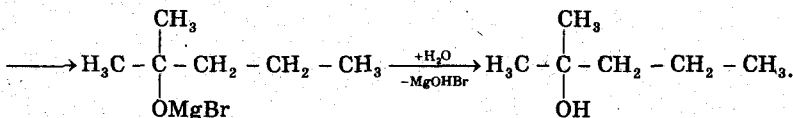
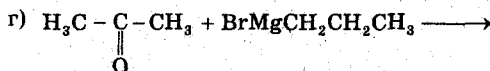
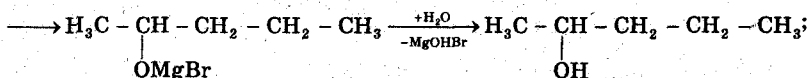
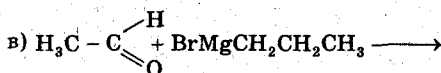
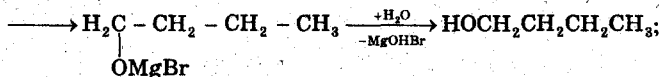
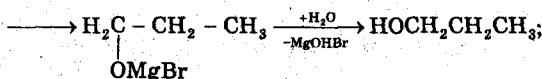
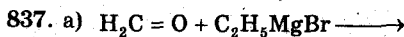
834. Одноатомные спирты: первичный — «ж»; вторичные — «а», «г», «е»; третичный — «в»; двухатомный: «д»; трехатомный: «б».



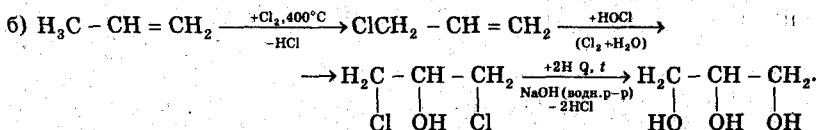
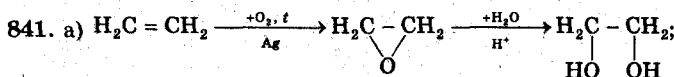
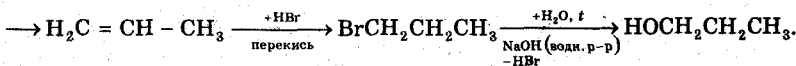
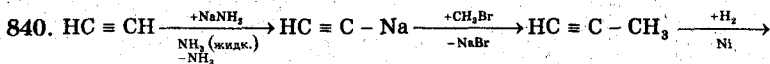
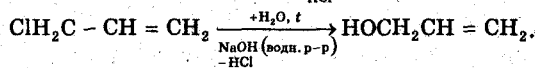
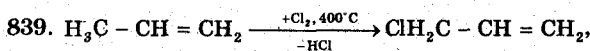
в) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2\text{OH}$ (аллиловый спирт).

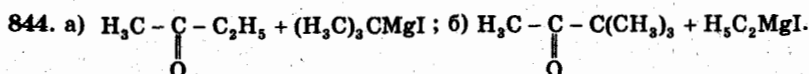
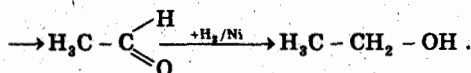
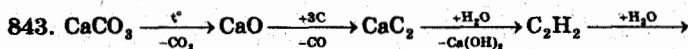
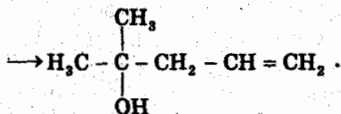
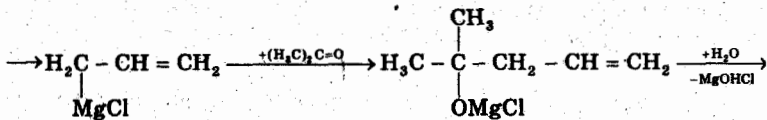
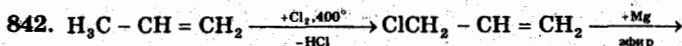


836
10)

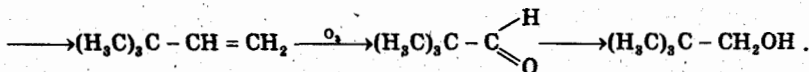
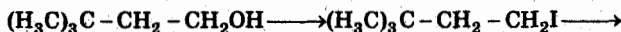


838. а) 2-Метил-2-бутен или 2-метил-1-бутен; б) 3,4,4-триметил-2-пентен; в) 3,4-диметил-2-гексен.



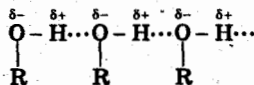


845. Возможное решение:



66. Свойства спиртов

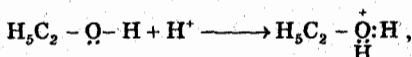
846. Различия в температурах кипения связаны с наличием в молекулах спиртов гидроксильных групп. Вещества, в состав которых входит гидроксильная группа, обладают высокой склонностью к ассоциации за счет образования *водородных связей* — взаимодействия положительно поляризованного атома водорода одной гидроксильной группы с несущим частичный отрицательный заряд атомом кислорода другой гидроксильной группы. В результате возникает цепочка (или сетка, если в молекуле вещества несколько гидроксильных групп) водородных связей:



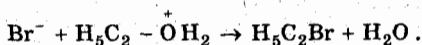
Повышение температур кипения веществ по мере роста числа гидроксильных групп, входящих в их молекулы, вызвано необходимостью разрыва все большего числа водородных связей, образуемых каждой молекулой, при ее переходе в газовую фазу.

847. В силу того, что атомы галогенов (кроме фтора) имеют размеры, сильно отличающиеся от размера атома углерода, связи $C-Hal$ ($Hal = Cl, Br, I$) довольно легко поляризуются, атом углерода делается доступным для атаки нуклеофильным реагентом. Атомы углерода и кислорода имеют близкие размеры, связь $C-O$ трудно поляризуется.

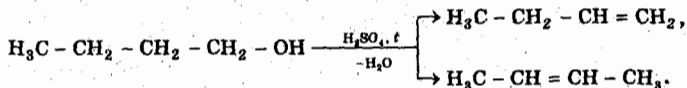
Спирты вступают в реакции замещения в присутствии катализаторов — ионов H^+ . На первой стадии происходит протонирование гидроксильной группы:



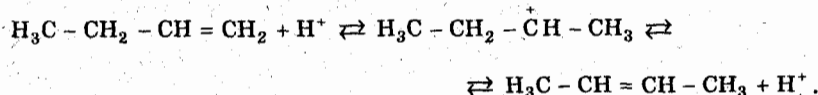
при этом вместо группы $-OH$ возникает легко уходящая группировка:



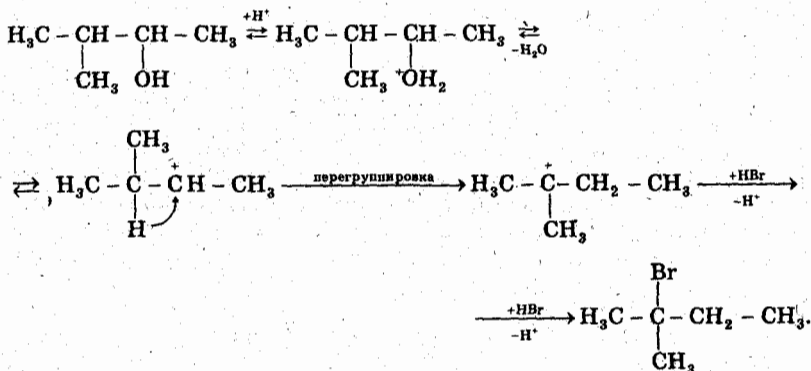
848. При дегидратации 1-бутанола образуется смесь 1-бутена и 2-бутена:

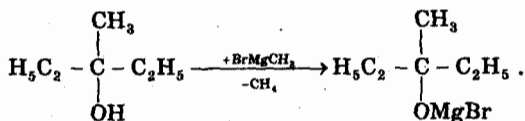
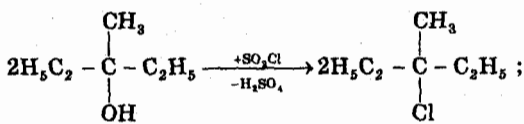
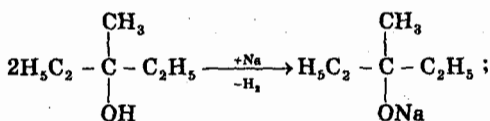
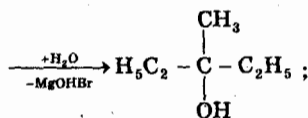
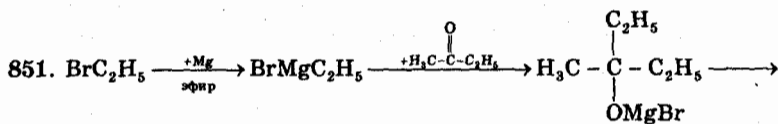
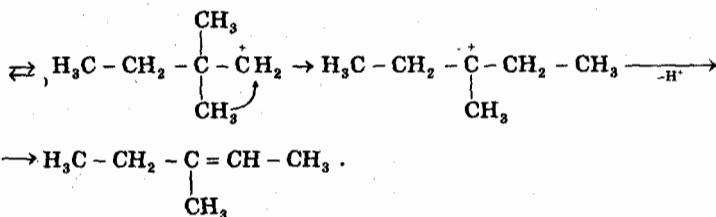
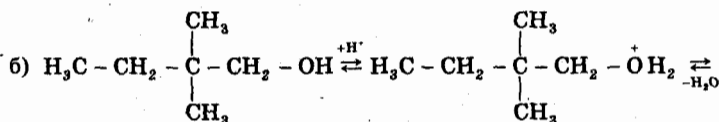
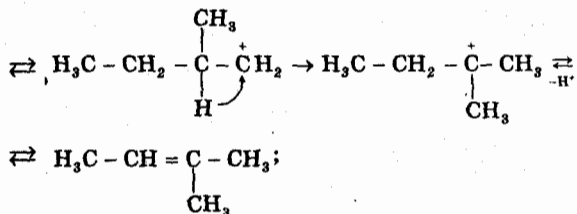
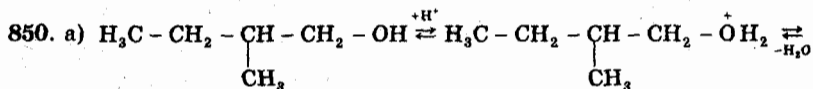


2-Бутен образуется вследствие того, что в системе устанавливается динамическое равновесие:

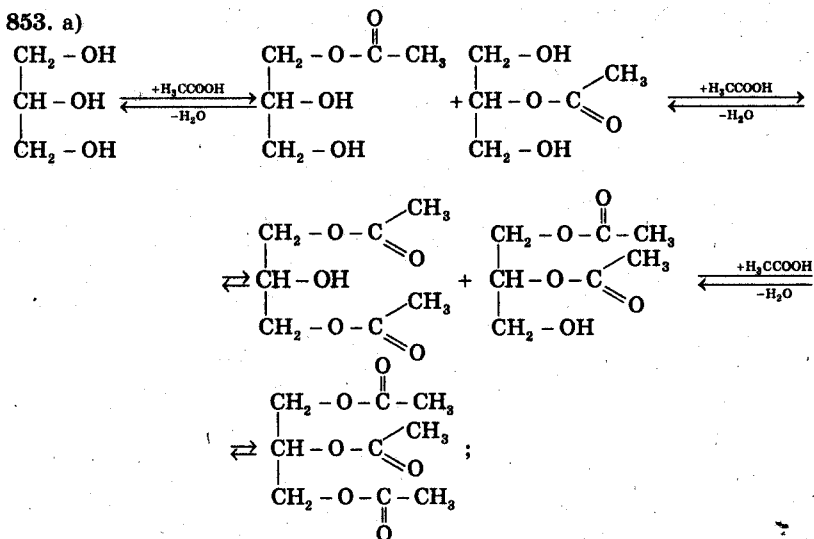


849. Реакция замещения происходит по механизму S_N1 :

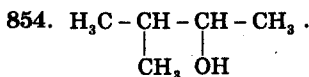
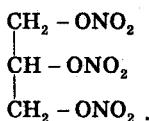




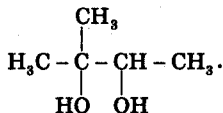
852. Установить, какой спирт находится в пробирке, позволяет проба Лукаса. В пробирку добавляют раствор ZnCl_2 в концентрированной хлороводородной кислоте. В результате реакции образуется нерастворимый алкилхлорид. В случае третичного спирта наблюдается мгновенное помутнение, вторичного — в течение нескольких минут, тогда как первичный спирт образует алкилхлорид только при нагревании.

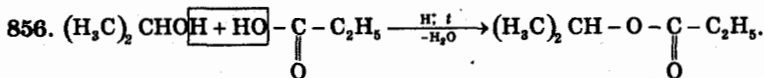


б) с азотной кислотой глицерин также реагирует с образованием промежуточных продуктов, в конечном итоге давая тринитроглицерин

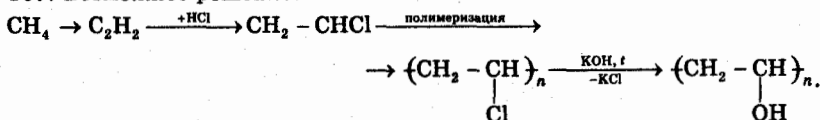


855. Исходя из указаний на то, что $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2$ реагирует с натрием и уксусной кислотой, речь идет о спирте. Поскольку при его взаимодействии с PCl_5 получается дихлоралкан, $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2$ — двухатомный спирт. Образование ацетона и уксусной кислоты при его окислении позволяет установить структурную формулу:



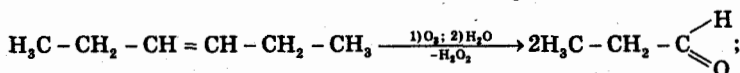
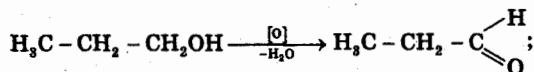
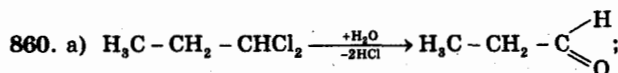
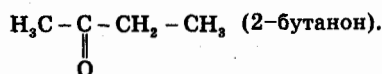
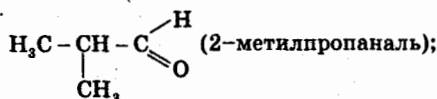
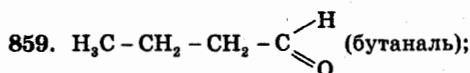


857. Возможное решение:

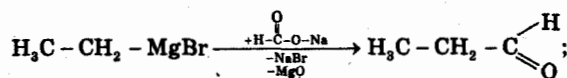
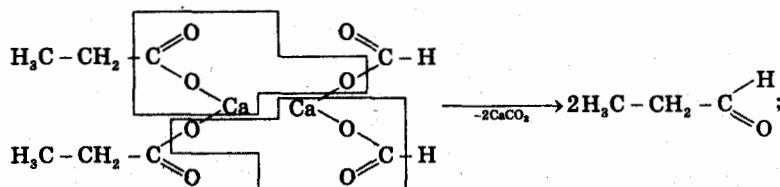


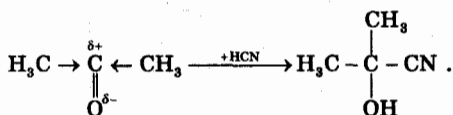
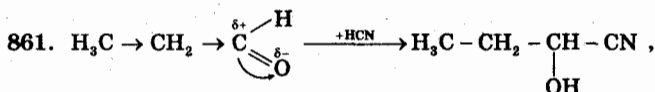
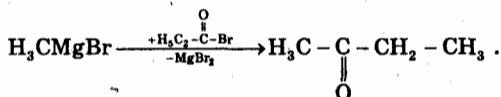
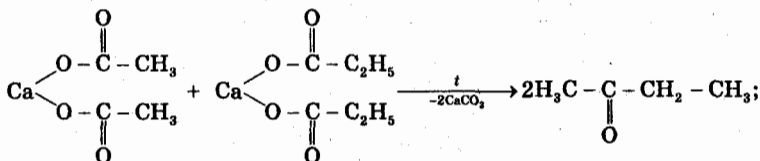
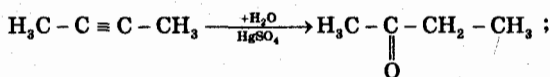
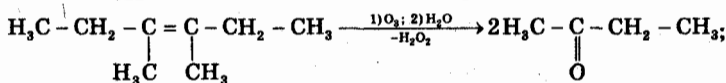
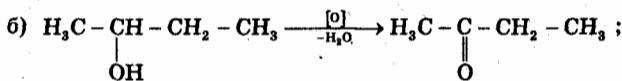
858. 2-Бутанол.

67. Альдегиды и кетоны



Пиролиз смеси кальциевых солей карбоновых кислот:

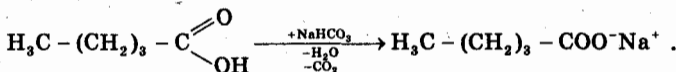




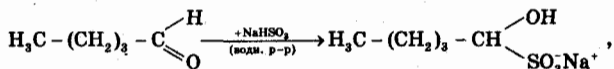
Пропаналь реагирует легче, т. к. в случае альдегидов частичный положительный заряд ($\delta +$) на атоме углерода карбонильной группы в некоторой степени компенсируется за счет +I-эффекта одного алкильного радикала, а в случае кетонов — за счет +I-эффектов двух радикалов, тогда как реакция нуклеофильного присоединения происходит тем легче, чем выше $\delta +$.

862. Указанные вещества не растворяются в воде.

При промывании их смеси водным раствором NaHCO_3 с NaHCO_3 реагирует кислота, превращаясь в растворимую соль:

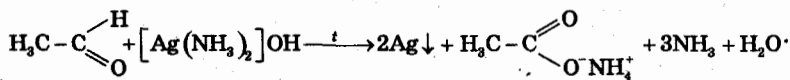


Обработка полученного водного раствора сильной кислотой вновь приведет к образованию нерастворимой пентановой кислоты. На оставшуюся смесь спирта с альдегидом следует подействовать водным раствором NaHSO_3 , с которым альдегид дает нерастворимое бисульфитное производное:

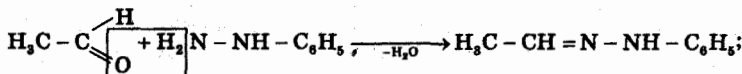


из которого исходный пентаналь образуется при действии сильной кислоты.

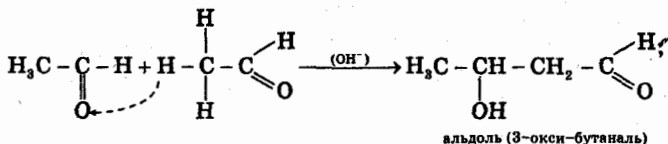
863. Можно использовать реакцию «серебряного зеркала», специфическую для альдегидов:



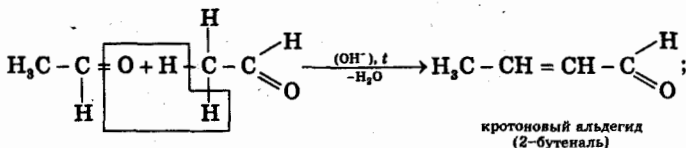
864. а) Все альдегиды, например:



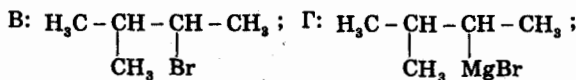
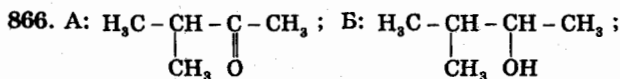
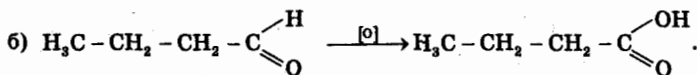
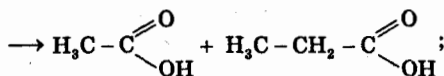
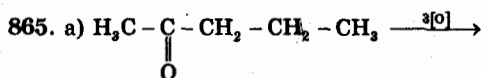
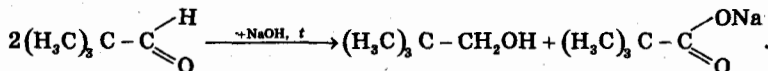
б) этаналь, пропаналь, например:

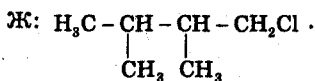
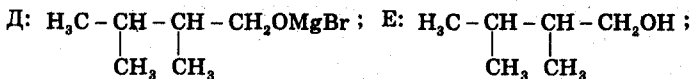


в) этаналь, пропаналь, например:



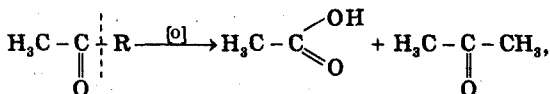
г) 2,2-диметилпропаналь:



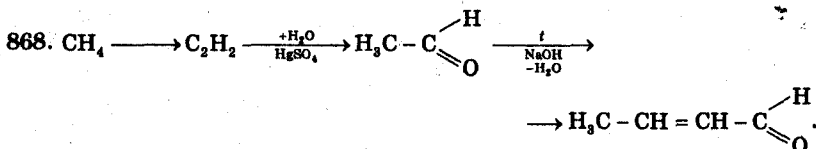
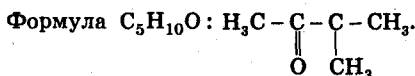


867. По реакции с фенилгидразином можно заключить, что $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ — альдегид или кетон. Поскольку $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ дает йодоформную реакцию, формула $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O} = \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{R}$, где R — алкильный радикал. Установить

структуру радикала позволяет реакция окисления:

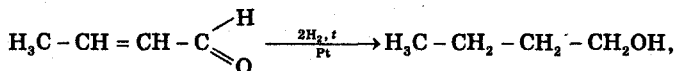


откуда R: $-\text{CH}-\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$.

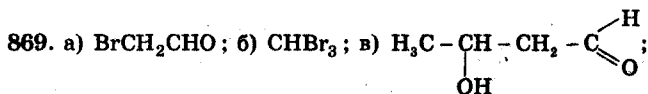
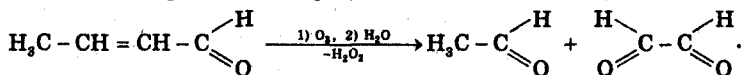


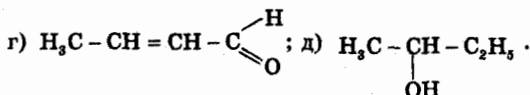
Наличие в кротоновом альдегиде ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$) кратной связи доказывает обесцвечивание бромной воды, альдегидной группы — реакция «серебряного зеркала».

При гидрировании на платиновом катализаторе образуется спирт:

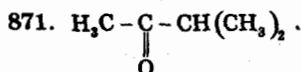
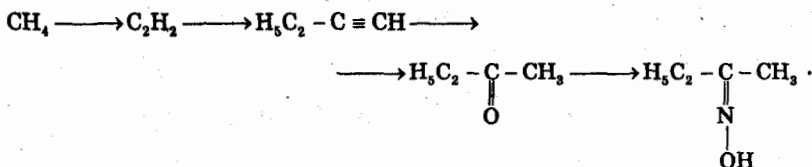


который под действием HI в кислой среде дает 1-йодбутан. Восстановление последнего HI приводит к *n*-бутану (тем самым доказано нормальное строение углеродного скелета в исходном $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$). Наконец, положение двойной связи определяем по результатам озонлиза:



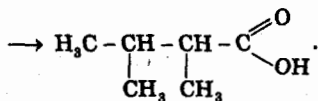
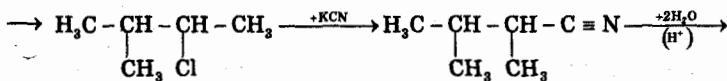
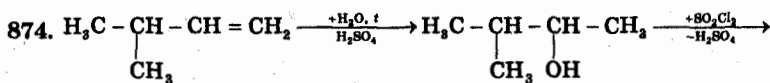
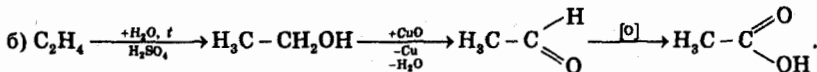
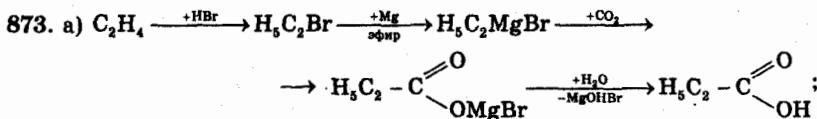


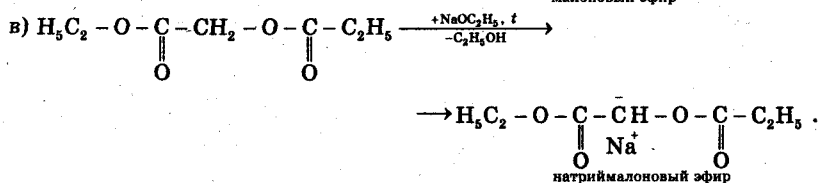
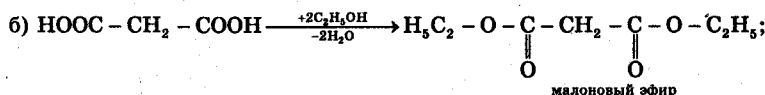
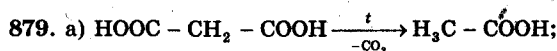
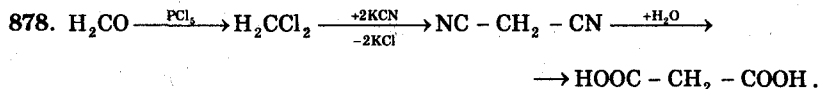
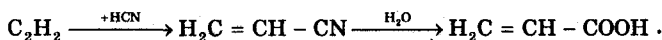
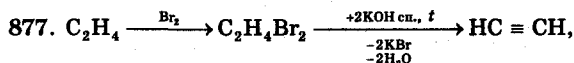
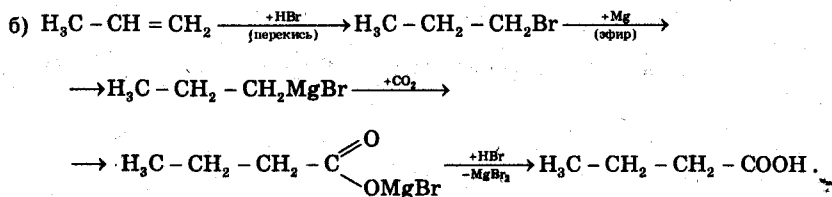
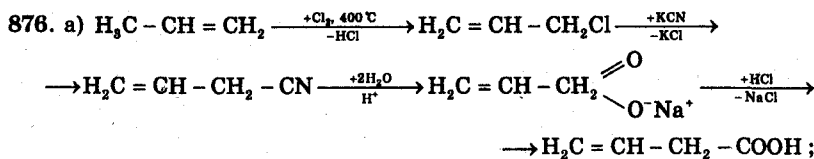
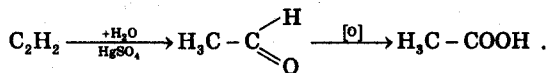
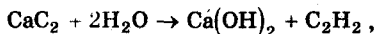
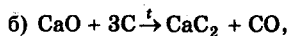
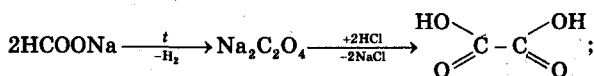
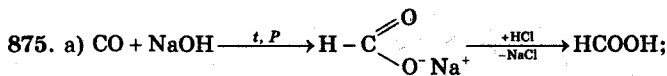
870. Возможное решение:

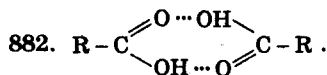
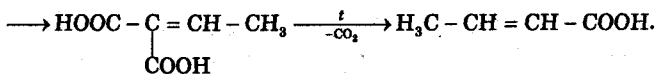
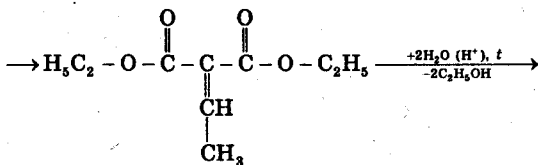
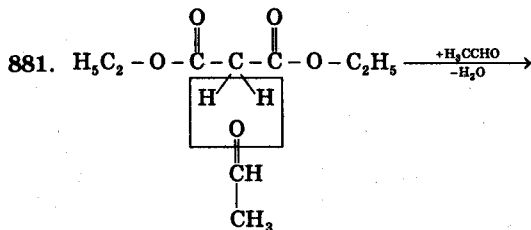
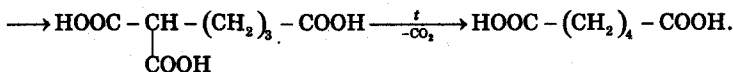
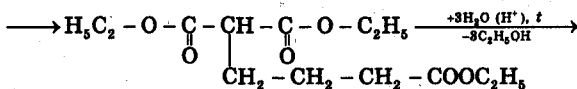
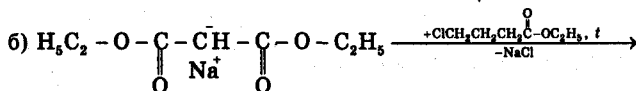
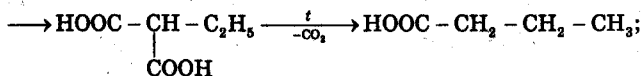
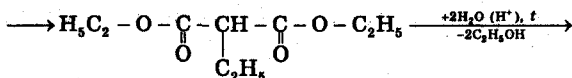
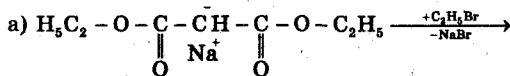
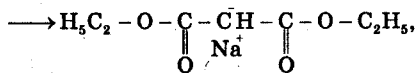
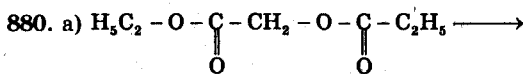


68. Номенклатура и синтез карбоновых кислот

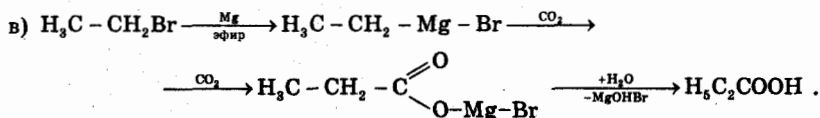
872. а) 2-метилбутандиовая; б) 2-гексен-4-индиовая; в) 2-хлорбутандиовая; г) 2-метилбутановая кислоты.



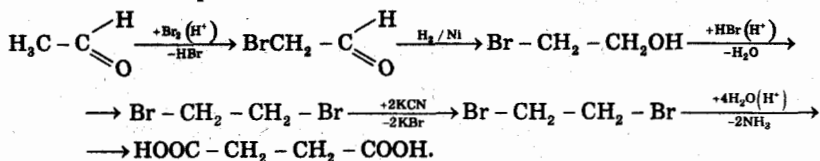




883. а) Гидролиз C_2H_5CN ; б) гидролиз $H_3C-CH_2-CHCl_3$;



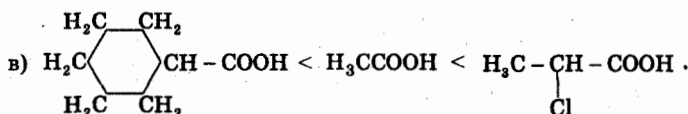
884. Возможное решение:



69. Свойства карбоновых кислот. Производные карбоновых кислот

885. а) $H_3CCOOH < HCOOH < HOOC-COOH$;

б) $ClH_2CCOOH < Cl_2HCCOOH < Cl_3CCOOH$;



886. Соли: $H-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O^-NH_4^+$, $H_3C-\underset{\substack{| \\ Cl}}{CH}-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O^-Na^+$, $H_3C-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O^-Na^+$;

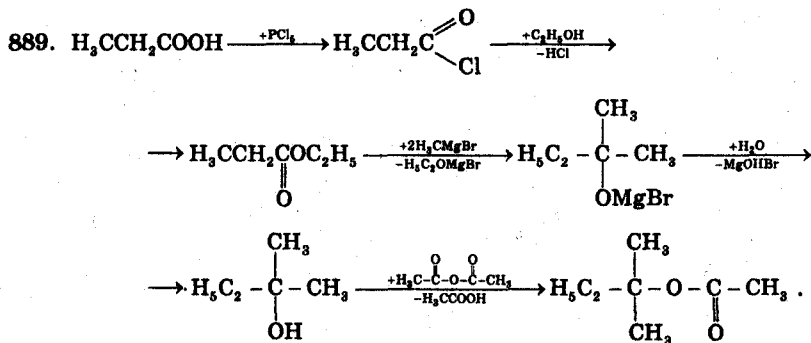
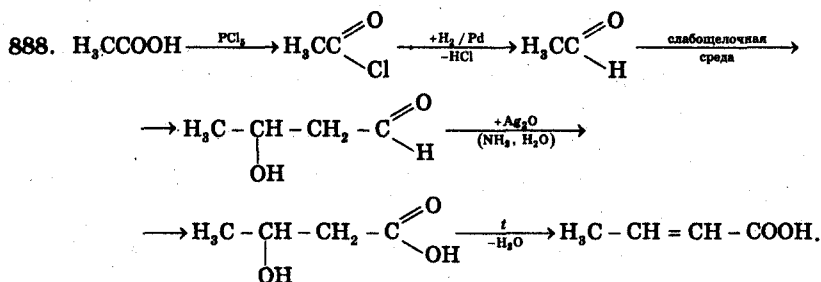
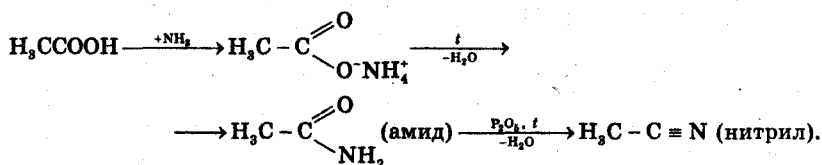
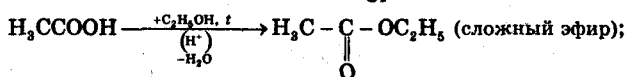
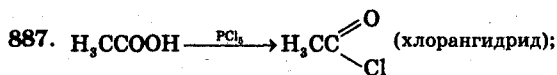
сложные эфиры: $H_3C-CH_2-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OC_2H_5$, $H-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OCH_3$;

ангидриды: $H_3C-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-CH_3$,

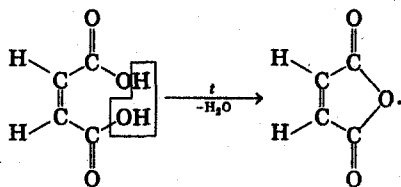
$Cl-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-CH_2-CH_2-Cl$;

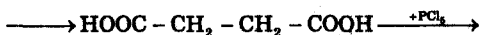
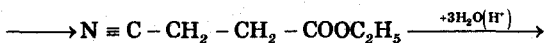
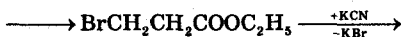
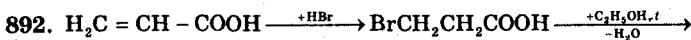
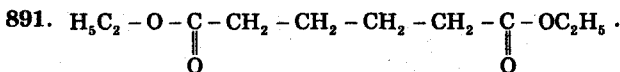
хлорангидрид: $H_3C-CH_2-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-Cl$;

амид: $H-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-N \begin{array}{l} \nearrow CH_3 \\ \searrow CH_3 \end{array}$.

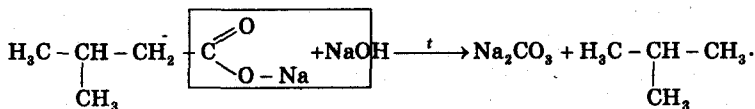
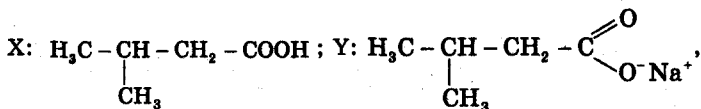


890. а) Реакцию «серебряного зеркала» дает только муравьиная кислота; б) бромную воду обесцвечивает только акриловая кислота; в) при нагревании только *цис*-изомер (малеиновая кислота) дает ангидрид:

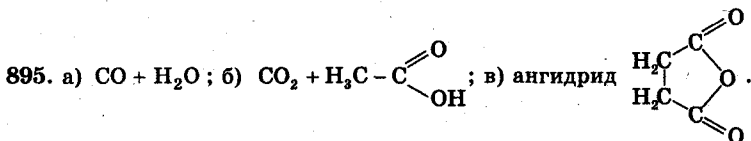
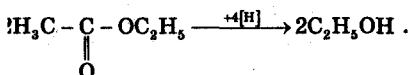
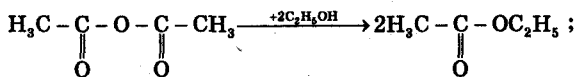
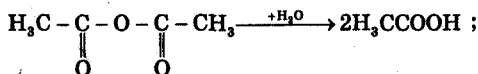


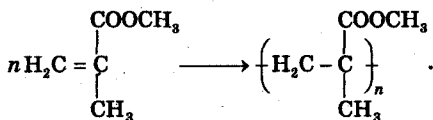
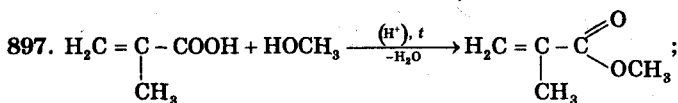
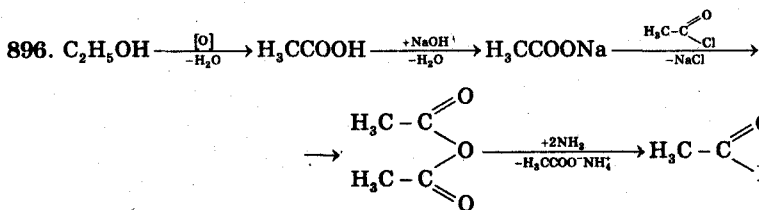


893. Из условия задачи следует, что X — одноосновная карбоновая кислота. При прокаливании натриевых солей карбоновых кислот со щелочами происходит укорочение углеродной цепи на один атом. Следовательно,

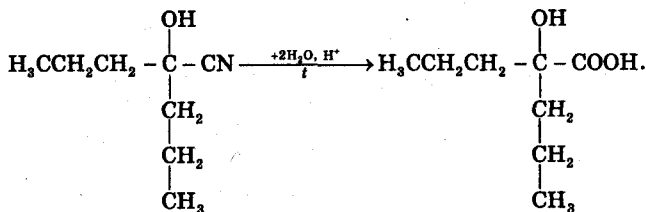
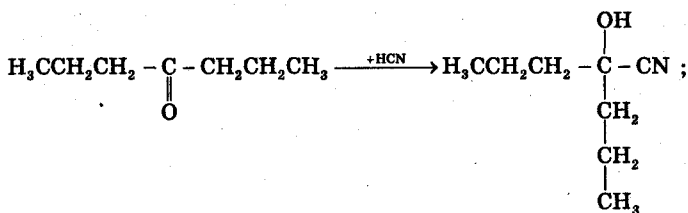
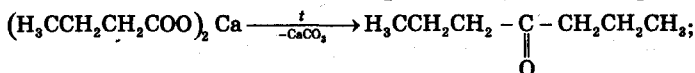
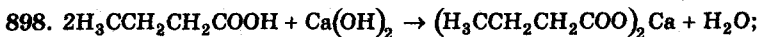


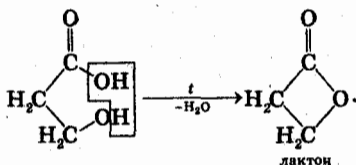
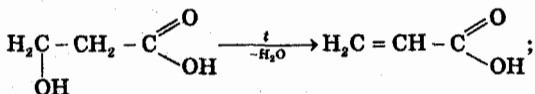
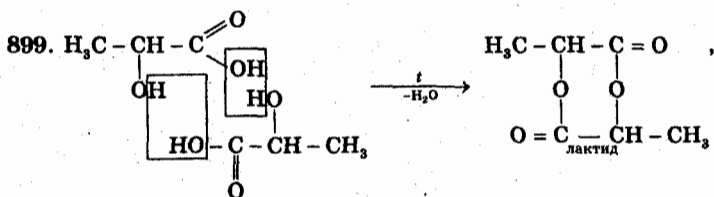
894. Структурная формула $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$: $\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}} - \text{O} - \underset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}} - \text{CH}_3$;



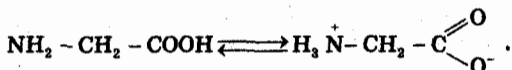


70. Оксикислоты. Аминокислоты

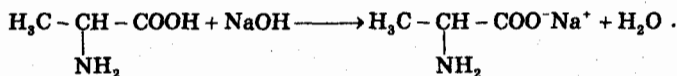
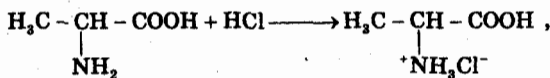
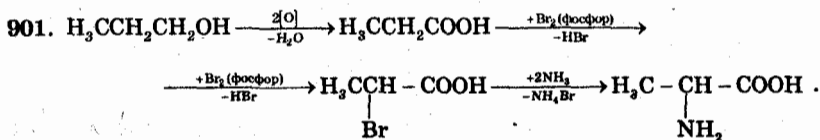




900. Молекулы аминокислот содержат одновременно и основные (амино), и кислотные (карбоксильные) группы. Аминогруппы склонны присоединять ион водорода, а карбоксильные — отщеплять его, например:



Таким образом, молекула аминокислоты превращается в биполярный ион; аминокислоты образуют внутренние соли. Подобно другим ионным соединениям, в твердом состоянии аминокислоты существуют как ионные кристаллы.



902. Пусть в смеси находится n_1 моль аминокусусной кислоты (молярная масса M_1 г/моль) и n_2 моль α -аминопропиновой кислоты (молярная масса M_2 г/моль). Тогда масса смеси m , г, составляет:

$$n_1 \cdot M_1 + n_2 \cdot M_2 = m . \quad (1)$$

При титровании водного раствора смеси кислот раствором щелочи происходит реакция:



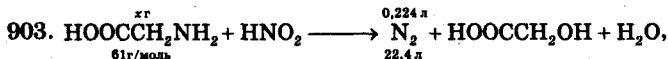
где R = H-, H₃C-.

В точке эквивалентности вследствие гидролиза анионов аминокислот среда раствора слабощелочная (pH > 7). Поэтому для индикации точки эквивалентности можно использовать фенолфталеин. Зная концентрацию (с, г/моль) и объем (V, мл) раствора щелочи, израсходованного на титрование, найдем количество вещества щелочи $n = c \cdot V / 1000$, моль.

Тогда

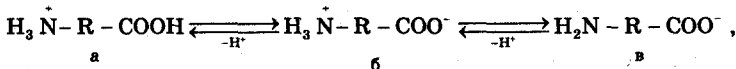
$$n_1 + n_2 = n . \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1), (2), находим n_1 , n_2 .



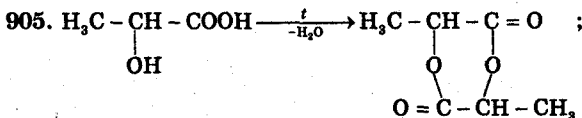
$$x = 61 \cdot \frac{0,224}{22,4} = 0,61 \text{ г} .$$

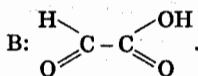
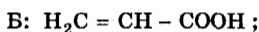
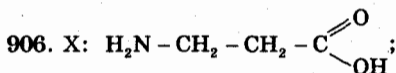
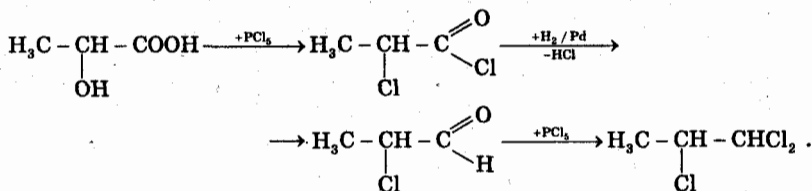
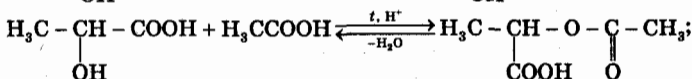
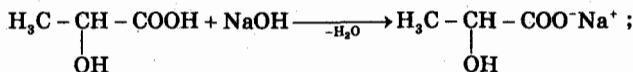
904. В водных растворах аминокислот устанавливается динамическое равновесие



положение которого зависит от pH раствора. При низких pH в растворе доминируют катионы (а), при электролизедвигающиеся к отрицательному заряженному электроду — катоду. Напротив, при высоких pH доминируют анионы (в), при электролизе происходит накопление аминокислоты у положительно заряженного электрода — анода. При некотором значении pH (изоэлектрическая точка) доминирует в целом электронейтральный биполярный ион (б), а концентрации катиона (а) и аниона (в) одинаковы. В изоэлектрической точке не происходит преимущественного накопления аминокислоты ни у катода, ни у анода. Наличие в молекуле аминокислоты дополнительного числа функциональных групп кислотного или основного характера сильно влияет на положение изоэлектрической точки. Так, введение в молекулу аминокислоты аминогруппы приведет к увеличению основных свойств аминокислоты и сдвинет положение изоэлектрической точки в более щелочную область; при введении карбоксильной группы, напротив, изоэлектрическая точка сдвинется в более кислую область. Таким образом, значения pH изоэлектрических точек возрастают в ряду:

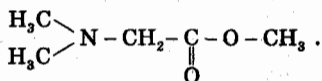
глутаминовая кислота < серин < лизин.



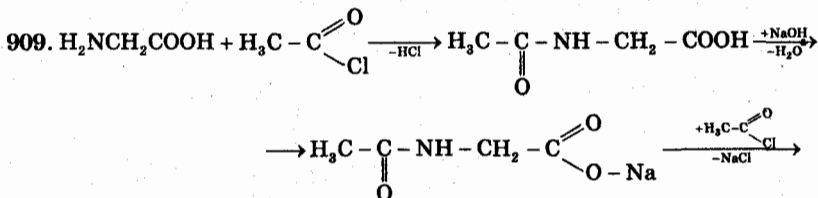


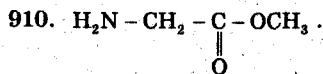
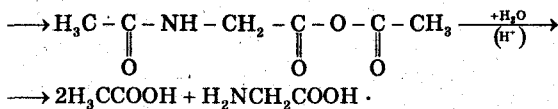
907. Соединение $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$ содержит основной атом азота. Однако поскольку реакция с азотистой кислотой не происходит, можно сделать вывод, что в состав $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$ входит группировка $\begin{matrix} \text{R} \\ \diagup \\ \text{N} - \\ \diagdown \\ \text{R}' \end{matrix}$, где R, R' — радикалы. Исходя из того, что $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$ реагирует со щелочью, давая соль с четырьмя атомами углерода, заключаем, что в составе $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$ есть сложноэфирная группировка: $-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3$. Отсюда следует, что R,

R' — метильные группы $-\text{CH}_3$. Структурная формула $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$:



908. а) Повышенная температура; б) присоединение HBr (против правила Марковникова); в) гидролиз.





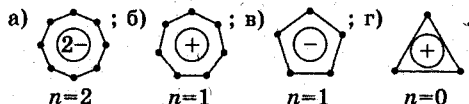
71. Аromaticность

911. «а», «б», «д».

912. «б», «в».

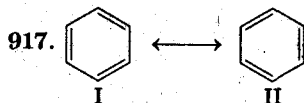
913. «а», «б», «в».

914. Обозначим «••» группу CH



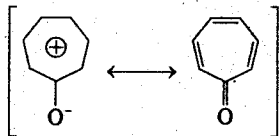
915. «а», «г», «е».

916. «б».

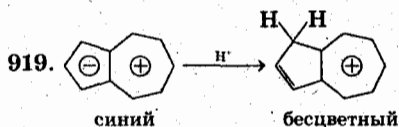
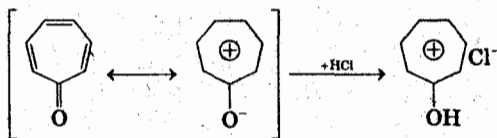


Резонанс структур следует понимать так: реальное строение молекулы является промежуточным между различными резонансными структурами; резонансные структуры реально не существуют. Так, ни в какой момент времени в бензоле нет ни одной молекулы, строение которой отвечало бы резонансным структурам I или II. Энергия молекулы меньше, чем энергия любой резонансной структуры.

918. Значительный дипольный момент обусловлен высоким вкладом в структуру тропона резонансной структуры, содержащей ароматический ион:

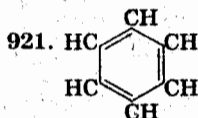


При наличии нескольких резонансных структур вещество может вступать в реакцию так, что реагирует одна из структур. В случае взаимодействия тропона и кислоты:



Изомер азулена — нафталин обладает большей устойчивостью.

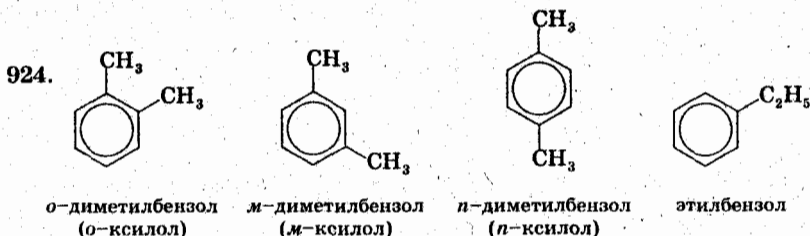
920. Построив график в координатах «кратность — длина связи», находим, что длина связей «углерод—углерод» в бензоле $\approx 0,140$ нм.

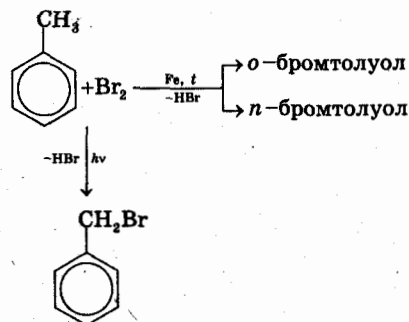
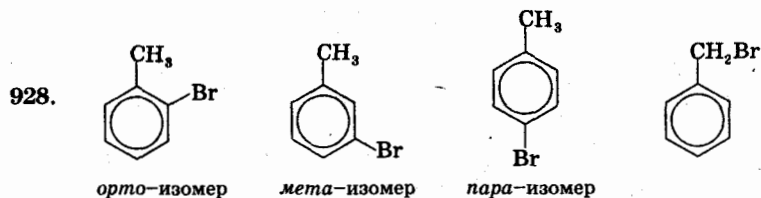
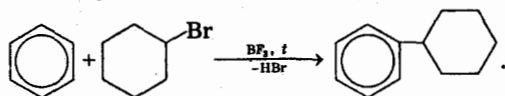
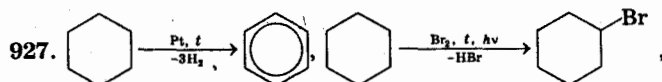
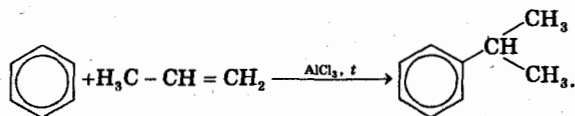
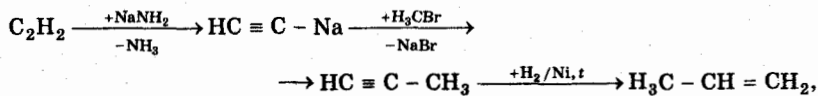
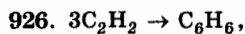
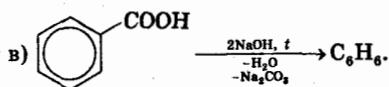
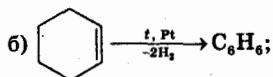
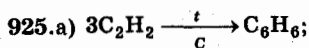


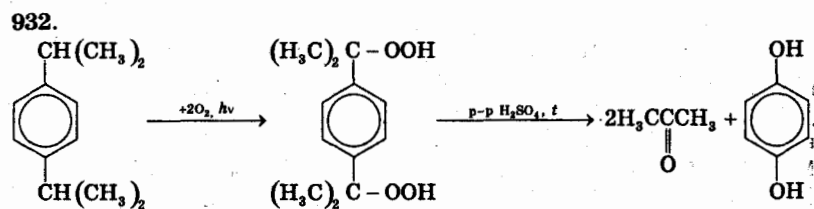
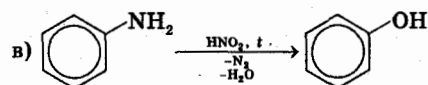
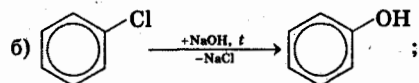
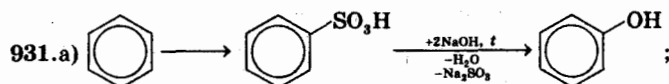
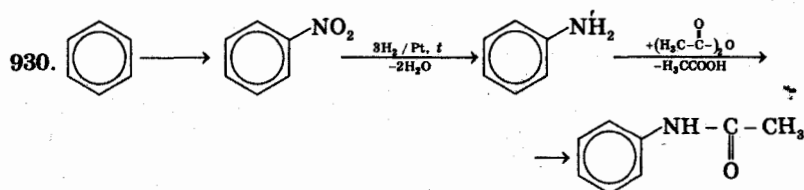
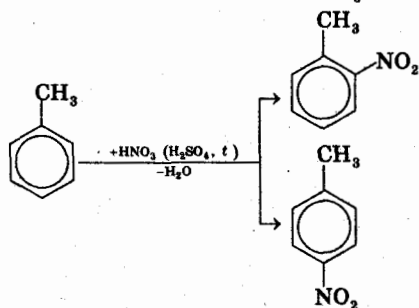
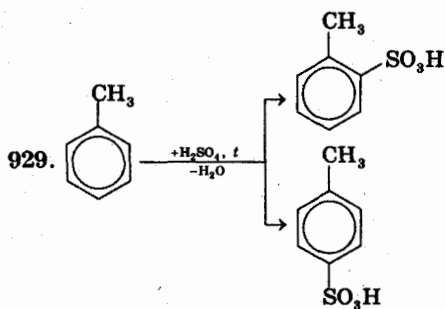
922. По сравнению с неопределёнными неароматическими соединениями ароматические вещества более склонны вступать в реакции замещения, а реакции присоединения, напротив, для них менее характерны.

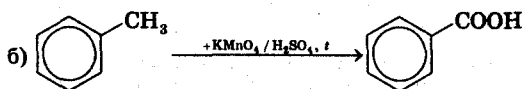
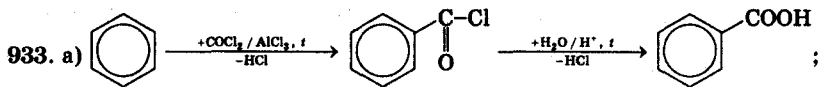
923. Бензол не обеспечивает бромную воду, водный раствор KMnO_4 и т. п. Тепловой эффект реакции горения бензола меньше, чем расчетный эффект реакции сгорания 1,3,5-циклогексатриена.

72. Изомерия и синтез производных бензола

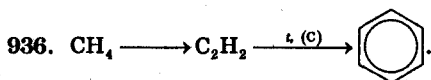
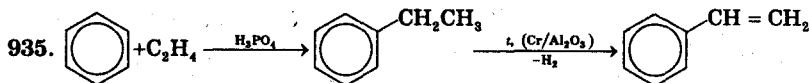






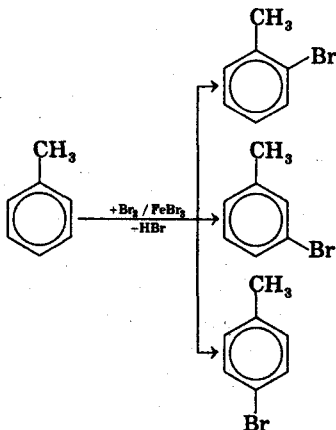


934. 3 изомера: *о*-, *м*- и *пара*-.



73. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре

937. При бромировании толуола в присутствии $FeBr_3$ происходит реакция замещения атомов водорода в бензольном кольце на атом брома. Могут образовываться *о*-, *м*- и *п*-изомеры:

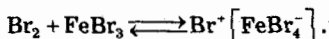


причем выход *м*-изомера значительно ниже выхода *о*- и *п*-изомеров.

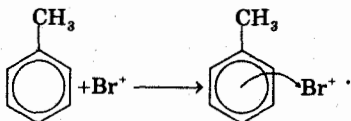
Реакция замещения происходит по электрофильному механизму, а ее направление определяется характером заместителя в ароматическом ядре. Метильная группа, благодаря +I-эффекту, является электронодонорной (заместитель I рода, *о*-, *п*-ориентант).

Рассмотрим механизм реакции.

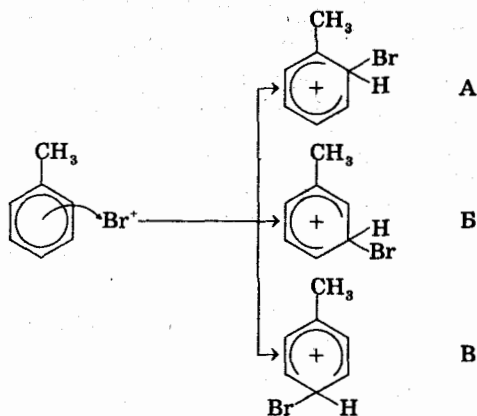
Молекула Br_2 реагирует с FeBr_3 :



Частица Br^+ является электрофилом и на первой стадии реакции с толуолом образует нестойкий π -комплекс за счет взаимодействия с π -электронной системой бензольного ядра:

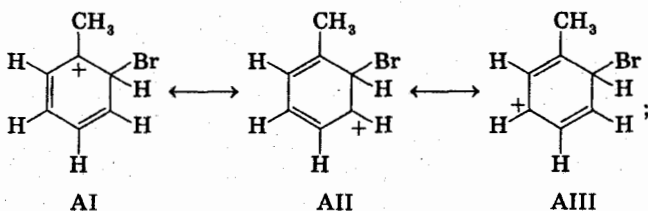


Далее пара электронов выходит из сопряженной π -системы и образует σ -связь с катионом брома. Получаемый продукт носит название σ -комплекса, который заметно устойчивее, чем π -комплекс. Для промежуточного σ -комплекса возможны три структуры:

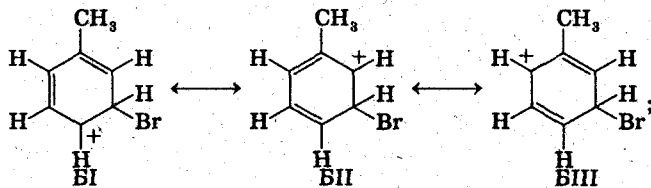


Устойчивость этих промежуточных продуктов различна.

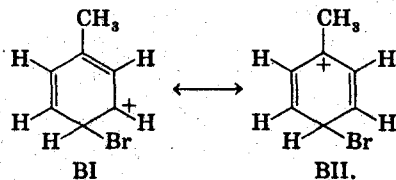
Для σ -комплекса А можно записать следующие основные резонансные структуры:



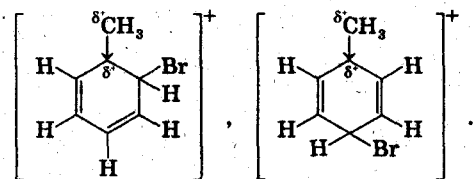
для В —



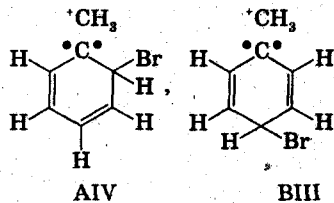
для В —



Во всех этих структурах заряд σ -комплекса распределен («размазан») между несколькими атомами углерода (ион тем более стабилен, чем более «размазан» заряд). Однако для структур AI и BII возможно дальнейшее распределение заряда: благодаря +I-эффекту метильной группы происходит смещение электронной плоскости к бензольному кольцу:

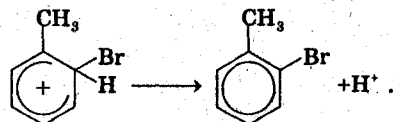


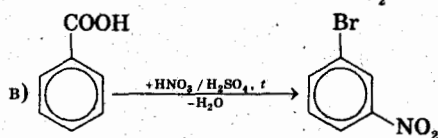
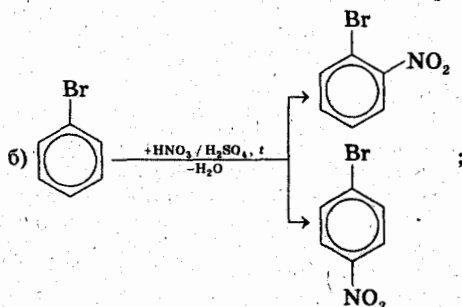
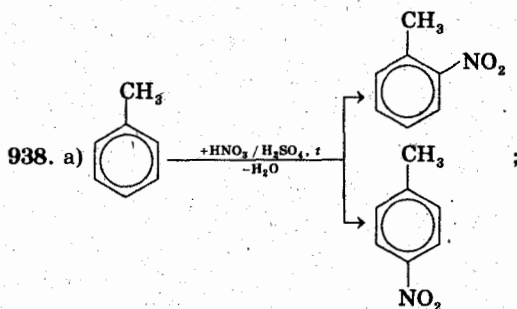
Ту же мысль можно передать другими словами: добавляется еще по одной резонансной структуре с новым местом локализации заряда:



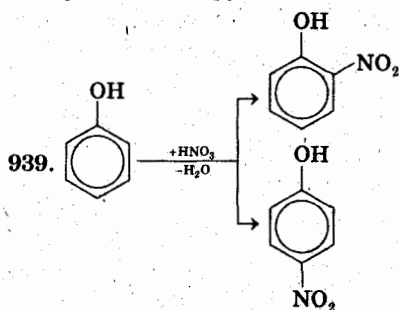
Очевидно, что для σ -комплекса В такие структуры невозможны, в силу чего он менее устойчив, чем А и В.

На последней стадии σ -комплекс отщепляет катион, превращаясь в стабильное соединение, например:

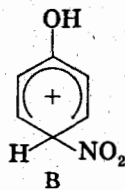
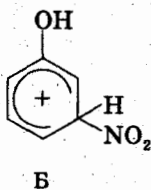
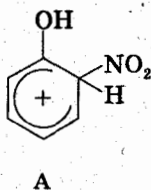




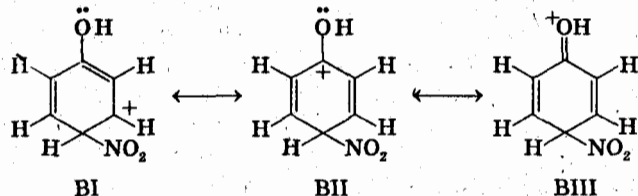
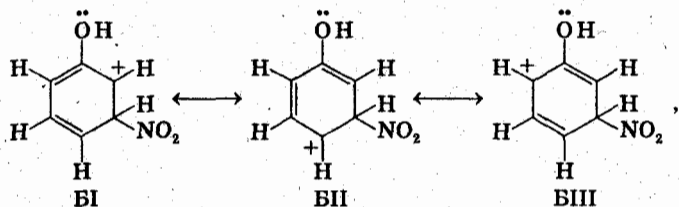
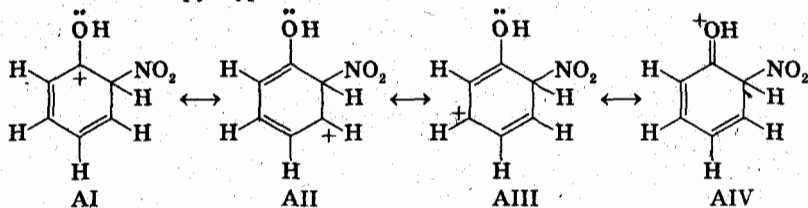
Быстрее всего нитруется толуол.



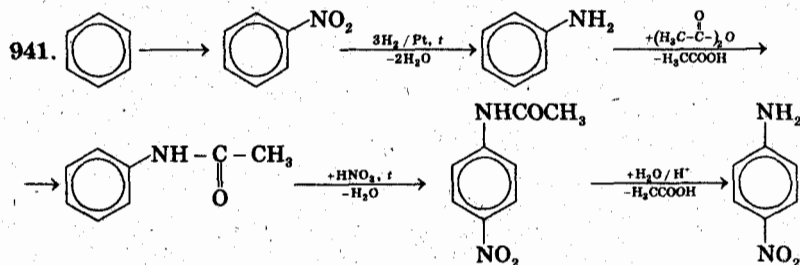
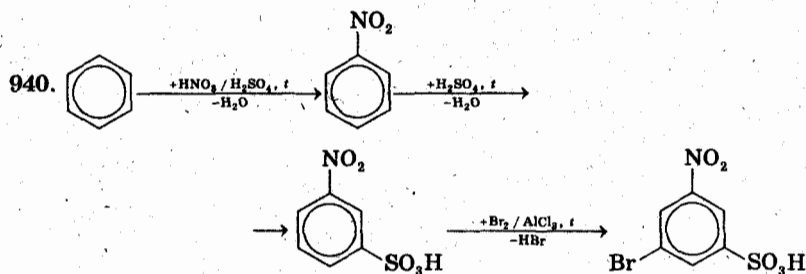
Возможные σ -комплексы:

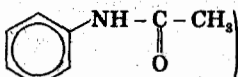


Резонансные структуры:

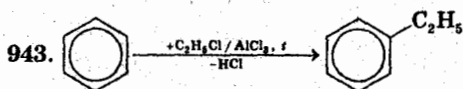
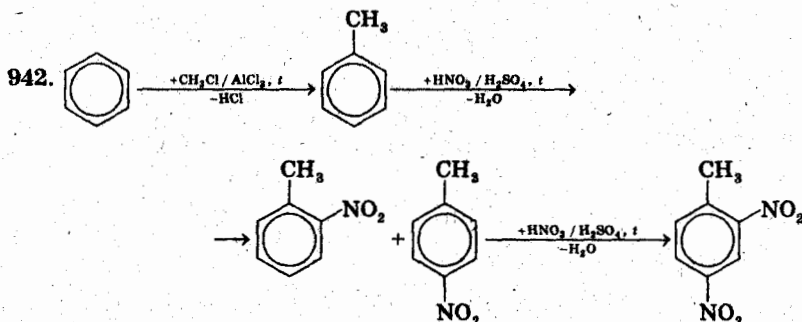


Из-за наличия резонансных структур AIV, BIII σ -комплексы А и В более устойчивы, чем σ -комплекс В.

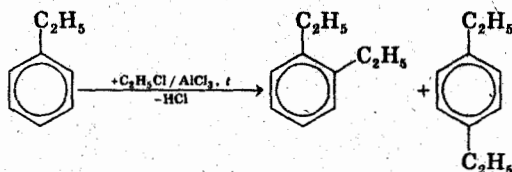


Стадия ацетилирования (получение ) необходима

для защиты аминогруппы, т. к. при действии азотной кислоты на анилин получается сложная смесь продуктов реакций окисления, конденсации и нитрования.

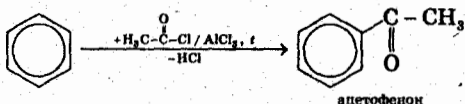


Введенный радикал $-C_2H_5$ — заместитель I рода и, значит, реакция не останавливается на образовании этилбензола:

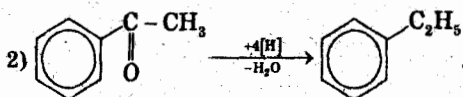


и т. д.

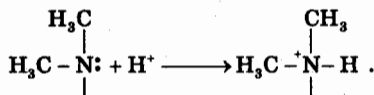
Возможен следующий путь синтеза этилбензола:



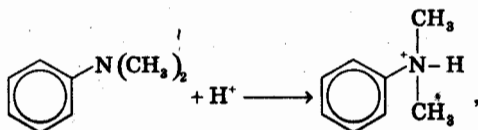
1) Группа $-C(=O)-CH_3$ — заместитель II рода, дальнейшее ацетилирование ацетофенона затруднено.



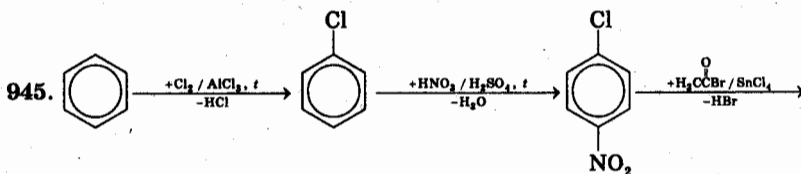
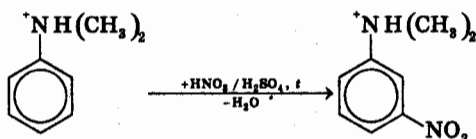
944. Диметиламиногруппа проявляет свойства основания, т. к. обладает неподеленной электронной парой:



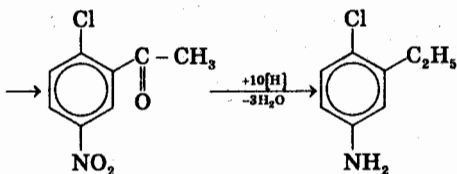
В кислой среде диметиланилин протонируется:



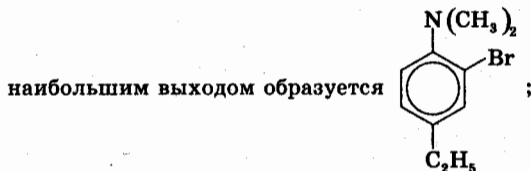
а протонированная диметиламиногруппа является заместителем II рода:



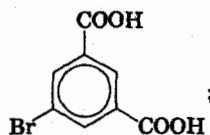
(о- и м-изомеры образуются в примесных количествах)



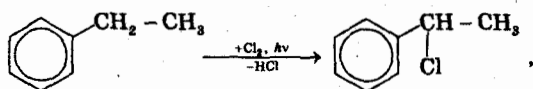
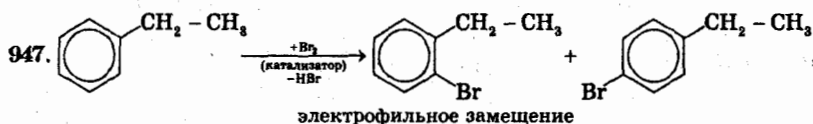
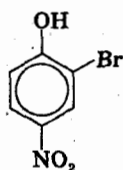
946. а) Несогласованное действие заместителей: $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ориентирует замещение в положении 2, а $\text{-C}_2\text{H}_5$ — в положении 3. Поскольку диметиламиногруппа более сильный электронодонор (более сильный ориентант), с



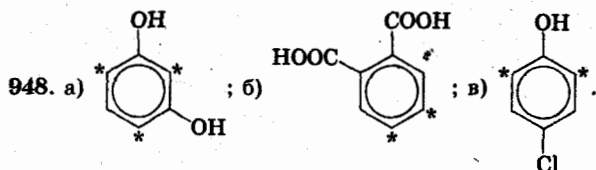
б) согласованное действие заместителей: образуется



в) согласованное действие заместителей: образуется

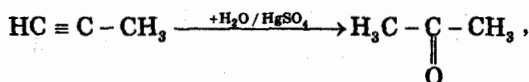
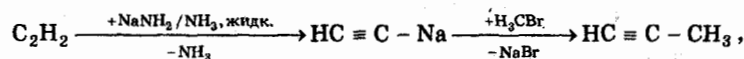
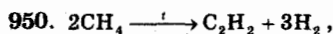


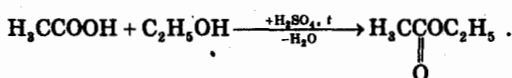
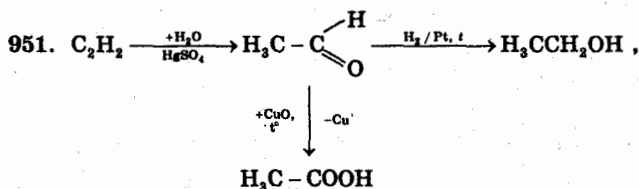
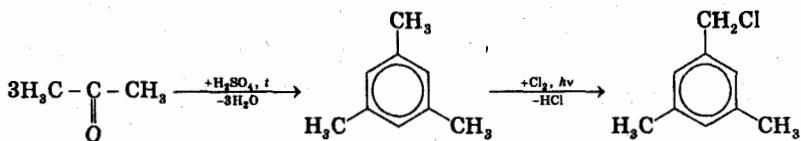
замещение происходит по радикальному механизму



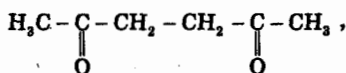
949. а) $\text{BrC}_2\text{H}_5 / \text{AlBr}_3$; б) $\text{Br}_2 / \text{AlBr}_3$; в) $\text{Br}_2 / h\nu$; г) KOH (спиртовой раствор), t .

74. Обобщение знаний по органической химии. Генетическая связь между классами органических соединений

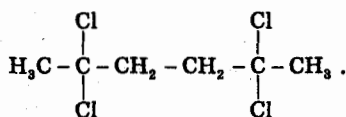




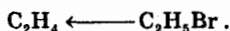
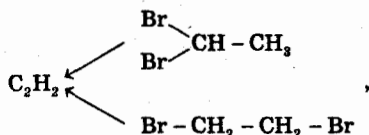
952. Проба Бейльштейна — качественная реакция на наличие в молекуле органического вещества атомов галогенов. Исходя из результатов окисления Б, это вещество имеет структуру



оно получается при гидролизе тетрахлоралкана А:

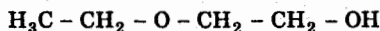


953. Очевидно, что смесь углеводородов содержит алкин с группой $\text{HC}\equiv$ и алкен. Так как алкин и алкен образовались из органического соединения с четырьмя атомами углерода, алкин — это ацетилен, алкен — этилен. Возможные пути получения этих углеводородов из бромалканов:

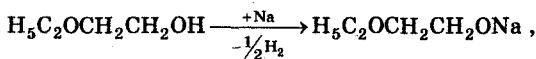


Вещество А содержит спиртовую группу (об этом можно судить по реакции алкоholes Б с водой).

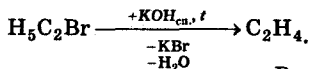
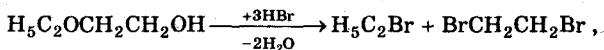
Структура вещества А



соответствует всем признакам, описанным в условии.

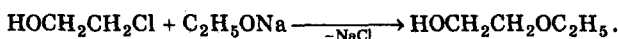
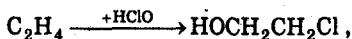
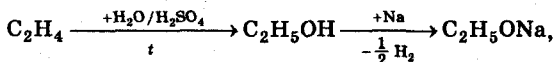


В

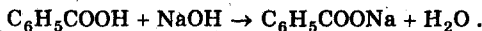
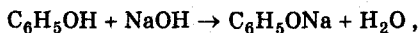


В

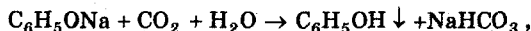
Синтез А:



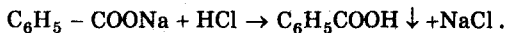
954. Обработка смеси водным раствором щелочи ведет к переходу в раствор фенола и бензойной кислоты:



Если через полученный раствор пропустить ток CO_2 , осаждается фенол:



а обработка оставшегося раствора сильной кислотой ведет к выделению бензойной кислоты:



К оставшейся смеси углеводов можно добавить мочевины $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\overset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}_2$,

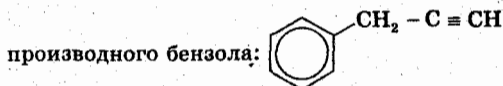
образующую с *n*-октаном нерастворимое клатратное соединение. Обработка этого клатрата водой вызовет его разрушение с образованием мочевины и *n*-октана.

955.

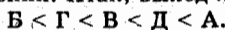
Вещество	K_a
Фенол	$1,3 \cdot 10^{-10}$
Этанол	$1,8 \cdot 10^{-18}$
Хлоруксусная кислота	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Бензойная кислота	$6,3 \cdot 10^{-5}$
Угольная кислота	$4,9 \cdot 10^{-7}$

956. Участие производного бензола в реакции Кучёрова — признак наличия связи $-\text{C} \equiv \text{C}-$, взаимодействие с NaNH_2 — группировки $-\text{C} \equiv \text{CH}$. Так как при окислении образуется бензойная кислота, то производное бен-

зола — это монозамещенное состава $C_6H_5 - R$, где R обозначает группу $-C_3H_3$ и содержит группировку $-C \equiv CH$. В итоге структурная формула

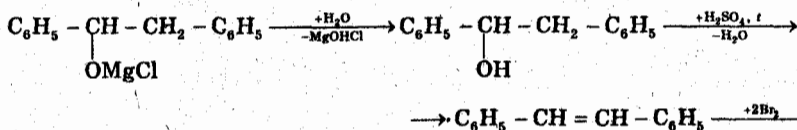
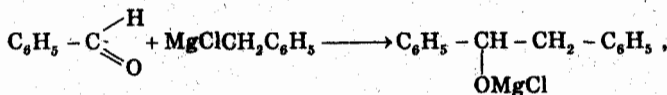
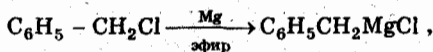
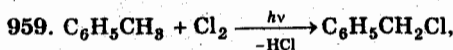
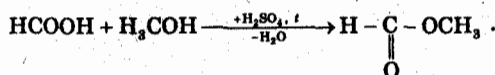
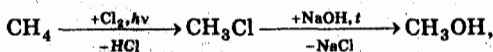
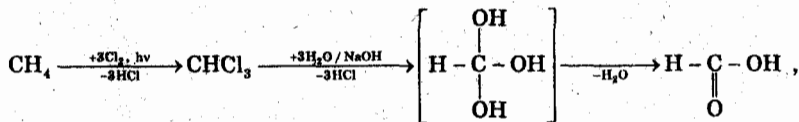


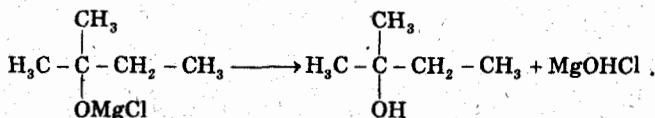
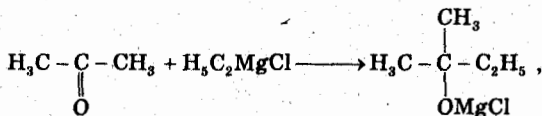
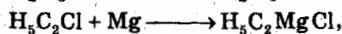
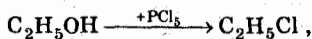
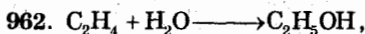
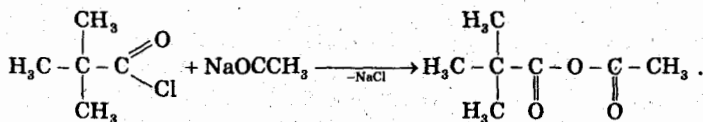
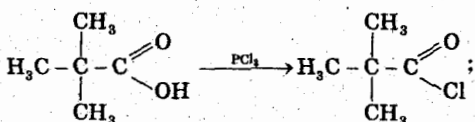
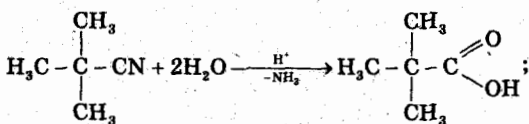
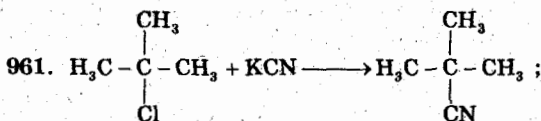
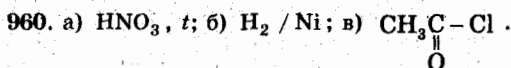
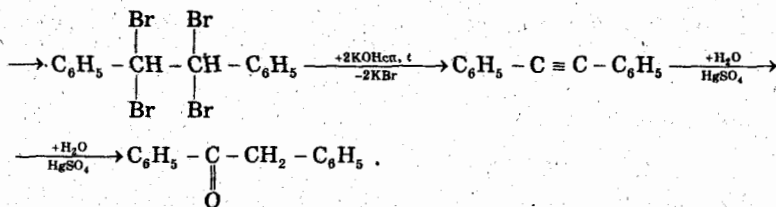
957. Группы $-NO_2$ и $-SO_3H$ — ориентанты II рода, причем нитрогруппа — более сильный ориентант; вследствие пространственных (стерических) затруднений выход *п*-изомера при бромировании этилбензола больше, чем при бромировании толуола; наибольший выход *п*-изомера будет при бромировании бромбензола, т. к. атом брома обладает отрицательным индуктивным эффектом ($-I$), наиболее сильно проявляющимся в *о*-положении. Итак, выход *п*-изомера возрастает в ряду:



958. Реакция «серебряного зеркала» свидетельствует о наличии группировки $\begin{array}{c} H \\ | \\ O=C- \end{array}$, получение метанола при восстановлении — об отсутствии

связи $C - C$ в молекуле $C_2H_4O_2$. Указанным условиям отвечает структура $\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-O-CH_3 \\ | \\ O \end{array}$.





75. Задачи областных олимпиад юных химиков.

8 класс

963. В 100 г раствора с массовой долей 35 % содержится 35 г кислоты и 65 г воды. Из 35 г кислоты можно приготовить 350 г раствора с массовой долей 10 %. Таким образом, к 100 г исходного раствора следует добавить 250 г воды, отношение масс $m(\text{воды})/m(\text{раствора}) = 2,5$.

964. Масса аммиака $m(\text{NH}_3) = 200 \text{ мл} \cdot 1,0 \text{ г/мл} \cdot 0,05 = 10 \text{ г}$. Количество вещества $n(\text{NH}_3) = m(\text{NH}_3)/M(\text{NH}_3)$, где $M(\text{NH}_3)$ — молярная масса NH_3

(17 г/моль). Таким образом, $n(\text{NH}_3) = \frac{10 \text{ г}}{17 \text{ г/моль}} = 0,588 \text{ моль}$. Количество

молекул аммиака в стакане $N(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \cdot N_A$ (N_A — число Авогадро,

$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$), $N(\text{NH}_3) = 0,588 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,54 \cdot 10^{23}$ молекул. Объем

воды, в котором распределились эти молекулы, $V = 200 \text{ м} \cdot 420000 \cdot 10^6 \text{ м}^2 =$

$= 8,4 \cdot 10^{23} \text{ м}^3$ ($8,4 \cdot 10^{16} \text{ л}$). Следовательно, в 1 л воды будет содержаться

$3,54 \cdot 10^{23} / 8,4 \cdot 10^{16} = 4,21 \cdot 10^6$ молекул/л, в 200 мл — $4,21 \cdot 10^6$ молекул/л $\times$

$\times 0,2 \text{ л} = 840000$ молекул.

965. Обозначим молярную долю атомов ^{35}Cl x_1 , молярную долю атомов

^{37}Cl — x_2 ; $x_2 = 1 - x_1$. Тогда средняя атомная масса хлора составит

$M(\text{Cl}) = x_1 \cdot 35 + (1 - x_1) \cdot 37 = 35,45$ а.е.м. Решая уравнение, получаем:

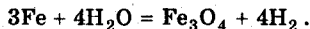
$x_1 = 0,74$ (75 %), $x_2 = 0,26$ (25 %). Для массовой доли ^{35}Cl w_1 имеем

следующее выражение: $w_1 = 0,75 \cdot 35 / (0,75 \cdot 35 + 0,25 \cdot 37) = 0,74$ (74 %). Мас-

совая доля ^{37}Cl $w_2 = 0,26$ (26 %).

966. Приведем объем паров воды к н. у. : $V_0 = 100 \text{ л} \cdot 273 \text{ К} / 573 \text{ К} =$

$= 47,6 \text{ л}$, что составляет $47,6 \text{ л} / 22,4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 2,13 \text{ моль}$ (38,3 г). Взаимодействие паров воды с железом описывает реакция:



Превращение 1 моль воды в водород влечет за собой уменьшение массы паро-газовой смеси на величину молярной массы атомов кислорода (16 г).

Следовательно, с железом прореагировало $13,6 \text{ г} / 16,0 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,85 \text{ моль}$

воды. Масса прореагировавшей воды — $0,85 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 15,3 \text{ г}$,

что составляет $(15,3 \text{ г} / 38,3 \text{ г}) \cdot 100 \% = 40 \%$ исходной массы воды.

967. Пусть соединение содержит a_1 атомов элемента A_1 со степенью окисления e_1 , a_2 атомов элемента A_2 со степенью окисления e_2 и т. д. Если сумма $a_1 \cdot e_1 + a_2 \cdot e_2 + \dots + a_i \cdot e_i = 0$, формула соединения записана верно.

968. Количество вещества P_2O_5 :

$$n(P_2O_5) = m(P_2O_5)/M(P_2O_5) = 100 \text{ кг}/142 \text{ кмоль} \cdot \text{кг}^{-1} = 0,70 \text{ кмоль}.$$

Для получения такого количества P_2O_5 нужно вдвое больше (1,40 кмоль) Ca_2PO_4F . Масса $m(Ca_2PO_4F) = n(Ca_2PO_4F) \cdot M(Ca_2PO_4F) = 1,40 \text{ кмоль} \times 194 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1} = 272 \text{ кг}$. Учитывая, что массовая доля Ca_2PO_4F в минерале составляет 85 %, масса апатита $m(\text{апатит})_{\text{теор}} = 272 \text{ кг}/0,85 = 320 \text{ кг}$. Поскольку потери при переработке равны 15 %, $m(\text{апатит})_{\text{факт}} = 320 \text{ кг}/0,85 = 376 \text{ кг}$.

969. а) 4 моль + 26 моль = 16 моль + 20 моль;

б) 34,8 г + 124,8 г = 105,6 г + 54 г;

в) 6 л + 39 л = 24 л + 30 л;

г) 10^{20} молекул + $6,5 \cdot 10^{20}$ молекул = $4 \cdot 10^{20}$ молекул + $5 \cdot 10^{20}$ молекул.

970. Электронные конфигурации соответствуют основному и возбужденному состояниям атома. Переход в возбужденное состояние происходит при поглощении кванта света или при нагревании. Элемент — магний.

971. Количество вещества безводной соли равно 0,01 моль, количество вещества воды — 0,07 моль. На первой стадии затрачивается 0,06 моль. Таким образом, кристаллогидрат имеет состав $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, на первой стадии образуется $MgSO_4 \cdot H_2O$.

972. С 1 моль двухвалентного металла реагирует 1 моль кислорода, поэтому количество вещества металла равняется $(1,4 - 1)/16 = 0,025$ моль, молярная масса — 40 г/моль, металл — кальций. Атомная масса одновалентного металла 23 г/моль, это — натрий. Приведем объем водорода к нормальным условиям: $0,56 \cdot 273/293 = 0,522$ л. Масса натрия — x г, масса кальция — $(1 - x)$ г. Объем водорода $x \cdot 22,4/(23 \cdot 2) + (1 - x) \cdot 22,4/40 = 0,522$ л; $x = 0,5$ г, массовые доли металлов равняются 50 %.

76. Задачи областных олимпиад юных химиков.

9 класс

973. а) 55,11 и 82; б) 17, 15 и 7.

974. Формулы кристаллогидратов можно записать в виде $CoA_n \cdot k_i H_2O$, $i = 1, 2$. Массовые доли воды в кристаллогидратах (в долях единицы):

$$w_i = \frac{k_i \cdot M(H_2O)}{k_i \cdot M(H_2O) + M(CoA_n)}.$$

Отсюда молярная масса соли CoA_n :

$$M(\text{CoA}_n) = \frac{(1-w_1) \cdot k_1 \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{w_1(\text{H}_2\text{O})} = \frac{(1-w_2) \cdot k_2 \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{w_2(\text{H}_2\text{O})} \quad (1)$$

Подставляя в уравнение (1) числовые значения w_1 и w_2 , получаем: $k_1/k_2 = 7$. Кристаллогидраты с $k = 14$ не существуют, поэтому $k_1 = 7$, $k_2 = 1$. Снова воспользовавшись уравнением (1), находим: $M(\text{CoA}_n) = 124$ г/моль. Тогда $M(\text{A}_n) = 96$ г/моль. Кристаллогидраты: $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CoSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

975. В растворе, содержащем нитрат железа (III) и роданид калия, образуются комплексы состава $[\text{Fe}(\text{SCN})_i]^{(3-i)+}$, $i \geq 1$. Добавка FeCl_3 приведет к увеличению выхода комплексов и усилению окраски раствора. Прибавление воды вызовет ослабление окраски. Ионы Ag^+ образуют с роданид-ионами в зависимости от концентрации бесцветные комплексы AgSCN , $[\text{Ag}(\text{SCN})_2]^-$ или осадок роданида серебра AgSCN , окраска ослабнет. Фторид-ионы с ионами Fe^{3+} образуют прочные неокрашенные комплексы, интенсивность окраски снизится.

976. а) 9; б) 7; в) 1; г) 7.

977. Пусть a — масса соли в 4 кг морской воды. Массовая доля соли в морской воде $w_1 = a/4$. После разбавления массовая доля соли:

$$w_2 = 0,4 \cdot w_1 = \frac{a}{4 + m(\text{H}_2\text{O})}, \text{ где } m(\text{H}_2\text{O}) \text{ — масса добавленной воды. Решая}$$

уравнение $0,4 \cdot \frac{a}{4} = \frac{a}{4 + m(\text{H}_2\text{O})}$, находим: $m(\text{H}_2\text{O}) = 6$ кг. Задачу можно решить также с использованием правила креста.

978. А — $(\text{NH}_4)_2\text{S}_4$, Б — $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, В — NH_3 , Г — H_2S_4 , Д — H_2S .

Анион $[\text{S}_4]^{2-}$ имеет зигзагообразное цепочечное строение. В ряду кислот H_2S_n сила кислот увеличивается с ростом n .

979. По уравнению Менделеева — Клапейрона

$$PV = nRT,$$

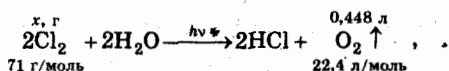
где P — давление; V — объем, л; n — количество вещества, моль; $R = 0,082$ л · атм/(моль · К); T — температура. Отсюда находим давление: $0,082$ атм = $8,31$ кПа. После реакции количество вещества кислорода рав-

но 1/4 моль; объемом жидкости пренебрегаем; давление уменьшается в 4 раза и становится равным 2,78 кПа.

980. Эндотермические реакции: «б», «в»; экзотермические: «а», «г», «д».

981. $V_{\rightarrow} = k P_A P_B^2$; $V_{\leftarrow} = k \cdot P_C^2$; $V'_{\rightarrow} = 27 V_{\rightarrow}$; $V'_{\leftarrow} = 9 V_{\leftarrow}$; $V(t_2) = V(t_1) \gamma^{\Delta t/10}$;
 $V_{\rightarrow}(t_2) = 4 \cdot V_{\rightarrow}(t_1)$; $V_{\leftarrow}(t_2) = 16 \cdot V_{\leftarrow}(t_1)$; скорость прямой реакции увели-
 чается в $27 \cdot 4 = 108$ раз, а обратной — в $9 \cdot 16 = 144$ раза.

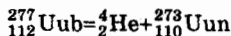
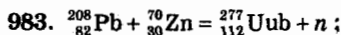
982. Выделяется кислород.



$$x = 0,448 \cdot 71 / 22,4 = 2,84 \text{ г},$$

$$w(\text{Cl}_2) = 2,84 / 500 \cdot 100 \% = 0,508 \%$$

77. Задачи областных олимпиад юных химиков 10 класс



(Uun — элемент № 110, уунний). Электронная конфигурация атома

Uun: $[\text{Rn}]5f^{14}6d^{10}7s^2$. Можно предположить степень окисления +2.

984. В системе происходит реакция:



Пусть прореагировало x моль PCl_5 . Тогда в равновесной смеси содержится по x моль PCl_3 и Cl_2 и $(1-x)$ моль PCl_5 . Общее количество вещества газов в смеси (n , моль) можно рассчитать по уравнению Менделеева — Клапейрона:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T,$$

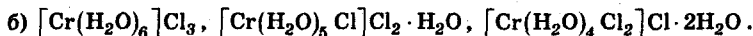
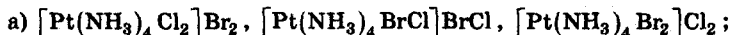
где $P = 1$ атм, $V = 50$ л, $R = 0,082$ л · атм/(моль · К), $T = 573$ К. При расчете получаем: $n = 1,289$ моль. Следовательно, $2 \cdot x + (1-x) = 1,289$, $x = 0,289$ моль, в системе находится по 0,289 моль PCl_3 и Cl_2 и 0,711 моль PCl_5 . Молярные концентрации реагентов составляют: PCl_3 и Cl_2 — по 0,00578 моль/л; PCl_5 — 0,0142 моль/л. Молярные (объемные) доли реагентов:

$$\varphi(\text{PCl}_3) = \varphi(\text{Cl}_2) = 0,289 \text{ моль} / 1,289 \text{ моль} = 0,224;$$

$$\varphi(\text{PCl}_5) = 0,711 \text{ моль} / 1,289 \text{ моль} = 0,552.$$

985. При прохождении CO_2 при 800°C через слой угля CO_2 восстанавливается до CO : $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$, а при прохождении при 500°C через слой оксида меди CO окисляется до CO_2 : $\text{CO} + \text{CuO} = \text{Cu} + \text{CO}_2$. При таком процессе количество вещества CO_2 в системе удваивается. Последовательное пятикратное пропускание газа через слой угля и оксида меди приводит к увеличению количества CO_2 в $2^5 = 32$ раза. Исходная масса CO_2 равняется $0,1 \text{ г} / 32 = 3,125 \cdot 10^{-3} \text{ г}$, массовая доля CO_2 в азоте $3,125 \cdot 10^{-3} \%$.

986. Соединения имеют по три структурных изомера:



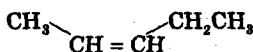
987. Молярную массу (в г/моль) можно найти по формуле:

$$M = \rho a^3 N_A / z,$$

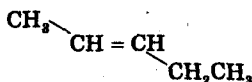
где ρ — плотность металла; a — ребро элементарной ячейки; N_A — постоянная Авогадро; z — число атомов металла, приходящихся в среднем на одну элементарную ячейку. При этом следует учесть, что атомы, размещенные в вершинах куба, принадлежат одновременно восьми соседним ячейкам, а атомы, размещенные в центрах граней, — двум, $z = 8 \cdot (1/8) + 6 \cdot (1/2) = 4$, $M = 63,53 \text{ г/моль}$.



а



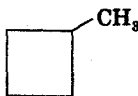
б



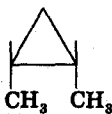
в



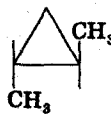
г



д



е



ж, з (два

оптических изомера)

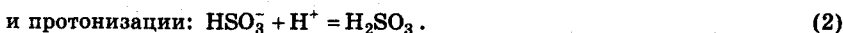
Всего 8 изомеров. Бромную воду обесцвечивают соединения а—в, е—з.

$$989. K = \frac{[\text{AgI}_x]}{[\text{Ag}^+][\text{I}^-]^x}; \lg K = \lg \frac{[\text{AgI}_x]}{[\text{Ag}^+]} - x \lg [\text{I}^-].$$

Поскольку практически все ионы серебра связаны в комплексы, а йодид-ионы в сравнении с ними введены в избытке, $[\text{I}^-] \approx C_{\text{KI}}$,

$[AgI_x] \approx C_{Ag} = 10^{-2}$ моль/л. График в координатах $\lg C_{KI} - \lg \left(\frac{C_{AgI}}{[Ag^+]} \right)$ является прямой линией с тангенсом угла наклона x . Построив график, найдем: $x = 3$, $K = 6,9 \cdot 10^{13}$.

990. Анион кислой соли в растворе принимает участие в двух обратимых реакциях:



$$K_{a_1} = \frac{[HSO_3^-][H^+]}{[H_2SO_3]}, \quad (3)$$

$$K_{a_2} = \frac{[SO_3^{2-}][H^+]}{[HSO_3^-]}. \quad (4)$$

А. При равновесии в растворе концентрации сульфит-ионов и сернистой кислоты одинаковы, т. е.

$$[H_2SO_3] = [SO_3^{2-}]. \quad (5)$$

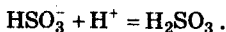
Выразим равновесные концентрации кислоты и сульфат-ионов из уравнений (3) и (4) и, используя равенство (5), получим:

$$\frac{[H^+][HSO_3^-]}{K_{a_1}} = \frac{K_{a_2}[HSO_3^-]}{[H^+]}, \quad (6)$$

$$[H^+] = \sqrt{K_{a_1} \cdot K_{a_2}} = \sqrt{1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 6,2 \cdot 10^{-8}} = 3,25 \cdot 10^{-5},$$

$$pH = -\lg[H^+] = 4,49.$$

Б. После добавления 5 мл HCl происходит взаимодействие:



Рассчитываем равновесные концентрации:

$$[H_2SO_3] = \frac{c(HCl) \cdot V(HCl)}{V(KHSO_3) + V(HCl)} = \frac{0,5 \text{ моль/л} \cdot 0,005 \text{ л}}{0,050 \text{ л} + 0,005 \text{ л}} = 0,0454 \text{ моль/л};$$

$$[HSO_3^-] = \frac{c(KHSO_3) \cdot V(KHSO_3) - c(HCl) \cdot V(HCl)}{V(KHSO_3) + V(HCl)} =$$

$$= \frac{0,1 \text{ моль/л} \cdot 0,050 \text{ л} - 0,5 \text{ моль/л} \cdot 0,005 \text{ л}}{0,055 \text{ л}} = 0,0454 \text{ моль/л}.$$

Используем уравнение закона действующих масс:

$$K_{a_1} = \frac{[HSO_3^-][H^+]}{[H_2SO_3]} = \frac{[H^+] \cdot 0,0454}{0,0454} = [H^+],$$

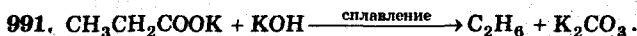
$$[H^+] = 1,7 \cdot 10^{-2}; \text{pH} = -\lg[H^+] = 1,77.$$

В. При добавлении к раствору 25 мл HCl часть ионов водорода взаимодействует с гидросульфит-ионами. Равновесная концентрация ионов водорода равняется избытку концентрации сильной кислоты:

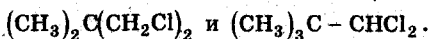
$$[H^+] = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) - c(\text{KHSO}_3) \cdot V(\text{KHSO}_3)}{V(\text{KHSO}_3) + V(\text{HCl})} =$$

$$= \frac{0,5 \text{ моль/л} \cdot 0,025 \text{ л} - 0,1 \text{ моль/л} \cdot 0,05 \text{ л}}{0,075 \text{ л}} = 0,1 \text{ моль/л},$$

$$\text{pH} = -\lg[H^+] = 1,0.$$

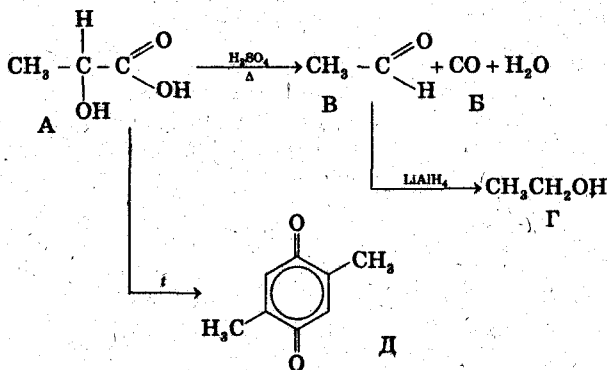


992. По условию задачи молярная масса соответствует пентану C_5H_{12} . Пентан имеет несколько изомеров, однако условию задачи отвечает только неопентан $(\text{CH}_3)_4\text{C}$ (тетраметилметан, 2,2-диметилпропан). Хлорирование этого углеводорода дает только одно хлорпроизводное — $(\text{CH}_3)_3\text{C} - \text{CH}_2\text{Cl}$. Возможны такие дихлорпроизводные:

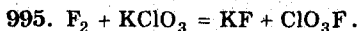
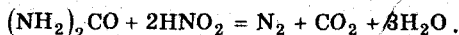


78. Задачи областных олимпиад юных химиков 11 класс

993. Исходя из процентного содержания элементов, определяем формулу соединения А: $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$. Жидкость В — ацетальдегид, газ В — CO. Жидкость Г — этанол. Следовательно, вещество А — молочная кислота, которая при нагревании образует лактид Д:



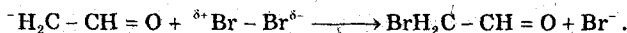
994. Образующиеся при реакции газы — N_2 и CO_2 . Вещество А — мочеви́на.



Из пары солей с бензолом будет реагировать лишь ClO_3F . Следовательно, вещество А — ClO_3F . В нем атом хлора находится в состоянии sp^3 -гибридизации, молекула имеет форму искаженного тетраэдра и не способна к димеризации. При взаимодействии ClO_3F с бензолом образуется $PhClO_3$ (Ph — фенил). Группа ClO_3 является ориентантом второго рода. При взаимодействии $PhClO_3$ с азотной кислотой происходит реакция нитрования, при взаимодействии с серной кислотой — сульфирования. При реакции $PhClO_3$ с водным раствором щелочи образуется фенол.

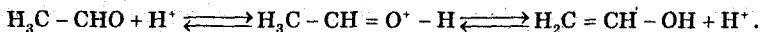
996. Взаимодействие галогенов с предельными углеводородами происходит по свободнорадикальному механизму. Реакцию $CH_4 + Br_2 = CH_3Br + HBr$ сопровождает уменьшение энергии Гиббса (реакция экзотермическая, изменение энтропии незначительно). Для реакции $CH_4 + I_2 = CH_3I + HI$ $\Delta G > 0$ (реакция эндотермическая, вклад энтропийного члена невелик).

В оксосоединениях связи C—H, соседние с карбонильной группой, активированы вследствие электроноакцепторного влияния последней, и атомы водорода приобретают подвижность. Например, в случае ацетальдегида под действием оснований в малых концентрациях образуются анионы $CH_2 = CH = O$ (стабилизация за счет резонанса $[CH_2 = CH = O] \longleftrightarrow [CH_2 = CH - O^-]$), способные быстро и необратимо по электрофильному механизму реагировать с галогенами:

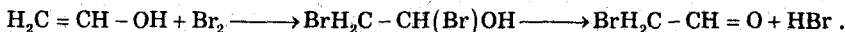


Введение в молекулу ацетона обладающих электроноакцепторными свойствами атомов брома ведет к дальнейшему активированию связи C—H.

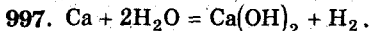
В кислой среде существует равновесие между кето- и енольной формами:



Енольная форма по электрофильному механизму быстро реагирует с молекулой галогена (с последующим отщеплением галогеноводорода):



Енолизация альдегидов и кетонов в кислой среде связана со способностью атома кислорода карбонильной группы присоединять ион водорода; введение в молекулу ацетона атомов брома снижает отрицательный заряд на атоме кислорода и, следовательно, в кислой среде легкость бромирования снижается в ряду соединений $CH_3COCH_3 > CH_3COCH_2Br > CH_3COCHBr_2$.



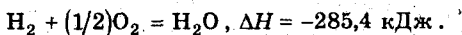
При реакции 4 г Ca (0,10 моль) выделяется 0,10 моль водорода (0,20 г), расходуется 0,20 моль воды (3,6 г) и образуется 0,10 моль $Ca(OH)_2$ (7,40 г).

Общая масса раствора после реакции составляет 1003,8 г, объем — 1,0038 л. После реакции в растворе остается 996,40 г (55,356 моль) воды.

Молярные концентрации: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — 0,10 моль / 1,0038 л = 0,0996 моль/л; H_2O — 55,356 моль / 1,0038 л = 55,146 моль/л.

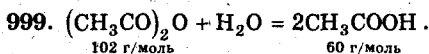
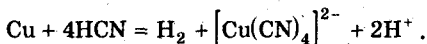
Массовые доли: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — 7,40 г / 1003,8 г = $7,37 \cdot 10^{-3}$ (0,737 %), воды — 0,993 (99,3 %).

Для нейтрализации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ требуется 0,20 моль HCl . Объем раствора кислоты составляет 0,20 моль / 0,05 моль · л⁻¹ = 4 л.



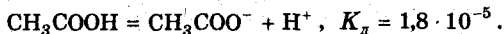
При образовании H_2O из 0,10 моль водорода выделится 28,54 кДж теплоты.

998. Поскольку при взаимодействии 0,10 моль меди с раствором кислоты выделяется 0,10 моль водорода, образуется соединение, в котором степень окисления меди равна +2. Так как медь стоит в ряду напряжений металлов после водорода, речь не может идти об «обычных» водных растворах кислот. Однако в неводных растворах медь может предшествовать водороду в ряду напряжений. Значит, один возможный ответ — раствор кислоты (скажем, хлороводородной) в неводном растворителе (например, ацетонитриле). Второе решение — подобрать кислоту, прочно связывающую катионы Cu^{2+} в комплексное соединение в водном растворе. Примером такой кислоты может служить цианистоводородная. Уравнение реакции растворения меди в растворе цианистоводородной кислоты



Образовалось 344,7 + 15,3 = 360 г раствора, содержащего 18 г уксусной кислоты. Массовая доля $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 5\%$. Молярная концентрация $c = 0,65$ моль/л, количество вещества — 0,234 моль.

Реакция диссоциации уксусной кислоты:



Можно считать, что концентрация ионов H^+ равна концентрации анионов, а концентрация кислоты равна начальной концентрации c . Отсюда

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_d \cdot c} = 3,42 \cdot 10^{-3}, \text{ pH} = 2,46.$$

При добавлении щелочи в количестве $100 \cdot 0,936 / 40 = 0,234$ моль кислоты полностью нейтрализуется, раствор становится щелочным благодаря гидролизу:



Можно считать, что концентрации гидроксид-ионов и уксусной кислоты одинаковы, а концентрация анионов вследствие гидролиза практически не изменяется:

$$c = 0,234 \text{ моль} / (360 \text{ мл} + 100 \text{ мл}) = 0,5 \text{ моль/л};$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{c \cdot K_w}{K_a}} = 1,68 \cdot 10^{-5}, \text{ рОН} = 4,77; \text{ рН} = 9,22.$$

$$1000. E_{\text{C-C}} + 6E_{\text{C-H}} = 2821 \text{ кДж/моль},$$

$$E_{\text{C=C}} + 4E_{\text{C-H}} + E_{\text{H-H}} = 2684 \text{ кДж/моль},$$

$$E_{\text{C}\equiv\text{C}} + 2E_{\text{C-H}} + 2E_{\text{H-H}} = 2510 \text{ кДж/моль},$$

$$\Delta H_1 = 2684 - 2821 = -137 \text{ кДж/моль},$$

$$\Delta H_2 = 2510 - 2821 = -311 \text{ кДж/моль}.$$

1001. Согласно данным таблицы, реакция $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{KI} = \text{KCl} + \text{C}_2\text{H}_5\text{I}$ является реакцией второго порядка. Значит, скорость реакции:

$$v = k \cdot c(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) \cdot c(\text{KI}), \text{ моль/(л} \cdot \text{с)},$$

$$k = 5,44 \cdot 10^{-7}, \text{ л/(моль} \cdot \text{с)}.$$

Реакция протекает согласно механизму S_N2 .

Список рекомендуемой и использованной литературы

1. *Адамович Т. П., Васильева Г. И., Попкович Г. А. Улазова А. Р.* Сборник упражнений и усложненных задач с решениями по химии.— Минск: Вышейш. шк., 1979.
2. *Бочеваров А. Д., Жикол О. А.* Химия в определениях, таблицах и схемах: Справочно-учебное пособие.— Харьков: Ранок, 1998.
3. *Буринська Н. М.* Основи загальної хімії: 11 клас: Пробний підручник для середніх загальноосвітніх закладів з поглибленим вивченням хімії.— К.: Перун, 1997.
4. *Гольдфарб Я. Л., Ходаков Ю. В.* Сборник задач и упражнений по химии.— М.: Просвещение, 1979.
5. *Гранкина Т. М.* Самостоятельные и контрольные работы по химии: Разноуровневые дидактические материалы.— Харьков: Гимназия, 1998.
6. *Дикерсон Р., Грей Г., Хейт Дж.* Основные законы химии.— М.: Мир, 1982.— Т. 1, 2.
7. *Домбровский А. В., Лукашова Н. И., Лукашов С. Н.* Химия 10: Органическая химия. Пробный учебник для 10 классов средней школы.— К.: Освита, 1995.
8. *Маршанова Г. Л.* 500 задач по химии: Пособие по общей и неорганической химии для учащихся 8—11 классов средней школы.— М.: Издат-школа, Райл, 1997.
9. *Попель П. П.* Складання рівнянь хімічних реакцій: Навч. посібник.— К.: Рута, 2000.
10. *Рязанцева Л. М., Лецинская З. Л., Суханова В. А.* Сборник задач и упражнений по общей химии.— М.: Высшая школа, 1991.— 288 с.
11. *Свитанько И. В., Харон Ю. В.* ЭВМ в решении расчетных химических задач.— М.: МИРОС, 1994.
12. *Семенов И. Н.* Задачи по химии повышенной сложности для абитуриентов: в 4-х выпусках.— Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1991.— Вып. 2, 3.
13. *Слета Л. А., Рязанцева А. П.* Методические указания и задания для школы юных химиков.— Харьков: ХГУ, 1986.
14. *Слета Л. А.* Химия. Справочник.— Харьков: Фолио; Ростов н/Д: Феникс, 1997.

15. *Слета Л. А., Холин Ю. В., Черный А. В.* Конкурсные задачи по химии с решениями: Пособие для старшеклассников и абитуриентов.— Харьков: Гимназия, 1997.
16. *Фримантл М.* Химия в действии.— М.: Мир, 1991.— Т. 1.
17. Харьковская областная олимпиада юных химиков (III тур Всеукраинской олимпиады по химии). Задания и решения / Н. Н. Верховод, Ю. В. Холин, А. Г. Николайчук и др.— Харьков, 1998.
18. Хімія: Всеукраїнські олімпіади: завдання та їх розв'язування / Авт.-упоряд. П. П. Попель.— К.: Либідь, 1997.
19. Хімія: завдання і тести / В. М. Амірханов, О. І. Білодід, М. М. Верховод та ін., під ред. М. Ю. Корнілова / — К.: Школяр, 2000.
20. Хімія: Посібник для вступників до вищих навчальних закладів / В. В. Сухан, Т. В. Табенська, А. Й. Капустян, В. Ф. Горлач.— К.: Либідь, 1996.
21. *Холин Ю. В., Слета Л. А.* Репетитор по химии: для школьников и абитуриентов.— Харьков: Фолио, 1998.— 400 с.
22. *Хомченко І. Г.* Збірник задач і вправ з хімії.— К.: Вища школа, 1992.

Содержание

Задачи

	Задачи	Ответы
1. Химия вокруг нас	4,	148
2. Состав атомов	8,	149
3. Электронное строение атомов	10,	150
4. Электронное строение атомов и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева	11,	151
5. Периодическая система химических элементов	13,	153
6. Степень окисления элементов	14,	154
7. Химическая связь: ковалентная и ионная	16,	155
8. Электронно-точечные и структурные формулы молекул	17,	156
9. Строение твердых веществ и жидкостей	19,	160
10. Атомные и молекулярные массы	21,	161
11. Количество вещества и его масса, молярная масса	23,	162
12. Количество вещества и его объем, молярный объем ...	24,	163
13. Плотность и относительная плотность газа	26,	165
14. Вычисления с использованием постоянной Авогадро ..	27,	166
15. Газовые законы	29,	167
16. Массовые доли химических элементов в соединениях	31,	169
17. Определение химической формулы вещества по данным о его количественном составе	32,	170
18. Определение истинной формулы вещества на основе эмпирической формулы и данных о плотности его паров	34,	173
19. Количественный состав смесей	36,	178
20. Количественный состав растворов	38,	180
21. Смешивание растворов	39,	182
22. Концентрация вещества в растворе	41,	184
23. Растворимость веществ	43,	186
24. Оксиды	44,	188
25. Основания. Кислоты	45,	190
26. Связь между классами неорганических соединений ...	46,	192
27. Взаимные превращения неорганических веществ	48,	194
28. Электролитическая диссоциация	50,	197
29. Степень диссоциации	52,	199
30. Слабые электролиты. Константа диссоциации	53,	202
31. Ионное произведение воды. Водородный показатель ...	55,	206
32. Ионные реакции в растворах	57,	211
33. Гидролиз солей	59,	214
34. Комплексные соединения	60,	218

35. Окислительно-восстановительные реакции. Метод электронного баланса	62,	220
36. Окислительно-восстановительные реакции. Метод электронно-ионного баланса. Взаимодействие металлов с кислотами	65,	223
37. Окислительно-восстановительные свойства неорганических соединений	70,	226
38. Электрохимические реакции. Электролиз	72,	228
39. Количественные отношения в химии	74,	230
40. Вычисления по уравнениям химических реакций	78,	232
41. Вычисления по термохимическим уравнениям	80,	235
42. Вычисления по уравнениям химических реакций, если один из реагентов содержит примеси	82,	239
43. Вычисления по уравнениям реакций, протекающих в водных растворах	83,	243
44. Вычисления по уравнениям последовательных реакций	85,	247
45. Вычисления по уравнениям параллельных реакций	87,	253
46. Вычисление количественного состава газовых смесей, если в них протекают химические реакции	88,	260
47. Вычисления по уравнениям реакций с учетом практического выхода продукта	90,	264
48. Вычисления на основе закона эквивалентных отношений	92,	268
49. Химические эквиваленты сложных веществ	94,	272
50. Скорость химической реакции	96,	275
51. Зависимость скорости реакции от температуры. Энергия активации	98,	278
52. Химическое равновесие. Константа равновесия	100,	280
53. Вычисления равновесного состава	101,	282
54. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье	103,	284
55. Электронное строение органических соединений	105,	287
56. Предельные углеводороды: структурные формулы, структурные изомеры	107,	288
57. Номенклатура и синтез алканов	109,	292
58. Строение и свойства алканов	111,	294
59. Алкены: номенклатура, синтез, <i>цис-транс</i> -изомерия	113,	299
60. Химические свойства алкенов	115,	301
61. Алкадиены	116,	304
62. Алкины	118,	308
63. Галогенопроизводные предельных углеводородов. Реакции нуклеофильного замещения	119,	311
64. Ненасыщенные галогенопроизводные	121,	314

65. Номенклатура и синтез спиртов	122,	317
66. Свойства спиртов	123,	319
67. Альдегиды и кетоны	125,	323
68. Номенклатура и синтез карбоновых кислот	126,	327
69. Свойства карбоновых кислот. Производные карбоновых кислот	127,	330
70. Оксикислоты. Аминокислоты	130,	333
71. Ароматичность	132,	337
72. Изомерия и синтез производных бензола	135,	338
73. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре	136,	341
74. Обобщение знаний по органической химии. Генетическая связь между классами органических соединений	139,	348
75. Задачи областных олимпиад юных химиков. 8 класс	141,	353
76. Задачи областных олимпиад юных химиков. 9 класс	142,	354
77. Задачи областных олимпиад юных химиков. 10 класс	144,	356
78. Задачи областных олимпиад юных химиков. 11 класс	145,	359

*Людмила Алексеевна Слета,
Анатолий Васильевич Черный,
Юрий Валентинович Холин*

**1001 задача по химии
с ответами, указаниями, решениями**

**Редактор О.Г. Неро
Технический редактор А.Г. Веревкин
Корректоры Л.О. Дьякова, О.Е. Пономаренко**

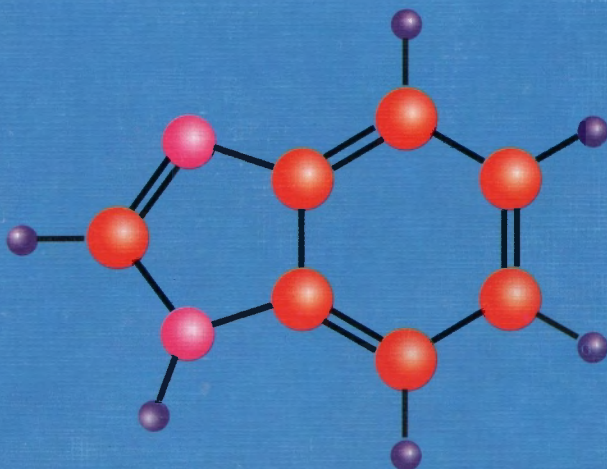
Издание печатается по лицензии НИЦ «Ранок»

ИД № 03253 от 15.11.2000

**Печать офсетная. Формат 60х90/16.
Тираж 5 000 экз. Зак. 4821.**

**ООО «Илекса», 121354, г. Москва, Измайловское шоссе, 48а
Заказы по телефонам: в Москве (095) 365-30-55**

**Отпечатано в ОАО ордена Трудового Красного Знамени
«Чеховский полиграфический комбинат»
142300 г. Чехов Московской области
Т/ф (501) 443-92-17, т/ф (272) 6-25-36
E-mail: chpk_marketing@chehov.ru**



Нет ничего более увлекательного, чем самостоятельно разрешить сложную проблему, выдвинуть новую идею, сделать открытие или создать целую систему знаний.

В этом вам сможет помочь наш сборник, в котором собраны разнообразные задачи по химии (от простых до самых сложных). Пусть решаемая вами задача не очень сложна, но если она заставляет проявить изобретательность и любознательность — цель достигнута.

С этой книгой вы будете шаг за шагом продвигаться к пониманию химии, узнаете массу интересного о веществах и их превращениях. Прочные знания — первый шаг к будущим открытиям.

ISBN 5-89237-122-0



ИЗДАТЕЛЬСТВО
РАНО

интернет-магазин
OZON.ru



38696378