

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
КУЙБЫШЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Н Е М Е Т А Л Л Ы

Методические указания
для самостоятельной работы
по неорганической химии

Куйбышев 1990

Составители: доц. Серезкина Л.Б., проф. Серезкин В.Н.

Отв. редактор: проф. Серезкин В.Н.

Обучение студентов-химиков в университетах страны традиционно начинается с курса "Неорганическая химия". Большой объем новой информации, получаемой на лекциях и лабораторных занятиях по неорганической химии, требует от студентов значительных усилий для ее усвоения и последующего активного использования при выяснении взаимосвязи между составом, строением и свойствами конкретных неорганических соединений. Знакомясь с целым рядом принципиально новых понятий и представлений, а также многочисленными экспериментальными данными, в процессе их усвоения студент-первокурсник неизбежно сталкивается с необходимостью активной и регулярной самостоятельной работы.

Данное пособие ставит целью помочь студентам-химикам в организации их самостоятельной работы по изучению химии неметаллов при подготовке к коллоквиумам, семинарам и лабораторным занятиям. В соответствии с этим по всем разделам химии неметаллов в пособии указаны важнейшие темы, на которые студент должен обратить особое внимание при самостоятельной работе с учебниками, а также приведены вопросы, которые позволяют студентам самостоятельно проверить правильность усвоения теоретического материала. В пособие включен также краткий теоретический раздел, посвященный стереохимии соединений AX_n , где А и X-атомы неметаллов.

При написании пособия особое внимание уделялось вопросам, которые позволяют проверить знание студентами электронного строения атомов и молекул, структуры, а также окислительно-восстановительных, кислотно-основных свойств и основных методов получения важнейших соединений неметаллов. Большая часть вопросов для самоконтроля побуждает студентов обратить особое внимание на характер изменения важнейших физико-химических свойств неметаллов и их соединений как по группам, так и по периодам системы элементов Менделеева.

Студентам, использующим настоящее пособие, необходимо в первую очередь усвоить теоретический материал соответствующего раздела, ру-

ководствуясь вопросами, которые предшествуют вопросам для самоконтроля. Для проверки правильности условия материала следует использовать вопросы для самоконтроля. После каждого вопроса приводятся пять ответов (а, б, в, г, д), один или несколько из которых является правильными. При осуществлении самоконтроля студенту рекомендуется сначала ознакомиться с вопросом, записать номер правильного ответа, а затем сверить его с приведенными в конце настоящего пособия.

СТЕРЕОХИМИЯ СОЕДИНЕНИЙ НЕМЕТАЛЛОВ $A\bar{X}_n$

Стереохимией называют раздел химии, изучающий пространственное строение молекул. Началом стереохимии неорганических соединений можно считать координационную теорию А. Вернера (1893г.), которая наряду с объяснением возможности образования комплексных соединений отвечала также на вопросы о пространственном расположении атомов вокруг центрального атома-комплексобразователя.

Однако быстрое развитие неорганической стереохимии последовало только после возникновения таких физических методов исследования строения вещества, как рентгеноструктурный анализ, электроно- и нейтроннография, ИК-, КР- и ЯМР-спектроскопия. Использование этих методов дало возможность устанавливать геометрическое строение неорганических веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии.

Накопленный к настоящему времени обширный экспериментальный материал позволил установить некоторые принципы стереохимии неорганических соединений. Мы рассмотрим основные особенности пространственного строения соединений $A\bar{X}_n$, в которых центральный атом неметалла А окружает n атомов X. Атомы или ионы X являются монодентатными лигандами, если они занимают одно координационное место у центрального атома А. Примером монодентатных лигандов являются ионы F^- , Cl^- , Br^- , CN^- , OH^- , молекулы H_2O , CO , NH_3 и некоторые другие. Если в молекуле $A\bar{X}_n$ все лиганды X являются монодентатными, то количество присоединенных лигандов n определяет координационное число центрального атома А. Кроме монодентатных известны и полидентатные лиганды, в качестве которых выступают многоатомные ионы или молекулы. Так, если лиганд X занимает два координационных места в координационной сфере одного атома А, то он называется бидентатно-циклическим, три-тридентатно-циклическим и т.д. Примером неорганических лигандов, способ-

ных играть роль бидентатно-циклических лигандов, являются анионы NO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} и некоторые другие.

КООРДИНАЦИОННЫЕ ЧИСЛА И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ AX_n

Имеющиеся экспериментальные данные свидетельствуют о том, что координационное число атома А в молекулах AX_n (А — атом неметалла) может изменяться в пределах от 1 до 7 в зависимости от природы атомов А и X. Рассмотрим типы взаимного размещения атомов X при изменении координационного числа центрального атома от двух до семи, т.е. в случае координационного числа А, равного единице, возникающие молекулы AX могут обладать, естественно, только линейным строением. При описании координационных многогранников мы будем пренебрегать искажением их формы, вызванным различием природы атомов X. Так, например, будем считать, что молекулы SNCI_3 , CH_2Cl_2 и CH_3Cl , подобно CH_4 или CCl_4 , имеет тетраэдрическое строение, хотя несомненно, что разная природа атомов X в первых трех молекулах обуславливает искажение тетраэдрической конфигурации и приводит к изменению симметрии молекул.

Координационное число два

Для координационного числа два известны две геометрические конфигурации. Молекулы AX_2 могут иметь или угловое (иначе V-образное) или линейное (если угол X-A-X равен 180°) строение.

Координационное число три

В зависимости от взаимного расположения атомов молекулы AX_3 могут иметь треугольное, T-образное или треугольно-пирамидальное строение. При треугольной и T-образной координации все атомы лежат в одной плоскости.

Координационное число четыре

Для координационного числа 4 известны три геометрические конфигурации расположения атомов X вокруг центрального атома А: тетраэдрическая, бисфеноидная и конфигурация плоского квадрата, из которых наиболее часто встречается тетраэдрическая.

Координационное число пять

Соединения AX_5 характеризуются двумя типами расположения атомов X вокруг центрального атома. В одном случае атом A находится в центре тригональной бипирамиды, а во втором — в центре квадратной пирамиды из атомов X.

Координационное число шесть

В молекулах AX_6 координационные многогранники атома неметалла A обычно являются правильными октаэдром.

Координационное число семь

В настоящее время известно единственное соединение состава AX_7 , а именно IF_7 , в котором центральный атом неметалла проявляет координационное число семь. В этом соединении атомы фтора расположены в вершинах пентагональной бипирамиды, в центре которой размещен атом иода.

Соединения AX_n (A — атом неметалла) с координационными числами больше семи неизвестны.

СТЕРЕОХИМИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ

Какая связь существует между электронным строением атома неметалла A и геометрическим строением молекул AX_n ? Рассмотрим, как известные стереохимические теории отвечают на этот вопрос.

Метод валентных связей (МВС)

Согласно МВС координационное число атома A определяется количеством его атомных орбиталей (АО), способных участвовать в образовании двухцентровых локализованных σ -связей. Так, у атомов неметаллов II периода для образования связей A — X могут быть использованы одна $2s$ и три $2p$ АО. Поэтому максимальное координационное число этих атомов равно четырем. У неметаллов III периода кроме одной s и трех p АО в образовании σ -связей могут участвовать также и пять d -орбиталей, а у неметаллов IV и V периодов еще и семь f -орбиталей, в результате чего атомы этих элементов теоретически способны

проявлять более высокие координационные числа. Однако, как следует из ранее рассмотренных экспериментальных фактов, координационное число атомов неметаллов III - V периодов в соединениях $AХ_n$ обычно ограничено шестью. Это, по-видимому, обусловлено пространственными затруднениями, включающими взаимное отталкивание атомов X друг от друга.

Для объяснения геометрии молекул $AХ_n$ в МВС используется представление о гибридизации АО центрального атома А. В табл. I представлена взаимосвязь между пространственным строением молекул $AХ_n$ и типом гибридизации АО атома А.

Таблица I
Взаимосвязь типа гибридизации АО и строения молекул

Состав молекулы	Пространственное строение	Тип гибридизации АО центрального атома
$AХ_2$	линейное	sp
$AХ_3$	треугольное	sp^2
$AХ_4$	тетраэдрическое	sp^3
$AХ_4$	плоский квадрат	sp^2d
$AХ_5$	тригонально-бипирамидальное	$sp^3d_{z^2}$
$AХ_5$	квадратно-пирамидальное	$sp^3d_{x^2-y^2}$
$AХ_6$	октаэдрическое	sp^3d^2
$AХ_7$	пентагонально-бипирамидальное	sp^3d^2f

Необходимо особо отметить, что понятие гибридизации АО применяется в основном для описания уже установленного экспериментально пространственного строения молекул, так как во многих случаях, пользуясь им, не удается правильно предсказать пространственную конфигурацию молекул. Например, на основании данных табл. I можно было бы предполагать, что молекулы BF_3 , NF_3 и CF_3 имеют одинаковое строение (треугольное), обусловленное sp^2 -гибридным состоянием центрального атома. Однако экспериментально установлено, что BF_3 имеет треугольное, NF_3 - пирамидальное, а CF_3 - Т-образное строение. Аналогично молекулы $AХ_5$ в зависимости от типа d-орбитали, участвующей в гибридизации, могут иметь либо тригонально-бипирамидальную ($sp^3d_{z^2}$) либо квадратно-пирамидальную ($sp^3d_{x^2-y^2}$) конфигурацию. Однако, не зная реального строения молекул, МВС не в состоянии без дополнительных допущений безошибочно предсказать возможный тип гиб-

гибризации центрального атома А, а, следовательно, и структуру молекул AX_5 .

Метод молекулярных орбиталей (ММО)

Для определения геометрической конфигурации молекул AX_n с помощью ММО необходимо провести сложные квантовомеханические расчеты, позволяющие установить зависимость энергии молекулы как от характера пространственного расположения атомов X вокруг атома А, так и от величин межатомных расстояний А - X и валентных углов X - А - X. Мы воспользуемся менее строгим подходом, исходя из предположения, что стабильность той или иной геометрической конфигурации молекулы зависит в основном от ее симметрии. Хотя этот метод носит качественный характер, однако он позволяет сравнительно легко предсказать устойчивую конфигурацию молекулы AX_n . Суть указанного метода заключается в следующем. Для предполагаемых конфигураций молекулы AX_n , отличающихся симметрией, рассчитывают диаграммы энергетических уровней МО. С учетом принципа Паули и правила Хунда электроны, участвующие в образовании связей в молекуле, размещают по МО в порядке увеличения их энергии. Выбор между возможными геометрическими конфигурациями молекулы осуществляют исходя из предположения, что наиболее устойчива та конфигурация, для которой разность количества электронов на связывающих и разрывающих МО максимальна. В качестве примера рассмотрим молекулу CH_4 . На рис. I представлены диаграммы энергетических уровней МО для двух предполагаемых конфигураций этой молекулы - тетраэдрической и квадратной. Не останавливаясь на методике построения диаграмм энергетических уровней МО для многоатомных молекул, основанной на использовании теории групп, отметим, что символы a_1 , t_2 , a_{1g} и другие, представленные на приведенных диаграммах, указывают симметрию исходных АО и образованных МО. В соответствии с диаграммами электронное строение молекулы CH_4 в случае тетраэдрической конфигурации можно записать в виде $a_1^2 t_2^6$. Поскольку МО симметрии a_1 и t_2 являются связывающими, указанная электронная конфигурация соответствует наличию восьми электронов на связывающих МО. Для молекулы метана со структурой квадрата электронная конфигурация имеет вид $a_{1g}^2 e_g^4 b_{1g}^2$. В этом случае из восьми электронов на связывающих МО (симметрии a_{1g} и e_g) находится только шесть, а оставшиеся два электрона располагаются на несвязывающей МО симметрии b_{1g} . Несвязывающий характер этой орбитали обусловлен тем, что она образ-

вана только АО атомов водорода и не может взаимодействовать с АО атома углерода из-за отсутствия у него АО симметрии b_{1g} . Итак, из приведенных диаграмм энергетических уровней МО следует, что молекулы CH_4 имеют тетраэдрическое, а не квадратное строение, так как для первой структуры молекул метана разность количества электронов на связывающих и разрыхляющих МО равна восьми, а для второй — только шести.

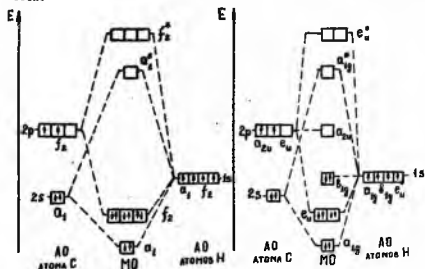


Рис. 1. Диаграммы энергетических уровней МО для а) тетраэдрической (слева); б) квадратной конфигураций молекулы CH_4 (справа)

Кроме указанного подхода в МО имеются более строгие методы определения геометрической конфигурации молекул AX_n , в частности, метод диаграмм Уолда и др., которые будут рассматриваться позднее.

Теория отталкивания валентных электронных пар

Кроме рассмотренных методов определить геометрическую конфигурацию молекул AX_n можно также с помощью правил, получивших название теории отталкивания валентных электронных пар (сокращенно теория СВЭП).

Наиболее важное правило этой теории гласит, что в молекулах

AX_n электронные пары на валентной оболочке атома А принимают также расположение, при котором они максимально удалены друг от друга. Рассмотрим сначала молекулы без кратных связей. В этом случае каждая связь А - X соответствует наличию в валентной оболочке атома А одной электронной пары. Максимальное координационное число атома неметалла А в соединениях AX_n равно семи, поэтому нам достаточно выяснить, какое взаимное пространственное расположение вокруг атома А займут 2, 3, 4, 5, 6 или 7 электронных пар. Расчеты приводят к следующим возможным геометрическим конфигурациям расположения электронных пар, находящихся на одинаковом расстоянии от ядра атома А и удаленных друг от друга на максимальное расстояние (табл. 2).

Таблица 2

Геометрические конфигурации равноудаленных электронных пар

Количество электронных пар	Геометрическая конфигурация	Тип гибридизации атома А
2	линейная	sp
3	правильный треугольник	sp^2
4	тетраэдр	sp^3
5	тригональная бипирамида	$sp^3d_{z^2}$
6	октаэдр	sp^3d^2

Для семи электронных пар теория ОВЭП предсказывает четыре возможных геометрических конфигурации: одношпичный октаэдр, одношпичную тригональную призму, пентагональную бипирамиду и еще одну конфигурацию, не имеющую особого названия.

При объяснении и предсказании пространственного строения молекул теория ОВЭП основное внимание обращает на два типа электронных пар - связывающие и несвязывающие (т.е. неподеленные). Обозначим неподеленную электронную пару символом Е и запишем состав всех рассматриваемых молекул в виде AX_nE_m . Если в такой молекуле отсутствуют кратные связи, то на валентной оболочке атома неметалла А будет находиться всего $n+m$ электронных пар, из них n - связывающих и m - несвязывающих. Согласно теории ОВЭП геометрическое строение молекулы определяется наиболее вероятным пространственным расположением всех $n+m$ электронных пар. Пространственные структуры известных молекул и ионов AX_nE_m , которые предсказываются теорией ОВЭП, можно привести в виде сводной таблицы 3.

Таблица 3

Пространственное строение молекул AX_nE_m

Тип молекул	!Количество электронных пар ! σ -связывающих!	!Количество неподеленных!	!Геометрическая форма молекул !	!Примеры !
AX_2	2	0	линейная	CO_2 , BeH_2
AX_3	3	0	треугольная	$COCl_2$, BCl_3
AX_2E	2	1	уголковая	$NOCl$, SO_2
AX_4	4	0	тетрадр	SO_2Cl_2 , CH_4
AX_3E	3	1	треугольная пирамида	$NOCl_2$, NH_3
AX_2E_2	2	2	уголковая	TeO_2 , H_2O
AX_5	5	0	тригональная бипирамида	SOF_4 , PCl_5
AX_4E	4	1	бисфеноид	TeO_2F_2 , SF_4
AX_3E_2	3	2	T-образная	$TeOF_2$, ClF_3
AX_2E_3	2	3	линейная	TeF_2 , I_3^-
AX_6	6	0	октадр	IOF_5 , SF_6
AX_5E	5	1	квадратная пирамида	$TeOF_4$, IF_5
AX_4E_2	4	2	квадрат	TeF_4
AX_7	7	0	пентагональная бипирамида	IF_7
AX_6E	6	1	искаженный октадр	TeF_6 , IF_6^+

Следует отметить, что для молекул состава AX_4E , AX_3E_2 , AX_2E_3 и AX_4E_2 существует несколько возможных вариантов взаимного размещения неподеленных и связывающих электронных пар, которые приводят к разной геометрической форме молекул. Выбор между возникающими альтернативными структурами осуществляют на основании следующего правила теории ОВЭП: если для молекулы AX_nE_m возможно несколько ге-

ометрических конфигураций, различающихся взаимным положением неподеленных электронных пар, то наиболее устойчивой является та конфигурация, для которой взаимодействие этих электронных пар с другими минимально. При этом считается, что наиболее сильно отталкиваются друг от друга неподеленные электронные пары, а наиболее слабо — связывающие.

В соответствии с этим правилом в молекулах $AХ_4E_2$ две неподеленные пары располагаются в транс-, а не цис-положении по отношению друг к другу, в результате чего эти молекулы имеют форму квадрата. По этой же причине в молекулах $AХ_4E$, $AХ_3E_2$ и $AХ_2E_3$ неподеленные электронные пары располагаются в экваториальной плоскости тригональной бипирамиды, образованной пятью электронными парами, вследствие чего молекулы $AХ_4E$ имеют бисоеннодную, $AХ_3E_2$ — Т-образную, а $AХ_2E_3$ — линейную форму.

Перейдем теперь к молекулам $AХ_n$ с кратными связями. Согласно теории ОВЗП кратные связи не влияют на стереохимию молекул $AХ_n$, которая определяется числом σ -связывающих и неподеленных электронных пар. Поэтому при подсчете электронных пар в валентной оболочке атома А нужно исключить те электронные пары, которые используются для образования кратных связей.

При определении общего числа валентных электронных пар в молекуле состава $AХ_n$ необходимо учитывать, что атом А предоставляет n^A , а каждый лиганд Х — соответственно $(8-n^X)$ электронов, где n^A и n^X — номера группы периодической системы элементов, в которой находятся соответственно атомы А и Х. Следует также иметь в виду, что количество π -связей, образованных одним лигандом Х с атомом А, равно $(7 - n^X)$, где n^X имеет вышеуказанное значение.

В качестве примера рассмотрим процедуру определения геометрической формы молекул COF_2 , SOF_2 и IOF_2 , имеющих одинаковую структурную формулу $F \underset{F}{\overset{F}{\text{A}}} = O$. Для образования связей с центральным атомом каждый атом фтора предоставляет по одному электрону (т.к. $n^F = 7$), а каждый атом кислорода — два (т.к. $n^O = 6$). Всего атомы фтора и кислорода предоставляют в валентную оболочку центрального атома $1 \cdot 2 + 2 = 4$ электрона. Кроме того, в валентной оболочке центральных атомов С, S или Хе в соответствии с их положением в периодической системе (n^A равно 4, 6 или 8) имеется соответственно 4, 6 и 8 электронов. Таким образом, в валентной оболочке атомов С, S и Хе в молекулах AOF_2 (А = С, S или Хе) находится

соответственно 8, 10 и 12 электронов, что эквивалентно 4, 5 и 6 электронным парам. Как видно из структурной формулы соединений, одна электронная пара используется для образования кратной X-связи. Вычитая ее из общего числа электронных пар, поскольку она не влияет на стереохимию молекул, получим, что вокруг центрального атома в молекуле COF_2 располагается три, в SOF_2 - четыре, а в XeOF_2 - пять валентных электронных пар. Во всех молекулах центральный атом образует три σ -связи, для чего используются три электронных пары. Следовательно, все "лишние" электронные пары будут несвязывающими. Учитывая их, формулы рассматриваемых молекул можно записать в виде COF_2 , SOF_2E и XeOF_2E_2 . Так как в теории ОВЭП природа атомов X, связанных с центральным атомом А, не учитывается, то рассматриваемые молекулы относятся соответственно к молекулам типа AX_3 , AX_3E и AX_3E_2 . Опираясь на ранее рассмотренные правила или с помощью табл.3, несложно установить, что молекулы COF_2 имеют треугольное, SOF_2 - треугольно-пирамидальное, а XeOF_2 - Т-образное строение. Учитывая, что в валентной оболочке центрального атома в этих молекулах располагается соответственно 3, 4 и 5 σ -электронных пар, согласно табл.2 можно также считать, что атомы С, S и Xe находятся соответственно в состоянии sp^2 , sp^3 и sp^3d гибридизации.

ИНЕРТНЫЕ ГАЗЫ

1. Рассмотрите электронное строение атомов инертных газов и объясните их малую реакционную способность.
2. Почему молекулы всех инертных газов одноатомны? Объясните этот факт с помощью метода молекулярных орбиталей.
3. В чем заключаются аномальные свойства жидкого гелия?
4. Ознакомьтесь с ходом изменения атомных радиусов, температур плавления и кипения (рис.2) и величин энергий ионизации в ряду инертных газов. Пользуясь этими данными, ответьте на вопросы:
 - а) Как должна изменяться реакционная способность в ряду инертных газов?
 - б) Как изменение полярности молекул в ряду инертных газов влияет на температуры плавления и кипения (рис.2) ?
 - в) Почему при переходе от гелия к радону растворимость в воде увеличивается более, чем в 40 раз ?
5. Какие соединения называются клатратами? Какова природа связи в соединениях включения? Где находят применение клатратные соединения?

6. Каково практическое применение находит различная устойчивость клатратов инертных газов?

7. Какие степени окисления проявляет ксенон в своих соединениях? Приведите примеры.

8. Какие фторидные соединения ксенона известны? Напишите уравнения реакций их получения и рассмотрите физико-химические свойства.

9. Рассмотрите электронное строение молекулы XeF_2 , изоэлектронных молекул XeF_4 и IF_5 , XeF_6 и IF_7 . Какова вероятная гибридизация атомов ксенона во фторидах с позиции теории ОВЭП?

10. В чем состоит теория трехцентровых гипервалентных связей? Как она объясняет строение XeF_2 , XeF_4 и XeF_6 ?

11. Напишите уравнения реакций взаимодействия фторидов ксенона с водой.

12. Какие кислородсодержащие соединения ксенона и криптона известны? Как их получают и какими свойствами они обладают?

Вопросы для самоконтроля

1. Из всех инертных газов наиболее широко распространен в природе

- а) He б) Ne в) Ar г) Kr д) Xe

2. Из всех известных веществ самым низким температурам плавления и кипения из-за ничтожной полярности обладает

- а) He б) Ne в) Ar г) Kr д) Xe

3. Из указанных атомов наибольшей энергией ионизации обладает

- а) Xe б) Kr в) Ar г) Ne д) He

4. Какое утверждение ошибочно?

При увеличении атомных радиусов инертных газов в ряду

He - Ne - Ar - Kr - Xe - Rn соответственно увеличивается и

- а) полярность атомов;
б) температура сжижения газов;
в) устойчивость клатратных соединений;
г) растворимость инертных газов в воде;
д) энергия ионизации атомов $\text{E}^0 \rightarrow \text{E}^+$.

5. Какова геометрическая конфигурация молекулы XeO_4 ?

- а) плоский квадрат; б) тетраэдр; в) 4^{X} -угольная пирамида.

6. В какой из указанных молекул атом ксенона находится (с позиции теории ОВЭП) в состоянии sp^3d -гибридизации?

а) XeO_3 б) XeOF_4 в) XeF_6 г) XeF_4 д) XeF_2

7. Какое утверждение ошибочно?

а) У всех инертных газов в валентном слое имеется по восемь электронов;

б) инертные газы получают в процессе сжижения и последующего фракционирования воздуха;

в) инертные газы способны к образованию клатратов - молекулярных соединений включения;

г) с увеличением атомных радиусов инертных газов их растворимость в воде и других растворителях увеличивается;

д) согласно методу молекулярных орбиталей в соединениях инертных газов с кислородом и фтором связи между атомами образованы за счет трехцентровых молекулярных орбиталей.

8. Какое утверждение ошибочно?

а) В земной коре галлий образуется за счет α -распада радиоактивных элементов.

б) Инертные газы используются в технике для создания инертной атмосферы при различных процессах.

в) С увеличением атомных радиусов инертных газов устойчивость клатратов и других молекулярных соединений клатратного типа уменьшается.

г) С увеличением атомных радиусов инертных газов поляризуемость атомов увеличивается.

д) Фториды и оксиды кобальта являются сильными окислителями.

9. Какое утверждение ошибочно?

а) гелий и криптон образуются в результате радиоактивных превращений некоторых атомов в минералах;

б) с уменьшением потенциалов ионизации усиливается способность инертных газов вступать в химическое взаимодействие;

в) атомы инертных газов взаимодействуют между собой только за счет слабых ван-дерваальсовых сил;

г) один из изотопов гелия - ^4He - в жидком состоянии обладает свойством сверхтекучести;

д) согласно методу молекулярных орбиталей молекулярные ионы He_2^+ не существуют.

ГАЛОГЕНЫ

I. Рассмотрите электронное строение атомов галогенов. Какие

степени окисления характерны для этих элементов? Приведите примеры соединений.

2. Как в ряду $F_2 - Cl_2 - Br_2 - I_2$ изменяются

- атомные радиусы;
- физические свойства галогенов;
- прочность молекул Hal_2 ;
- окислительные свойства;
- восстановительные свойства?

3. Выпишите из справочника величины окислительно-восстановительных потенциалов (E^0) для систем $X^-/1/2X_2$ (X - галоген). Учитывая величины E^0 , проиллюстрируйте ход изменения окислительной активности галогенов на примере их взаимодействия а) с серой; б) с водородом.

4. Напишите уравнения реакций получения фтора, хлора, брома и йода в промышленности и лаборатории. Почему фтор не может быть получен из его соединений химическим путем?

5. Почему для получения каждого последующего галогена в ряду $Cl_2 - Br_2 - I_2$ из соответствующего галогеноводорода или галогенида можно использовать все более слабые окислители?

6. Какими методами можно получить водородные соединения галогенов? Какими физическими и химическими свойствами обладают галогеноводороды?

7. Объясните, как в ряду галогеноводородов изменяются следующие свойства:

- термическая устойчивость;
- кислотные свойства водных растворов;
- восстановительные свойства.

8. На рис. 2 приведен график изменения температур кипения галогеноводородов.

Какие дополнительные межмолекулярные взаимодействия обуславливают аномально высокую температуру кипения фтороводорода?

9. С чем связано различие в протекании реакции между галогенидом калия и концентрированной серной кислотой? Напишите уравнения всех реакций.

10. Объясните причины существования устойчивых солей фтороводородной кислоты типа KHF_2 .

11. Почему из всех галогеноводородных кислот только плавиковая кислота взаимодействует с оксидом кремния (IV)? В чем заключается различие взаимодействия газообразного фтороводорода и раствора плавиковой кислоты с оксидом кремния (IV)?

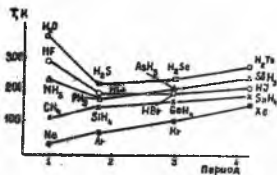


Рис. 2. Температуры кипения некоторых ковалентных гидридов

12. Почему фторид калия кристаллизуется в виде гидрата, а хлорид, бромид и иодид калия дают только безводные соли?

13. Как видно из таблицы, растворимость галогенидов щелочных металлов (в г/100 г воды) увеличивается в ряду фторид - хлорид - бромид - иодид.

	F	Cl	Br	I
Li	0,3	83,2	155	162
Na	4,3	35,7	94,6	179,3

Объясните причины указанной закономерности.

14. Какие соединения с кислородом образует фтор? Напишите реакции, характеризующие свойства и получение диоксида хлора.

15. Какие оксиды хлора являются кислотообразующими? Напишите уравнения реакций получения оксидов хлора.

16. Каким электронным строением обладают оксиды хлора? Почему оксид хлора (VI) существует в виде димера?

17. Напишите реакции получения кислородсодержащих кислот хлора. Сравните их химические свойства и объясните закономерности в изменениях:

- кислотных свойств;
- окислительных свойств;

в) термической стабильности.

18. Какие соединения с кислородом образует бром и йод? Какие оксиды являются кислотообразующими? Напишите реакции получения оксидов брома и йода.

19. Напишите реакции получения кислородосодержащих кислот брома и йода. Сравните их химические свойства и объясните закономерности в изменении:

- кислотных свойств;
- окислительных свойств;
- термической устойчивости.

20. Напишите реакции взаимодействия всех галогенов с водой. Объясните наблюдающиеся различия.

21. Почему при взаимодействии хлора с холодными и горячими растворами гидроксида калия получаются различные продукты?

22. Напишите реакции, которые происходят в следующих случаях:

- к хлорной воде добавляется иодная вода;
- к водному раствору бромиде калия добавляется хлорная вода;
- к подкисленному раствору иодата калия добавляется водный раствор иодида калия.

23. Какие соединения галогенов друг с другом существуют? Каковы особенности химических свойств и строения межгалогенных соединений?

24. Приведите примеры соединений галогенов, которые обладают:

- только восстановительными свойствами;
- только окислительными свойствами;
- как окислительными, так и восстановительными свойствами.

Напишите уравнения реакций с участием названных соединений.

25. Приведите примеры соединений галогенов, имеющих следующее строение:

- изогнутые молекулы A_2B ;
- пирамидальные молекулы AB_3 и ионы AB_3^- ;
- T - образные молекулы AB_3 ;
- тетраэдрические ионы $[AB_4]^-$;
- линейные ионы A_3^- и $[AB_2]^-$;
- молекула AX_7 в форме пентагональной бипирамиды;
- октаэдрические анионы $[AB_6]^{5-}$.

Вопросы для самоконтроля

1. Фтор в природе встречается в виде

- а) F_2 ; б) CaF_2 ; в) HF ; г) ZrF_4 ; д) SiF_3

2. Хлор в природе встречается в виде

- а) $NaCl$; б) Cl_2 ; в) HCl ; г) ClO_2 ; д) PCl_5

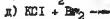
3. Из галогенов наибольшей электроотрицательностью обладает

- а) I_2 ; б) Br_2 ; в) Cl_2 ; г) F_2

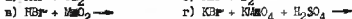
4. Атомы хлора находятся в состоянии sp^3 -гибридизации в

- а) ClO_4^- ; б) ClO_3^- ; в) ClO_2^- ; г) ClF_3 ; д) ClF_5

5. В какой из указанных реакций не происходит образования хлора?



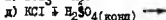
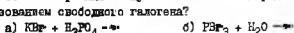
6. В какой из указанных реакций не происходит образование брома?



7. Из галогенов наиболее сильным окислителем является

- а) F_2 ; б) Cl_2 ; в) Br_2 ; г) I_2

8. Какая реакция получения галогеноводорода сопровождается образованием свободного галогена?



9. Наиболее сильным восстановителем является

- а) HF ; б) HCl ; в) HBr ; г) HI

10. Термическая устойчивость минимальна у галогеноводорода

- а) HF ; б) HCl ; в) HBr ; г) HI

11. Из указанных кислот наиболее сильной является

- а) HF ; б) HCl ; в) HBr ; г) HI

12. Какой из оксидов можно рассматривать как смешанный ангидрид двух кислот?

- а) Cl_2O ; б) Cl_2O_7 ; в) ClO_3 ; г) Br_2O ; д) I_2O_5

13. Какая из указанных молекул парамагнитна?

- а) Cl_2O ; б) Cl_2O_7 ; в) Br_2O ; г) I_2O_5 ; д) ClO_3

14. Какая из кислот называется хлорной?

- а) HCl ; б) $HOCl$; в) $HClO_2$; г) $HClO_3$; д) $HClO_4$

15. Соли какой кислоты называют гипохлоритами?

а) HCl ; б) HClO ; в) HClO_2 ; г) HClO_3 ; д) HClO_4

16. Какая кислота является наиболее сильной?

а) HClO_4 ; б) HClO_3 ; в) HClO_2 ; г) HClO ; д) HCl

17. Из указанных анионов наибольшей устойчивостью обладают

анионы

а) ClO^- ; б) ClO_2^- ; в) ClO_3^- ; г) ClO_4^-

18. Какое соединение присутствует среди продуктов взаимодействия хлорной воды с водной водой?

а) HCl ; б) HOCl ; в) HClO_3 ; г) HClO_4

19. Каким веществом следует пользоваться для осушения хлора?

а) разб. H_2SO_4 б) тв. NaOH в) CaO г) конц. H_2SO_4 д) тв. CaCl_2

20. Максимальная концентрация продажной соляной кислоты, используемой в лаборатории, составляет около

а) 27% б) 37% в) 57% г) 97% д) 100%

21. Из указанных молекул и ионов линейное строение имеет

а) ClO_2 ; б) ClO_2^- ; в) Br_2O ; г) I_3^- ; д) Cl_2O

22. Какое утверждение ошибочно?

а) При пропускании хлора в нагретый раствор гидроксида калия образуется бертолетова соль.

б) Иодная кислота по своей силе намного слабее, чем хлорная.

в) Анионы Hal^- проявляют окислительные свойства.

г) Иодиды щелочных металлов обладают способностью образовывать полигалогениды, присоединяя в водных растворах молекулы галогенов, например, $\text{I}^- + \text{I}_2 \rightarrow \text{I}_3^-$

д) Гипохлориты, гипобромиты и гипоиодиты при нагревании разлагаются с выделением кислорода или диспропорционируют по уравнению $3\text{OX}^- \rightarrow 2\text{X}^- + \text{XO}_3^-$ (X - галоген).

23. Какое утверждение ошибочно?

а) По сравнению с галогеноводородами галогены плохо растворяются в воде.

б) Мегалогенные соединения состава AB_3 (например, ICl_3) имеют T-образное строение.

в) Для брома степень окисления +VII не характерна.

г) Соли водной кислоты H_5IO_6 называются периодатами.

д) Разновесие реакции $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HOCl}$ при добавлении серной кислоты сместится вправо.

24. Какое утверждение ошибочно?

а) Молекулы HF сильно полярны и склонны к ассоциации за счет водородных связей.

б) Для вода, как и для брома, степень окисления +VII не характерна.

в) Ионы XO_2^- имеют линейное строение.

г) В ряду анионов XO_n^- ($n = 1, 2, 3, 4$) устойчивость анионов возрастает с увеличением n .

д) Согласно методу молекулярных орбиталей в молекуле F_2 порядок связи равен 1.

КИСЛОРОД, СЕРА, СЕЛЕН, ТЕЛЛУР

1. Сравните электронное строение атомов кислорода, серы, селена и теллура. Объясните, какой из элементов в виде простого вещества является наиболее сильным окислителем.

2. Как изменяется характерное координационное число при переходе от кислорода к теллуру? Ответ поясните.

3. Объясните, как различие в строении простых веществ в ряду кислород-сера-селен-теллур-полоний сказывается на изменении электропроводности, температур плавления и других физических свойств.

4. Напишите схему расположения электронов по энергетическим уровням в молекуле O_2 с помощью метода молекулярных орбиталей. Объясните различную устойчивость следующих молекул и ионов: O_2 , O_2^+ , O_2^- , O_2^{2-} .

5. Какие вещества называются парамагнитными и диамагнитными? Объясните парамагнетизм молекул O_2 , S_2 , Se_2 и Te_2 .

6. Охарактеризуйте получение и свойства озона. Какое строение имеет молекула озона?

7. Сформулируйте правило фаз Гиббса. Дайте определение следующих понятий: фаза, степень свободы, компонент, система гомогенная и гетерогенная.

8. Познакомьтесь с (P,T) диаграммой состояния серы, изображенной на рис.3.

а) Разберитесь, какие фазы сосуществуют во всех точках, указанных на рис.3.

б) Какие превращения произойдут в системах, обозначенных точками С, О, Н, если, не изменяя температуру, увеличивать давление, и точками И, О, Я, если при постоянном давлении повышать температуру?

в) С помощью принципа Ле-Шателье, исходя из диаграммы состояния серы, установите, какая модификация серы - ромбическая или моноклинная, обладает большей плотностью.

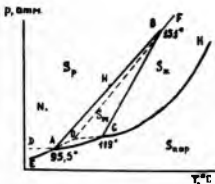


Рис.3. Диаграмма состояния серы

9. Какие водородные соединения образуют сера, селен и теллур? Как они получают и какими свойствами обладают?

10. Как изменяются в ряду $H_2O - H_2S - H_2Se - H_2Te$

- термическая устойчивость;
- кислотные свойства водных растворов;
- восстановительные свойства?

11. Почему из всех соединений H_2E , где $E = O, S, Se, Te$, только H_2O при обычных условиях является жидкостью, тогда как остальные находятся в газообразном состоянии (рис.2)?

12. Объясните причины уменьшения валентного угла HЭH в соединениях H_2E , где $E = O, S, Se, Te$

H_2O	H_2S	H_2Se	H_2Te
$104,5^{\circ}$	92°	91°	90°

13. Ознакомьтесь с (p,T) диаграммой воды, изображенной на рис.4:

а) Что изображают кривые OB, OC, OA?

б) Почему кривая OB на диаграмме состояния воды наклонена влево, а на диаграмме состояния серы вправо по отношению к оси давлений?

в) Каким числом степеней свободы обладает система, изображенная точкой O, почему?

14. Какова роль воды в структуре следующих соединений:

$6Ni_2 \cdot 46H_2O$; $ZeSO_4 \cdot 4H_2O$; $KF \cdot 2H_2O$; $MnO_2 \cdot 2H_2O$?

15. Почему водный раствор сероводорода при длительном стоянии

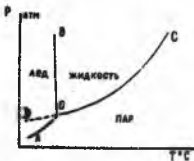


Рис.4. Диаграмма состояния воды

на воздухе становится мутным?

16. Почему анионы элементов шестой группы S^{2-} обладают большими радиусами по сравнению с соответствующими изоэлектронными анионами элементов седьмой группы?

17. Почему сульфид меди можно осадить из раствора действием сероводородной воды, а сульфид марганца нельзя, но оба сульфида осаждаются сульфидом аммония?

Дайте объяснение с привлечением понятия произведения растворимости.

18. Каким путем можно перевести сульфид железа, сульфид меди в сульфид ртути в растворимое состояние?

19. Почему серебряные и медные предметы в присутствии сероводорода быстро чернеют?

20. Приведите примеры соединений, в которых существуют цепи из атомов серы, связанных друг с другом.

Чем объясняется большая устойчивость таких цепей в соединениях серы по сравнению с соединениями кислорода?

21. Охарактеризуйте соединения серы с галогенами. Сравните реакционную способность SF_6 и S_2Cl_2 . Каков вероятный тип гибридизации атома серы в S_2F_{10} , SF_4 , SF_6 ?

22. Почему в отличие от SF_6 и SF_4 не существует ни OF_6 , ни OF_4 ?

23. Как получают сернистый газ в лаборатории и технике? Охарактеризуйте его строение и свойства. Как изменятся окислительные и восстановительные свойства в ряду оксидов серы (IV), селена (IV), теллура (IV) и соответствующих им кислот?

24. Почему водные растворы сульфитов на воздухе легко окисляются до сульфатов?

25. Охарактеризуйте получение, строение и свойства оксидов серы (VI), селена (VI) и теллура (VI).

26. Укажите основные способы получения серной кислоты. Какие химические процессы лежат в основе этих способов? Почему при производстве серной кислоты оксид серы (VI) поглощают не водой, а концентрированной серной кислотой?

27. Почему при приготовлении разбавленных растворов серной кислоты необходимо кислоту вливать в воду, а не наоборот?

28. Объясните различие отношения разбавленной серной кислоты к цинку и меди, учитывая значения $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$, $E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$.

29. Объясните действие разбавленной и концентрированной серной кислоты на медь.

30. Какие из нижеперечисленных газов можно осушать, пропуская их через концентрированную серную кислоту: сероводород, сернистый газ, хлороводород, аммиак?

31. Сравните термическую устойчивость, кислотные и окислительно-восстановительные свойства следующих кислот:

H_2SO_3 и H_2SO_4 , H_2SO_4 и H_2SeO_4 , H_2SeO_4 и H_6TeO_6 , H_2SO_3 и H_2TeO_3

32. Как получают тиосульфат натрия? Напишите реакции взаимодействия тиосульфата натрия с галогенами.

33. Как ведут себя при нагревании NaHSO_3 , NaHSO_4 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, H_6TeO_6 , H_2SeO_3 , Na_2SO_4 ?

34. Какое влияние оказывают вакантные 3d-орбитали атома серы на прочность связи S-O в кислородных соединениях?

35. Приведите общую формулу политионовых кислот. Какое строение имеют полтитонаты и как они получают?

36. Охарактеризуйте способы получения, свойства и строение пероксосерных кислот. Почему для получения пероксосульфатов не может быть использован ни один окислитель? Почему не существует пероксодисульфат железа (II)?

37. Опишите электронное строение следующих молекул и вероятный тип гибридизации центральных атомов

O_3 , SO_2 , SO_2Cl_2 , SeCl_2 , SeO_3 , SeCl_4 , TeCl_6 .

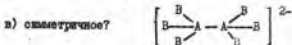
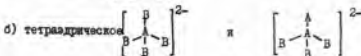
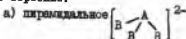
38. Какие молекулы, содержащие атомы элементов шестой группы, обладают следующим строением:



б) плоская?



39. Какие ионы, содержащие атомы элементов шестой группы, имеют строение:



Вопросы для самоконтроля

1. Существующая при нормальных условиях ромбическая модификация серы построена из молекул

а) S_8 б) S_2 в) S_4 г) S_6 д) S_{16}

2. Из указанных молекул парамагнитны молекулы

а) S_8 б) O_3 в) O_2 г) SO_3 д) S_2

3. Для серы (VI) наиболее характерным типом гибридизации орбиталей является состояние

а) sp б) sp^2 в) sp^3 г) sp^3d д) sp^3d^2

4. Наиболее сильным окислителем является

а) O_2 б) F в) Se г) Te

5. Кислород проявляет восстановительные свойства только по отношению к

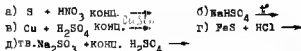
а) H_2Se б) SO_2 в) P_4 г) S_8 д) F_2

6. В каких реакциях сероводород не образуется?

а) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ конц.} \rightarrow$ б) $\text{FeS} + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

в) $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \text{ (конц.)} \rightarrow$ г) $\text{H}_2 + \text{S} \xrightarrow{\text{t}}$ д) $\text{Al}_2\text{S}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

7. В лабораторных условиях сероводород можно получить по реак-



8. Наименьшей термической устойчивостью обладает



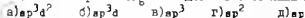
9. Наиболее сильно восстановительные свойства выражены у



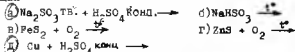
10. Из указанных соединений наиболее сильной кислотой является водный раствор



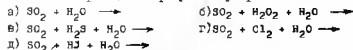
11. Атомы серы в SF_6 находятся в состоянии гибридизации



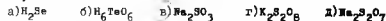
12. В лабораторных условиях оксид серы (IV) получают по реакции



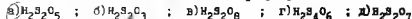
13. В каких реакциях образуется сульфат-ионы?



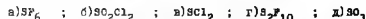
14. Какое из указанных соединений может проявлять и окислительные, и восстановительные свойства?



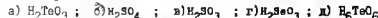
15. Соли какой кислоты называются пиросульфитами?



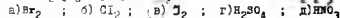
16. Атомы серы находятся в sp^2 - гибридном состоянии в молекулах



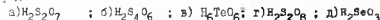
17. Из указанных кислот наиболее сильной является



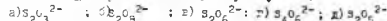
18. $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ образуется при взаимодействии $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ с



19. При гидролизе какой из указанных кислот образуется пероксид водорода?



20. В каком из указанных ионов отсутствует связь S-S ?



21. В каких ионах или молекулах имеются связи σ - π ?

- а) $S_2O_3^{2-}$; б) $H_2S_2O_7$; в) $S_2O_8^{2-}$; г) $S_4O_6^{2-}$

22. Какой из указанных ионов обладает только восстановительными свойствами?

- а) $S_2O_8^{2-}$; б) $S_4O_6^{2-}$; в) S^{2-} ; г) SeO_4^{2-} ; д) TeO_3^{2-}

23. Какое утверждение ошибочно?

а) Так как образование многозарядных одноатомных ионов энергетически невыгодно, то не существует соединений, содержащих катионы S^{6+} ;

б) Молекулы S_2 диамагнитны.

в) Строение молекул оксида серы (IV) аналогично строению молекулы озона.

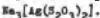
г) Равновесие реакции $SeO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HSeO_3^-$ при добавлении KOH смещается вправо.

д) При разбавлении концентрированной серной кислоты ее небольшими порциями вливают в воду.

24. Какое утверждение ошибочно?

а) Ионы SO_3^{2-} обладают восстановительными свойствами.

б) Использование тиосульфата натрия в фотографии основано на образовании хорошо растворимого комплексного соединения



в) Для теллура (VI) в соединениях наиболее характерно координационное число 6.

г) Тетрахлориды серы и селена довольно легко гидролизуются по реакции $SI_4 + 3H_2O \rightleftharpoons H_2SiO_3 + 4HI$.

д) Молекулы H_2S неполярны. Следовательно, они неполярны и не обладают постоянными дипольными моментами.

АЗОТ. ФОСФОР

1. Сравните электронное строение атомов азота и фосфора. Какие степени окисления характерны для этих элементов? Приведите примеры.

2. Какие координационные числа могут проявлять азот и фосфор в своих соединениях? Приведите примеры.

3. Какими физическими и химическими свойствами обладает азот и фосфор? Как связана реакционная способность азота и различных модификаций фосфора с их строением?

4. Приведите примеры реакций, иллюстрирующих сильные восстановительные свойства белого фосфора (с кислородом, растворами дихромата калия, сульфата меди, нитрата серебра). Проявляет ли белый фосфор окислительные свойства?

5. Какие пути намечает современная химия для решения проблемы связывания атмосферного азота?

6. Укажите методы получения водородных соединений азота и фосфора. Каково их строение?

7. Рассмотрите ход изменения температур кипения водородных соединений ЭН_3 (где Э = N, P, As, Sb) (рис.2) и объясните его немонотонность.

8. Объясните причины различий термической устойчивости, растворимости в воде, основных, окислительно-восстановительных и донорных свойств одинаковых по стехиометрии водородных соединений азота и фосфора.

9. Каково строение гидразина, гидразингидрата, сульфата гидразина и гидроксиламина? Какими окислительно-восстановительными свойствами обладают эти соединения? Приведите примеры реакций.

10. Принято считать, что гидроксид алюминия является слабым основанием с $K_{\text{дисс.}} = 10^{-5}$. К какой реакции в действительности относится эта константа равновесия? Имеются ли какие-либо доказательства существования недиссоциированного гидроксида алюминия?

11. Расположите следующие соединения в порядке возрастания основности: NH_3 , N_2H_4 , NH_2OH . Обоснуйте предложенную Вами последовательность.

12. Рассмотрите электронное строение и природу связи в ионах NH_4^+ и PH_4^+ . Дайте определение следующих понятий: донорно-акцепторная связь, координационное число.

13. Напишите реакции термического разложения следующих солей: NH_4NO_2 , NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, NH_4Cl , NH_4MgPO_4 , NH_4ClO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Чем объясняется различие в продуктах реакции? Какова устойчивость солей фосфония?

14. Какие соединения образует азот и фосфор с галогенами? Сравните реакционную способность NF_3 и NCl_3 , PCl_3 и PF_3 . Объясните наблюдающиеся различия.

15. Сравните реакции гидролиза NCl_3 и PCl_3 , PCl_3 и PCl_5 . Объясните наблюдающиеся различия.

16. Почему не существует NCl_5 , тогда как PCl_5 образуется?

17. Напишите реакции, которые используются для получения оксидов азота в лабораториях и технике. Какими физическими свойствами обладают оксиды азота?

18. Как относится каждый из оксидов азота к нагреванию, кислороду воздуха, воде, водному раствору щелочи? Какие из оксидов являются ангидридами соответствующих кислот?

19. Объясните причину легкой ионизации молекулы NO с образованием иона нитрозила NO^+ с позиций метода молекулярных орбиталей.

20. Имеется ли связь в строении молекул белого фосфора и молекул оксида фосфора (III) и оксида фосфора (V)?

21. Сравните строение и свойства одинаковых по стехиометрии оксидов азота и фосфора.

22. Какие кислородсодержащие кислоты азота известны? Укажите методы их получения, физические свойства и характерные реакции.

23. Составьте электронно-ионные схемы для всех возможных процессов восстановления нитрат-ионов.

24. Выпишите преобладающий продукт восстановления в следующую схему:

	металлы неактивные (Cu, Hg, Au)	металлы средн. акт. (Co, Ni)	металлы активные (Mg, Zn, Ca)
конц. HNO_3			
средн. разб. HNO_3 (30%)			
очень разб. HNO_3 (3-5%)			

25. Каков состав "царской водки" и где она применяется?

26. Напишите структурные формулы фосфорноватистой, фосфористой и ортофосфорной кислот. Каковы основность и окислительно-восстановительные свойства каждой из этих кислот?

27. Приведите примеры окислительно-восстановительных реакций с участием фосфорноватистой и фосфористой кислот.

28. Как изменяется устойчивость ионов в ряду $\text{PH}_4^+ - \text{H}_2\text{PO}_2^- - \text{HPO}_3^{2-} - \text{PO}_4^{3-}$, почему?

29. Опишите особенности строения, способы получения и устойчивость поли- и метафосфатов.

30. Объясните, почему разбавленные (1%-ые) растворы фосфатов натрия характеризуются различными значениями концентрации водородных ионов: $\text{KNa}_2\text{PO}_4 - \text{pH}=4,6$; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 - \text{pH}=8,9$; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 - \text{pH}=12,1$.

31. Сравните строение, термическую устойчивость, окислительно-восстановительные свойства и силу следующих кислот:

HNO_2 и HNO_3 , H_3PO_4 и H_3PO_3 , HNO_2 и H_3PO_3 , HNO_3 и HFO_3 .

32. Почему в отличие от азотной кислоты хлородные кислоты фосфора (У) не являются окислителями?

33. Какими качественными реакциями можно обнаружить наличие нитрат- и фосфат-ионов в растворе?

34. Объясните, почему существующий при низких температурах кристаллогидрат азотной кислоты $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ является нитратом гидроксония H_3ONO_3 , в то время, как гидрат $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ состоит из молекул $(\text{OH})_3\text{PO}$.

35. Опишите электронное строение и вероятный тип гибридизации центральных атомов следующих ионов и молекул: NH_3 , N_3^- , N_2O , NO_2 , NO_3^- , PCl_3 , PH_4^+ , PCl_6^- , PO_4^{3-} .

36. Какие соединения азота и фосфора используются в качестве удобрений? Напишите уравнения реакций, которые лежат в основе технологических схем получения фосфорных и азотных удобрений.

37. Приведите примеры соединений азота или фосфора, имеющих следующее строение:

а) линейные молекулы A_2B и ионы $[\text{AB}_2]^+$;

б) изогнутые молекулы A_2B и ABC ;

в) пирамидальные молекулы A_3B ;

г) линейные ионы $[\text{A}_3]^-$;

д) плоские ионы $\left[\begin{array}{c} \text{B} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{B} \quad \text{B} \end{array} \right]^-$

е) тетраэдрические ионы $[\text{AB}_4]^{3-}$, $[\text{AB}_4]^+$ и тетраэдрические молекулы A_4 ;

ж) октаэдрические ионы $[\text{AB}_6]^-$.

Вопросы для самоконтроля

1. В природе азот встречается в виде

а) NH_3 б) N_2 в) N_2H_4 г) HNO_3 д) KNO_3

2. Фосфор в природе встречается в виде

а) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; б) PH_3 ; в) P_4 ; г) P_4O_{10} ; д) H_3PO_4

3. В лабораторных условиях N_2 получают по реакции

а) $\text{NH}_4\text{NO}_2 \xrightarrow{t}$ б) $\text{HNO}_3 \xrightarrow{t}$ в) $\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{t}$ г) $\text{KNO}_3 \xrightarrow{t}$

д) $\text{Ca} + \text{HNO}_3 \xrightarrow{t}$

4. При комнатной температуре азот легко взаимодействует с:

а) O_2 ; б) H_2 ; в) Ca ; г) Cl_2 ; д) Li

5. Аммиаческую посуду в лаборатории для удаления остатков белого фосфора моет обычно раствором:

а) H_2O ; б) HCl ; в) $CaSO_4$; г) $AgNO_3$

6. В лабораторных условиях аммиак получают по реакции

а) $N_2 + 3H_2 \xrightarrow{t, P, Pt} 2NH_3$; б) $NH_4NO_3 \xrightarrow{t} N_2O + 2H_2O$; в) $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t} N_2 + 4H_2O + Cr_2O_3$
г) $NH_4Cl + NaOH \rightarrow NH_3 + H_2O + NaCl$; д) $NH_4Cl + KNO_2 \xrightarrow{t} N_2 + 2H_2O + KCl$

7. При взаимодействии аммиака с гипохлоритом натрия образуется

а) NH_3 ; б) N_2 ; в) N_2H_4 ; г) NO ; д) NH_2OH

8. Фосфин образуется при взаимодействии белого фосфора с

а) конц. HNO_3 ; б) H_2O ; в) $NH_3 \cdot aq$; г) конц. KOH ; д) H_2 .

9. Из указанных соединений наиболее сильным основанием является:

а) NH_3 ; б) HNO_2 ; в) P_2H_4 ; г) NH_2OH ; д) NH_2

10. Из водородных соединений ZnH_2 элементов V группы периодической системы наиболее устойчив

а) VH_3 ; б) ZnH_2 ; в) AsH_3 ; г) PH_3 ; д) NH_3

11. В лабораторных условиях N_2O получают по реакции

а) $NH_4NO_2 \xrightarrow{t} N_2O + 2H_2O$; б) $(NH_4)_2SO_4 \xrightarrow{t} N_2 + 2H_2O + 2H_2SO_4$; в) $NH_4NO_3 \xrightarrow{t} N_2O + 2H_2O$
г) $NH_4MgPO_4 \xrightarrow{t} N_2 + 2H_2O + 2MgO + 2H_3PO_4$; д) $N_2 + O_2 \xrightarrow{t} 2NO$

12. В лабораторных условиях NO получают по реакции

а) $Ca + разб. HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2$; б) $Ca + конц. HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + NO + H_2O$
в) $KNO_2 \xrightarrow{t} KNO + NO$; г) $NH_4NO_2 \xrightarrow{t} N_2O + 2H_2O$; д) $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t} N_2 + 4H_2O + Cr_2O_3$

13. В лабораторных условиях NO_2 получают по реакции

а) $HNO_2 \xrightarrow{t} NO + NO_2$; б) $N_2 + O_2 \xrightarrow{t} 2NO$; в) $NH_3 + O_2 \xrightarrow{t, Pt} NO + H_2O$
г) $Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{t} PbO + 2NO_2$; д) $Ca + конц. HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + NO + H_2O$

14. Из оксидов азота термически самым нестабильным является

а) N_2O ; б) NO ; в) N_2O_3 ; г) NO_2 ; д) N_2O_5

15. Из оксидов азота самым сильным окислителем является

а) N_2O ; б) NO ; в) N_2O_3 ; г) NO_2 ; д) N_2O_5

16. Из оксидов азота легче всего окисляется на воздухе

а) N_2O ; б) NO ; в) N_2O_3 ; г) NO_2 ; д) N_2O_5

17. Из указанных молекул парамагнитна только

а) N_2O ; б) N_2O_4 ; в) NO_2 ; г) N_2O_3 ; д) N_2O_5

18. Связи N-N отсутствуют только в молекулах

а) N_2O ; б) N_2O_4 ; в) N_2H_4 ; г) N_2O_5 ; д) NH_3

19. Из указанных ионов только окислительные свойства проявляет ион

а) NO_3^- ; б) NO_2^- ; в) N_3^- ; г) H_2PO_2^- ; д) NH_4^+

20. Наиболее сильной кислотой из указанных является

а) H_3PO_4 ; б) HNO_2 ; в) HNO_3 ; г) HN_3 ; д) H_3PO_3

21. Из указанных кислот двухосновной является

а) H_3PO_4 ; б) H_3PO_2 ; в) $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$; г) H_3PO_3 ; д) HPO_3

22. Соли какой из указанных кислот называются фосфитами?

а) H_3PO_4 ; б) $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$; в) H_3PO_3 ; г) HPO_3 ; д) H_3PO_2

23. Связи P - H отсутствуют только в

а) H_3PO_3 ; б) H_3PO_2 ; в) P_2H_4 ; г) H_3PO_4 ; д) PH_3

24. 0,1 N раствор в воде каждого из указанных веществ имеет

наибольшую величину водородного показателя (рН)

а) Na_2HPO_4 ; б) Na_2HPO_4 ; в) Na_3PO_4 ; г) H_3PO_4 ; д) H_3PO_3

25. К реакциям диспропорционирования относятся реакция

а) $\text{P}_4 + \text{KOH}_{\text{конц.}} \xrightarrow{t}$; б) $\text{P} + \text{H}_2\text{O}$; в) $\text{P}_4 + \text{AgNO}_3 \rightarrow$

г) $\text{H}_3\text{PO}_3 \xrightarrow{t}$; д) $\text{PBr}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

26. Из указанных молекулы линейное строение имеет только

а) NO_2 ; б) NOCl ; в) H_2O ; г) H_2O_2 ; д) HN_3

27. Твердый PCl_5 состоит из ионов PCl_4^+ и PCl_6^- , в которых атомы фосфора находятся соответственно в состояниях гибридизации

а) sp^3 и sp^3d^2 ; б) sp^2 и sp^3d ; в) sp^2 и sp^3d^2

г) sp^3 и sp^3d ; д) sp^2 и sp^3 .

28. В молекуле аммиака атом азота находится в состоянии гибридизации

а) sp ; б) sp^2 ; в) sp^3 ; г) sp^3d ; д) sp^3d^2

29. Из указанных ионов линейное строение имеет только

а) NO_2^- ; б) N_3^- ; в) H_2PO_2^- ; г) NO_3^- ; д) PO_4^{3-}

30. Какое утверждение ошибочно?

а) Водные растворы аммиака правильнее описывать формулой $\text{NH}_3 \cdot aq$, а не NH_4OH .

б) Гидроксидамин в кислой среде проявляет окислительные свойства.

в) Для фосфора в кислородных соединениях наиболее характерно координационное число, равное трем.

г) В реакции $\text{HN}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$ атом азота в аммиаке является донором электронной пары.

д) Для усиления гидролиза Na_2HPO_4 к раствору можно добавить соляной кислоты.

31. Какое утверждение ошибочно?

а) В ионе NH_4^+ одна из связей N-H образуется по донорно-акцепторному механизму.

б) Согласно методу молекулярных орбиталей в молекуле N_2 порядок связи равен трем.

в) Соли фосфорноватистой кислоты, называемые гипофосфитами, являются сильными восстановителями.

г) При взаимодействии разбавленной азотной кислоты с цинком образуются нитрат цинка и водород.

д) В молекулах фосфористой и фосфорноватистой кислот координационное число атомов фосфора равно четырем.

32. Какое утверждение ошибочно?

а) Белый фосфор, так же как и красный фосфор, при комнатной температуре не взаимодействует с кислородом воздуха.

б) В кристаллическом состоянии пентахлорид фосфора состоит из тетраэдрических катионов PCl_4^+ и октаэдрических анионов PCl_6^- .

в) При дегидратации азотной кислоты с помощью P_4O_{10} можно получить N_2O_5 .

г) Галогениды фосфора быстро гидролизуются водой.

д) Оксид азота (II) очень легко соединяется с кислородом, образуя бурый оксид азота (IV).

33. Какое утверждение ошибочно?

а) У фосфора, как элемента третьего периода, роль валентных играют также $3d$ - орбитали.

б) Дипольный момент молекулы NO_2 не равен 0, следовательно, угол O-N-O не равен 180° .

в) Молекула NH_3 является донором электронной пары.

г) В ионе NH_4^+ все связи равноценны.

д) Ион NH_4^+ является донором электронной пары.

УГЛЕРОД. КРЕМНИЙ

1. Рассмотрите электронное строение атомов углерода и кремния в основном и возбужденном состоянии. Какие степени окисления характерны для этих элементов? Приведите примеры.

2. Почему атомы кремния могут образовывать шесть валентных связей (например, в ионе SiF_6^{2-}), тогда как максимальное число ковалентных связей, образованных одним атомом углерода, равно четырем.

3. Каковы основные типы гибридизации атомов углерода и кремния? Приведите примеры соединений.
4. Докажите возможность существования двухатомной молекулы C_2 с помощью метода молекулярных орбиталей. Какова кратность связи в этой молекуле?
5. Какими физическими и химическими свойствами обладают углерод и кремний? Как влияет на свойства разных модификаций углерода их строение?
6. Чем обусловлена высокая адсорбционная способность угля, силикагеля? В чем заключается процесс приготовления активированного угля, силикагеля?
7. На каком свойстве углерода и кремния основано их использование в металлургии для получения металлов в виде простых веществ?
8. Сравните отношение углерода и кремния к концентрированным растворам H_2SO_4 , HNO_3 , $NaOH$ и смеси HF с HNO_3 .
9. Какие соединения называются карбидами и силицидами? Рассмотрите реакции получения, строение, свойства и применение этих соединений.
10. Как различаются карбиды металлов по действию на них воды и кислот? На какие группы их можно разделить?
11. Какое соединение образует углерод с кремнием? Каким строением и свойствами обладает это соединение, где оно применяется?
12. Сравните свойства водородных соединений углерода и кремния. Чем объясняется различная устойчивость и реакционная способность соединений H_{2n+2} , где $Z = C, Si$?
13. Какие соединения образует углерод и кремний с галогенами? Какими химическими свойствами они обладают? Сравните действие воды на CCl_4 и $SiCl_4$, $SiCl_4$ и SiF_4 .
14. Рассмотрите электронное строение оксида углерода (II) с помощью метода молекулярных орбиталей. Чем объясняются сильные донорные свойства молекулы оксида углерода (II)? Приведите примеры комплексных соединений, содержащих в качестве лигандов молекулы оксида углерода (II).
15. Укажите различие в строении оксида углерода (II) и монооксида кремния SiO . С чем это различие связано?
16. В каком состоянии гибридизации находится атом углерода в оксиде углерода (IV) и атом кремния в кристаллическом оксиде кремния (IV)?
17. Как связано различие физических и химических свойств оксидов углерода (IV) и кремния (IV) с их строением?

18. Какие процессы происходят при взаимодействии оксида углерода (IV) с водой? Какие молекулы и ионы находятся в образующемся при этом растворе? Напишите уравнения реакций.

19. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно перевести SiO_2 в растворимое состояние. Почему оксид кремния (IV) растворяется в HF и не растворяется в HCl, HBr и HI? Напишите уравнение реакции.

20. Сравните способы получения, состав, строение, силу и характерные реакции угольной и кремниевой кислот.

21. Чем отличаются истинные и коллоидные растворы? Дайте определение следующих понятий: гель, золь, коллоидная частица, мляцелла. Какие процессы называют пелтизацией и коагуляцией? Приведите примеры.

22. Напишите уравнения реакций гидролиза карбоната и силиката натрия. Какие факторы влияют на степень гидролиза?

23. Почему с помощью реакций, протекающих в растворе, невозможно приготовить карбонаты железа и алюминия?

24. Какие способы соединения тетраэдров SiO_4 друг с другом встречаются в кристаллических силикатах?

На примере асбеста $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{11}](\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$.
слюды $(\text{K}, \text{Na})\text{Al}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ и
послевых шпатов $(\text{K}, \text{Na})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ объясните взаимосвязь между строением и физико-химическими свойствами силикатов.

25. Рассмотрите особенности строения стекла. Укажите состав кварцевого, известкового и боросиликатного стекол. Какие свойства обладают эти стекла и где их применяют?

26. Приведите несколько реакций, согласно которым дициан $(\text{CN})_2$ относят к псевдогалогенам.

27. Рассмотрите способы получения, строение, физические свойства и характерные реакции цианводородной кислоты. На чем основано использование цианидов в технике для извлечения благородных металлов из руд? Ответы иллюстрируйте уравнениями реакций.

28. Напишите реакции получения солей, содержащих цианамид-, цианат- и тиоцианат (роданид)-ионы. Объясните сходство в строении этих ионов с позицией метода валентных связей.

29. Приведите примеры соединений углерода или кремния, обладающих следующим строением:

- а) линейные молекулы А - В - А, А - В - С,
А - В - В - А;
- б) треугольные молекулы А - В $\begin{matrix} \text{C} \\ \diagdown \\ \text{B} \\ \diagup \\ \text{C} \end{matrix}$
- в) вены $\left[\text{A} - \text{B} \begin{matrix} \text{A} \\ \diagdown \\ \text{A} \end{matrix} \right]^{2-}$
- г) тетраэдрические молекулы АВ₄ ;
- д) октаэдрические вены АВ₆²⁻.

Вопросы для самоконтроля

1. По распространенности в земной коре кремний находится на .? . месте
- а) 1 ; б) 2 ; в) 3 ; г) 4 ; д) 5
2. В лабораторных условиях элементарный кремний можно получить восстановлением SiO₂ с помощью
- а) Mg ; б) HCl ; в) Ca ; г) H₂S ; д) SO₂
3. Кремний растворяется с выделением водорода в растворе
- а) HCl ; б) H₂SO₄ ; в) HF + HNO₃ ; г) NH₄OH ; д) NH₃
4. Из указанных карбидов водой не разлагается только
- а) Al₄C₃ ; б) Be₂C ; в) Mn₃C ; г) SiC ; д) CaC₂
5. Так как с водородом кремний не взаимодействует, то силаны получают косвенным путем, например, по реакции
- а) Si + HCl → ; б) SiO₂ + HCl → ; в) SiC + HCl →
- г) Mg₂Si + HCl → ; д) K₂SiO₃ + HCl →
6. При взаимодействии с кислородом самопроизвольно воспламеняется только
- а) SiH₄ ; б) SiH₃ ; в) SiC ; г) SiO₂ ; д) CO₂
7. Взаимодействуя с водой, выделяет водород только
- а) C₂H₆ ; б) CaC₂ ; в) Si₂H₆ ; г) CaCO₃ ; д) CaSiO₃
8. В воде мгновенно и целиком гидролизуется только
- а) SiCl₄ ; б) CCl₄ ; в) SiC ; г) K₂CO₃ ; д) K₂SiO₃
9. Из приведенных галогенидов гидролизуется по реакции $3 \text{X}_4 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{SX}_6 + \text{H}_2\text{SO}_3$ только

а) CCl_4 ; б) Si_2 ; в) SiBr_4 ; г) SiCl_4 ; д) SiF_4

10. Согласно методу молекулярных орбиталей по электронному строению молекулы CO подобны молекулам

а) NO ; б) N_2 ; в) O_2 ; г) F_2 ; д) H_2

11. В лабораторных условиях CO получают по реакции

а) $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{1200^\circ}$; б) $\text{CaCO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow$
в) $\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{t^\circ}$; г) $\text{HCOOH} \xrightarrow[\text{конц. H}_2\text{SO}_4]{t^\circ}$; д) $\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ}$

12. Восстановительные свойства из указанных соединений проявляет только

а) CO_2 ; б) SiO_2 ; в) CO ; г) CaCO_3 ; д) CaSiO_3

13. В лабораторных условиях CO_2 получают по реакции

а) $\text{CaC}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$; б) $\text{CaCO}_3 + \text{HCl}$ раствор \longrightarrow
в) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow[\text{конц. H}_2\text{SO}_4]{t^\circ}$; г) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{t^\circ}$; д) $\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ}$

14. Атомы углерода находятся в sp -гибридном состоянии в молекуле

а) C_2H_4 ; б) CH_4 ; в) COCl_2 ; г) CO_2 ; д) C_2H_6

15. SiO_2 , SiS_2 и SiC имеют полимерное строение из-за повышенной устойчивости sp^3 -гибридного состояния атомов кремния.

а) sp ; б) sp^2 ; в) sp^3 ; г) sp^3d ; д) sp^3d^2

16. Из указанных соединений хуже всего в воде растворяется

а) CO_2 ; б) K_2CO_3 ; в) Na_2SiO_3 ; г) Na_2SiF_6 ; д) SiO_2

17. В оксиде кремния (IV) в всех соединениях каждый атом кремния окружен n атомами кислорода

а) 2 ; б) 3 ; в) 4 ; г) 6 ; д) 8

18. Самой слабой из приведенных кислот является

а) H_2SiO_3 ; б) H_2CO_3 ; в) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$; г) CH_3COOH ; д) H_2SiF_6

19. Приближенный состав технического стекла соответствует формуле

а) $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$; б) $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$; в) KAlSi_3O_8

г) $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$; д) $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$

20. Соли какой из указанных кислот называются пиксидами

а) HNO_3 ; б) HSCN ; в) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$; г) HCN ; д) H_2CO_3

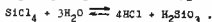
21. Какое утверждение ошибочно?

- а) В основном состоянии атомы углерода имеют электронную конфигурацию $1s^2 2s^2 2p^2$.
- б) Кремний в природе не встречается в свободном состоянии.
- в) Для кремния наиболее характерно координационное число 4.
- г) Из галогенов только фтор непосредственно взаимодействует с углеродом с образованием CF_4 .
- д) Тетрафторид кремния гидролизуется по реакции



22. Какое утверждение ошибочно?

- а) В отличие от алмаза графит является проводником тепла и электрического тока.
- б) Все силаны имеют общую формулу $Si_n H_{2n+2}$.
- в) Кремниевую кислоту получают при взаимодействии оксида кремния (IV) с водой.
- г) Тетрахлористый углерод не растворяется в воде.
- д) Тетрахлорид кремния легко гидролизуется по реакции



БОР

1. Рассмотрите электронное строение атома бора в основном и возбужденном состоянии. Какие степени окисления проявляет этот элемент в своих соединениях? Приведите примеры.

2. Чему равно максимальное число ковалентных связей, образуемых одним атомом бора? Ответ поясните. Назовите основные типы гибридизации атома бора. Приведите примеры соединений.

3. Охарактеризуйте физические свойства бора. С какими особенностями в строении связаны высокие температуры кипения и плавления и высокая твердость кристаллического бора?

4. Охарактеризуйте химическую активность бора – его отношение к кислороду, галогенам, концентрированным растворам кислот и щелочей.

5. Каков химический состав водородных соединений бора? Почему бораны относят к классу электронодефицитных соединений?

6. Какова геометрия молекул диборана и тетраборана? Объясните особенности строения этих молекул с точки зрения представлений о трехцентровых двухэлектронных связях.

7. Опишите способы получения, свойства (отношение к кислороду воздуха, воде, галогенам) и характерные реакции борводородов.
8. Укажите методы получения гидридов бора и опишите их химические свойства и строение.
9. Какие соединения бора с галогенами известны? Какими свойствами обладают эти соединения?
10. Напишите уравнения реакций гидролиза BF_3 , BCl_3 . Объясните, почему эти реакции протекают различным образом.
11. Объясните природу химической связи в соединениях трех- и четырехвалентного бора.
12. Какие соединения бора с азотом близки по строению и свойствам органическим соединениям? Приведите примеры.
13. В каком состоянии гибридизации находятся атомы бора в двух известных модификациях нитрида бора? На какие соединения углерода похож по свойствам и строению нитрид бора?
14. Какими методами можно получить борный ангидрид? Рассмотрите строение и химические свойства этого оксида.
15. Укажите методы получения известных кислородсодержащих кислот бора. Рассмотрите особенности строения этих кислот.
16. Борную кислоту $\text{B}(\text{OH})_3$, по-видимому, правильно представлять кислотой Льюиса - акцептором OH^- - ионов. К какому процессу в таком случае относится константа диссоциации борной кислоты $K_{\text{дис.}} = 10^{-9}$?
17. Как борная кислота реагирует со спиртом? Какое применение находят эта реакция?
18. Рассмотрите способы получения мета- и тетраборатов, особенности их строения.
19. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакции гидролиза бора.
20. Приведите примеры соединений бора, имеющих следующее строение:
 - а) молекулы AX_3 , имеющие форму правильного треугольника;
 - б) тетраэдрические ионы AX_4^- ;
 - в) кристаллические соединения AX , имеющие структуру алмаза или графита.

Вопросы для самоконтроля

I. В природе бор встречается в виде

а) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$; б) В ; в) BCl_3 ; г) B_2H_6 ; д) BH_3

2. Наиболее устойчивым типом гибридизации атомов бора является состояние

а) sp ; б) sp^2 ; в) sp^3 ; г) sp^3d ; д) sp^3d^2

3. Максимальное координационное число атомов бора в соединениях равно

а) 2 ; б) 3 ; в) 4 ; г) 5 ; д) 6

4. Обычный метод получения технического бора заключается в восстановлении B_2O_3 с помощью

а) С ; б) CO_2 ; в) HCl ; г) H_2 ; д) Mg

5. При нагревании бор растворяется в концентрированном растворе

а) HNO_3 ; б) HCl ; в) KOH ; г) NH_4OH ; д) HF

6. При нагревании бор взаимодействует со всеми указанными ниже веществами, за исключением

а) N_2 ; б) O_2 ; в) S ; г) H_2 ; д) Cl_2

7. Одна из модификаций BH_3 по своему строению похожа на графит. Следовательно, атомы бора в этом соединении находятся в состоянии гибридизации

а) sp^3d^2 ; б) sp^3d ; в) sp^3 ; г) sp^2 ; д) sp

8. Одна из модификаций BH_3 по своему строению похожа на алмаз. Следовательно, атомы бора в этом соединении находятся в состоянии гибридизации

а) sp^3d^2 ; б) sp^3d ; в) sp^3 ; г) sp^2 ; д) sp

9. В каком из указанных соединений бора имеется донорно-акцепторная ковалентная связь?

а) BF_3 ; б) H_3BO_3 ; в) B_2H_6 ; г) B_2O_3 ; д) KBH_4

10. Наиболее сильным восстановителем из указанных соединений является

а) В ; б) KBH_4 ; в) KBH_4 ; г) H_3BO_3 ; д) BCl_3

11. Из указанных кислот самой сильной является

а) HBF_4 ; б) H_3BO_3 ; в) HBO_2 ; г) H_2SiO_3 ; д) H_2CO_3

12. Из галогенидов бора с образованием BX_4 (X-галоген) реализуется только

а) B_2J_3 ; б) BVx_3 ; в) BCl_3 ; г) BF_3

13. Какое утверждение ошибочно?

а) Ядра бора легко взаимодействуют с нейтронами, что позволяет использовать боросодержащие вещества в ядерной энергетике.

б) Наиболее чистый бор получают термическим разложением водородных соединений бора.

в) Состав известных гидридов бора можно описать формулами B_nH_{n+4} и B_nH_{n+6} .

г) При комнатной температуре бор взаимодействует только с фтором.

д) Фторид бора BF_3 является донором электронной пары.

14. Какое утверждение ошибочно?

а) Все борводороды являются соединениями с дефицитом электронов.

б) Галогениды BX_3 имеют плоскую структуру.

в) Так как B_2O_3 не взаимодействует с водой, борную кислоту получают косвенным путем.

г) Борводороды являются сильными восстановителями.

д) При взаимодействии борной кислоты со спиртом в кислой среде образуются летучие эфиры борной кислоты.

ОБЩИЕ СВОЙСТВА НЕМЕТАЛЛОВ

1. Какие элементы относят к неметаллам? В чем заключаются основные отличия между металлами и неметаллами?

2. Охарактеризуйте распространенность неметаллов на Земле и в космосе.

3. Как в пределах одного периода слева направо ($B \rightarrow Kr$, $Si \rightarrow Ar$) изменяются следующие свойства атомов неметаллов:

а) ковалентные радиусы;

б) электроотрицательность;

в) сродство к электрону ?

4. Проследите, как изменение структуры и типа химической связи отражается на изменении физических свойств - плотности, температурах плавления и кипения, электропроводности - в ряду простых веществ:

а) аргон, хлор, сера, фосфор, кремний;

б) несл. фтор, кислород, азот, углерод, бор.

5. Как связана максимальная степень окисления неметалла с его положением в периодической системе элементов Д.И. Менделеева?

6. Почему высшая степень окисления фтора и кислорода ниже, чем номер группы, к которой они относятся, в отличие от азота, углерода и бора, высшая степень окисления которых отвечает номеру группы, к которой относится данный элемент?

7. Какие типы гибридизации атомов наиболее характерны для неметаллов II и III периодов? Приведите примеры соединений.

8. В ряду Si - P - S - Cl - Ar энергетическое различие между $3s$ - и $3p$ - состояниями увеличивается и составляет (в эВ): для Si 7; P 8,6; S 10; Cl 12,3; Ar 13,5. Как будет изменяться устойчивость sp^3 - гибридного состояния атомов в этом ряду?

9. Объясните, почему в каждой группе периодической системы атомы неметаллов III периода обладают более высокими координационными числами по сравнению с элементами - аналогами II периода, например, CF_4 и SiF_6^{2-} , NF_3 и PF_5 или PF_6^- , OF_2 и SF_6 . Какова максимальная ковалентность атомов II и III периодов?

10. Постройте диаграммы энергетических уровней по методу молекулярных орбиталей для молекул B_2 , C_2 , N_2 , O_2 , F_2 и гипотетической Ne_2 . Рассчитайте кратности связей и объясните ход изменения величин энергий диссоциации (кДж/моль) в этом ряду:

B_2	C_2	N_2	O_2	F_2
288	627	940	494	151

11. Объясните и сравните природу связи при различном отношении числа атомных орбиталей n к числу валентных электронов m в соединениях:

а) $m > n$ NH_3 ; H_2O ; б) $m = n$ CH_4 ; в) $m < n$ B_2H_6

К какому классу соединений относятся соединения с $m < n$?

12. Объясните характер изменения окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств, устойчивости в ряду изоэлектронных гидридов:

а) CH_4 , NH_3 , H_2O , HF ;

б) SiH_4 , PH_3 , H_2S , HCl .

13. Как изменяется прочность водородных связей в ряду NH_3 , H_2O , HF (рис.2)? Ответ поясните.

14. Сравните строение и природу химической связи в следующих изоэлектронных ионах и молекулах: BH_4^- , CH_4 и NH_4^+ .

15. Чем объяснить, что фосфин кипит при более низкой температуре, чем аммиак, а силан – при более высокой, чем метан (рис.2)?

16. Чем отличаются по строению C_2H_6 и B_2H_6 ?

17. Сравните строение и свойства (растворимость в воде, устойчивость, окислительно-восстановительную функцию) следующих изоэлектронных соединений: H_2O_2 , N_2H_4 и C_2H_6 .

18. Рассмотрите электронное строение BF_3 , CF_4 и NF_3 с позиций метода валентных связей и объясните, почему CF_4 является наименее реакционноспособным соединением?

19. Объясните возрастание способности к образованию цепей из одинаковых атомов в ряду кремний – сера – углерод, используя данные по энергии связи Э – Э и Э – О:

Связь	Энергия, ккал/моль	Связь	Энергия, ккал/моль
C – C	83	C – O	84
Si – Si	52	Si – O	88
S – S	51	S – O	80

Приведите примеры соединений с $-\text{Si}-\text{Si}-$, $-\text{S}-\text{S}-$ и $-\text{C}-\text{C}-$ цепями.

20. Как изменяется число мостиковых атомов кислорода тетраэдрической структурной единицы EO_4 в ряду кристаллических оксидов $\text{Si}_2\text{O}_7 - \text{SO}_3 - \text{P}_4\text{O}_{10} - \text{SiO}_2$? Как усложнение структур в этом ряду оксидов влияет на изменение температур плавления и кипения и химическую активность (отношение к воде, окислительные свойства)?

21. Формулу неорганических кислородсодержащих кислот в общем виде можно представить как $\text{EO}_m(\text{OH})_n$. По первой степени окисления кислоты типа $\text{E}(\text{OH})_n$ относятся к слабым, типа $\text{EO}(\text{OH})_n$ – средним, типа $\text{EO}_2(\text{OH})_n$ – к сильным и типа $\text{EO}_3(\text{OH})_n$ – к очень сильным. Дайте объяснение тому факту, что сила кислот практически не зависят от n , но резко возрастает с увеличением: m .

22. Как изменяется сила кислородсодержащих кислот в ряду:

а) H_3BO_3 , H_2CO_3 , HNO_3 ;

б) H_4SiO_4 , H_3PO_4 , H_2SO_4 , $HClO_4$?

23. Объясните, почему в ряду соединений, содержащих тетраэдр-чешные ионы ClO_4^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_4^{4-}

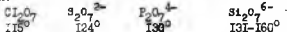
а) увеличивается склонность к образованию бесконечных цепей - Э - О - Э - О - за счет соединения тетраэдров ЭО₄ общими вершинами;

- б) возрастает термическая устойчивость;
- в) уменьшается окислительная активность;
- г) возрастает склонность к гидратации.

24. Объясните, почему в ряду соединений, содержащих ионы NO_3^- , CO_3^{2-} , BO_3^{3-} ,

- а) увеличивается склонность к образованию полимерных структур;
- б) возрастает термическая устойчивость;
- в) уменьшается окислительная активность;
- г) возрастает склонность к гидратации.

25. Валентные углы ЭОЭ в частицах $Э_2O_7^{n-}$ имеют следующие значения:



Как изменяется устойчивость этих частиц при переходе от Cl к Si ?

26. Объясните, почему в ряду оксанионов PO_3^{3-} , SO_3^{2-} , ClO_3^-

- а) увеличивается устойчивость;
- б) падает восстановительная активность.

27. Сравните строение и свойства гидратов бора и кремния, борной и кремниевой кислот. Напишите реакции гидролиза BF_3 и SiF_4 , BCl_3 и $SiCl_4$. В чем сущность диагонального сходства элементов? Приведите дополнительные примеры, подтверждающие существование сходства между бором и кремнием.

28. Приведите примеры полярных и неполярных молекул. Что называется дипольным моментом?

29. Объясните близость энергий связей в молекулах и ионах CO и H_2 , CO и CN^+ , O_2^+ и NO с позиций метода молекулярных орбиталей. Сравните их физические свойства.

30. В каком случае возникает более сильная связь: в CN или CN^+ , в CS^- или CN , в NO^+ или NO , в O_2 или O_2^+ , в O_2^- или O_2 ?

Вопросы для самоконтроля

1. Из всех неметаллов в земной коре наиболее распространены

а) С и О; б) Si и О; в) N и О; г) Р и О; д) S и О

2. Максимальная ковалентность атомов неметаллов II периода

равна

а) 2; б) 3; в) 4; г) 5; д) 6

3. Максимальная ковалентность атомов неметаллов III периода

равна

а) 2; б) 3; в) 4; г) 6; д) 8

4. Из указанных неметаллов наименьшим ковалентным радиусом

обладает

а) В; б) С; в) N; г) О; д) F

5. Из указанных атомов наибольшей электроотрицательностью

обладает

а) С; б) N; в) О; г) F; д) Ne

6. Для неметаллов II периода наиболее характерными типами гиб-

ридации являются типы

а) sp и sp^2 ; б) sp^2 и sp^3 ; в) sp^2 и sp^3d^2 ;

г) sp^3 и sp^3d ; д) sp и sp^3d^2

7. В какой из двухатомных молекул согласно методу молекуляр-

ных орбиталей кратность связи равна трем?

а) B_2 ; б) C_2 ; в) N_2 ; г) O_2 ; д) F_2

8. Из указанных неметаллов II периода водород наиболее легко

взаимодействует с

а) F_2 ; б) O_2 ; в) N_2 ; г) С; д) В

9. Из указанных неметаллов II периода наиболее легко взаимодей-

ствует кислород с

а) В; б) С; в) N_2 ; г) F_2 ; д) Ne

10. Из указанных неметаллов II периода при комнатной температу-

ре с водой взаимодействует только

а) В; б) С; в) N_2 ; г) O_2 ; д) F_2

11. При пропускании через водный раствор палочки смеси непо-

указанных пяти газов, за счет взаимодействия с раствором будет

поглощаться только

а) Cl_2 ; б) H_2 ; в) N_2 ; г) O_2 ; д) Ar

12. Из указанных гидридов неметаллов связей Э - Э отсутствуют

только в молекулах

а) H_2S_2 ; б) H_2O_2 ; в) N_2H_4 ; г) C_2H_6 ; д) ZnH_2

13. Из приведенных ниже гидридов наиболее прочные водородные связи образует

- а) HF ; б) H₂O ; в) NH₃ ; г) CH₄ ; д) B₂H₆

14. Из изоэлектронных гидридов наименее реакционноспособными являются

- а) HF ; б) H₂O ; в) NH₃ ; г) CH₄ ; д) B₂H₆

15. Из указанных изоэлектронных гидридов кислотные свойства наиболее выражены у

- а) HF ; б) H₂O ; в) NH₃ ; г) CH₄ ; д) B₂H₆

16. Какой из нижеприведенных гидридов является самым сильным восстановителем?

- а) B₂H₆ ; б) CH₄ ; в) NH₃ ; г) H₂O ; д) HF

17. Какой из нижеперечисленных гидридов является наименее устойчивым?

- а) HF ; б) H₂O ; в) NH₃ ; г) CH₄ ; д) B₂H₆

18. Какой из фторидов обладает плоским строением?

- а) CF₄ ; б) BF₃ ; в) PF₃ ; г) SF₆ ; д) JF₇

19. Из нижеуказанных фторидов способностью вступать в реакцию $ZF_n + F^- \rightarrow [ZF_{n+1}]^-$ с образованием дополнительной связи Z - F по донорно-акцепторному механизму обладает

- а) JF₇ ; б) SF₆ ; в) PF₅ ; г) CF₄ ; д) BF₃

20. Какие из указанных молекул являются линейными?

- а) H₂O ; б) ClO₂ ; в) CO₂ ; г) NO₂ ; д) H₂O

21. Наиболее сильной кислотой является

- а) HClO₄ ; б) H₂SO₄ ; в) H₃PO₄ ; г) H₂CO₃ ; д) H₄SiO₄

22. Из указанных газов наибольшей растворимостью в воде обладает

- а) CH₄ ; б) HCl ; в) Cl₂ ; г) CO ; д) H₂

23. Из указанных газов наибольшей растворимостью в воде обладает

- а) H₂S ; б) NO ; в) CO₂ ; г) NH₃ ; д) N₂

24. Какой из указанных ионов имеет плоское строение?

- а) BH₄⁻ ; б) ClO₃⁻ ; в) HPO₃²⁻ ; г) CO₃²⁻ ; д) SO₃²⁻

25. Какая из указанных молекул является неполярной, следовательно, не имеет дипольного момента?

а) O_3 ; б) NO_2 ; в) CO_2 ; г) H_2S ; д) SO_2

26. Какая из указанных молекул является полярной и, следовательно, имеет постоянный дипольный момент, отличный от нуля?

а) H_2O ; б) CO_2 ; в) H_2 ; г) Cl_2 ; д) C_2H_2

27. Из указанных двухатомных молекул и ионов согласно методу молекулярных орбиталей кратность связи не равна трем только у

а) N_2 ; б) CO ; в) Si^- ; г) NO ; д) NO^+

28. Какое утверждение ошибочно?

а) В пределах одного периода слева направо ковалентные радиусы уменьшаются.

б) В пределах одной группы периодической системы сверху вниз ($O \rightarrow Te$, $F \rightarrow J$, $Ne \rightarrow Xe$) неметаллические свойства усиливаются.

в) Слева направо в пределах одного периода ($B \rightarrow Ne$, $Si \rightarrow Ar$) энергия ионизации атомов неметаллов увеличивается.

г) В ряду соединений, содержащих ионы $NO_3^- \rightarrow CO_3^{2-} \rightarrow BO_3^{3-}$, возрастает термическая устойчивость.

д) Сила кислот уменьшается в ряду $HClO_4 - H_2SO_4 - H_3PO_4 - H_4SiO_4$.

29. Какое утверждение ошибочно?

а) В пределах одного периода слева направо электроотрицательность атомов неметаллов увеличивается.

б) В пределах одной группы периодической системы ($O \rightarrow Te$, $F \rightarrow J$, $Ne \rightarrow Xe$) энергия ионизации атомов неметаллов уменьшается.

в) Сила кислот возрастает в ряду $H_3BO_3 - H_2CO_3 - HNO_3$.

г) В ряду соединений, содержащих ионы $ClO_4^- - SO_4^{2-} - PO_4^{3-} - SiO_4^{4-}$ уменьшается окислительная активность.

д) В молекулах H_2 атомы H соединены за счет водородной связи.

ЗАДАЧИ

1. Пузырек газа, находящийся в воде при температуре $27^\circ C$ и давлении 3 атм, поднимается на поверхность, где температура равна $47^\circ C$. Какое давление должно быть на поверхности, чтобы пузырек газа удержался?

2. Пузырек газа с радиусом 0,5 см, находящийся в воде при температуре $7^\circ C$ и давлении 7 атм, поднимается на поверхность, где температура $47^\circ C$ и давление 1 атм. Каков будет радиус пузырька, когда он достигнет поверхности?

3. II г смеси галлия и кислорода занимает 24,6 л при 27°C и I атм. Определите состав смеси в массовых и объемных процентах.

4. Смесь галлия и азота весит 22 г и занимает объем 8,2 л при температуре 27°C и давлении 3 атм. Определите состав смеси в массовых и объемных процентах.

5. Смесь кислорода и галлия имеет массу 3 г и занимает объем 8,2 л при температуре 47°C и давлении I атм. Определите парциальное давление газов в смеси.

6. Вычислите давление (в атм), создаваемое 3 молями пара хлористого нитрозила, занимающими объем 8,2 л при 27°C.

7. 5 г жидкого аммиака нагрели до 67°C. Какой объем займет газообразный аммиак, если известно, что давление равно I атм?

8. Объем некоторого количества оксида азота (II) при 73°C и 800 атм равен I л. Вычислите объем равного количества оксида азота (II) при 77°C и 350 атм.

9. Найти молекулярную массу газа, если 0,24 г его занимает объем 0,41 л при давлении 0,3 атм и 27°C. Какой это газ, если известно, что молекула его состоит из трех атомов одного элемента?

10. Смесь, состоящая из 75 об.% азота и 25 об.% кислорода, занимает объем 24,6 л при 27°C и I атм. Найти плотность данной смеси газов (г/л).

11. Сколько граммов перхлората калия образуется при взаимодействии 500 мл 2 N раствора хлорной кислоты с солью калия, если объем выделившегося CO₂ при 27°C и 3 атм. составляет 8,2 л². Каков состав соли калия?

12. Сколько граммов бертолетовой соли и серы потребуется для получения при 27°C и I атм 73,8 л сернистого газа?

13. Определите процентный состав смеси хлорида калия, нитрата калия и хлората калия, если известно, что при нагревании 100 г этой смеси выделяется 4,92 л кислорода, а при действии соляной кислоты на то же количество смеси выделяется 7,38 л хлора. Объемы газов измерены при 27°C и I атм.

14. 7,2 г двухвалентного металла при нагревании соединяются с такой массой азота, которая занимает 2,46 л при 27°C и I атм. Вычислите эквивалент металла.

15. 10,4 г трехвалентного металла при нагревании соединяется с такой массой кислорода, которая занимает 3,69 л при 27°C и I атм. Вычислите эквивалент металла.

16. Определите эквивалентную и атомную массу трехвалентного металла, если для полного окисления 5,4 г его потребовалось такое количество кислорода, которое образуется при разложении 12,25 г хлората калия.

17. При обработке 8 г вещества AO_2 с помощью HCl получают 11 г хлорида ACl_4 . Определите атомную массу элемента А.

18. Молекулярная масса хлорида MCl_2 в два раза больше молекулярной массы оксида этого элемента. Определите атомную массу элемента М.

19. 6,2 г некоторого соединения сгорело в токе газообразного хлора. При этом образовалось 21,9 г HCl , 30,8 г CCl_4 и 10,3 г SCl_2 . Исследованное соединение состояло только из углерода, водорода и серы. Определите его простейшую формулу.

20. 2,7 г оксида урана обрабатывают фтором. При этом получают кислород и 3,52 г гексафторида урана. Какова простейшая формула оксида?

21. При нагревании 2,61 г MnO_2 выделяется кислород и образуется 2,29 г другого оксида марганца. Какова формула второго оксида? Напишите уравнение реакции.

22. Сколько миллилитров 0,3 М раствора HCl понадобится для нейтрализации 0,78 г $Al(OH)_3$?

23. При полном электролизе раствора хлорида калия выделилось 11,2 л хлора при нормальных условиях. Определите процентную и молярную концентрации образовавшегося раствора (плотность 1,12), если его получилось 500 мл.

24. Сколько мл 0,2 М раствора $K_2Cr_2O_7$ потребуется для окисления 300 мл 0,1 М раствора $U(SO_4)_2$ (ион U^{4+} окисляется в ион урана UO_2^{2+} , а ион $Cr_2O_7^{2-}$ восстанавливается до иона Cr^{3+})?

25. В сосуд введено по 2 моля каждого из четырех веществ, взаимодействующих по уравнению $A + B \rightleftharpoons C + D$. После того, как равновесие установилось, в смеси находилось 3 моля вещества С. Чему равна константа равновесия реакции?

26. В сосуд введено по 4 моля каждого из трех веществ, взаимодействующих по уравнению $A + B \rightleftharpoons 2C$. После того, как равновесие установилось, в смеси находилось 3 моля вещества А. Чему равна константа равновесия?

27. Вычислите константу равновесия при некоторой температуре для реакции $Cl_2 + 2Br^- \rightleftharpoons 2Cl^- + Br_2$, происходящей в водном растворе. Численная равновесная концентрация Br^- равна 0,02 моль/л, начальная концентрация обоих реагентов 0,1 М.

28. В каком объеме воды растворится 1 моль AgCl , если произведение растворимости этой соли равно 10^{-10} ?
29. В каком объеме воды растворится 1 г BaSO_4 , если произведение растворимости этой соли равно 10^{-10} ?
30. В насыщенном водном растворе соли A_2B концентрация ионов $\text{A} = 10^{-4}$ моль/л. Определите произведение растворимости.
31. В насыщенном водном растворе соли A_2B_3 концентрация ионов $\text{A} = 10^{-4}$ моль/л. Определите произведение растворимости соли.
32. В 1 л насыщенного водного раствора соли A_3B с молекулярной массой 300, растворилось 0,03 г соли. Определите величину произведения растворимости.
33. В 1 л насыщенного водного раствора соли AB_2 с молекулярной массой 200, растворилось 0,002 г соли. Определите величину произведения растворимости.
34. Для соли A_2B_3 с молекулярной массой 500 $\text{PP} = 1,08 \cdot 10^{-23}$. Сколько граммов соли растворится в 1 л воды?
35. Концентрация анионов B^- и C^{2-} в растворе равна 10^{-3} моль/л. Какая труднорастворимая соль AB или A_2C начнет раньше выпадать в осадок при добавлении катионов A^+ , если произведения растворимости этих солей равны соответственно 10^{-10} и 10^{-13} ?
36. Чему равен pH 4%-ного раствора NaOH (ρ раствора равен 1)?
37. Чему равен pH 0,0365 %-ного раствора HCl ($\rho = 1$)?
38. Чему равен pH 0,056 %-ного раствора KOH ($\rho = 1$)?
39. Чему равен pH 0,49%-ного раствора H_2SO_4 ($\rho = 1$)?
40. Чему равен pH 0,055 М раствора CH_3COOH ($K_{\text{дис.}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$)?
41. Чему равен pH 5,5 М раствора NH_4OH ($K_{\text{дис.}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$)?
42. Чему равен pH 5,5 М раствора NH_3 ($K_{\text{дис.}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$)?
43. Сколько литров HCl следует растворить при 27°C и 1 атм. в 1 л воды, чтобы pH полученного раствора был равен 1?
44. Определите pH водного раствора, полученного после растворения в 1 л воды при 27°C и давлении 1 атм, 2,46 мл HCl .
45. Сколько граммов NaCl следует растворить в 100 мл воды для получения раствора с температурой кипения $100,026^\circ$ (считать $\alpha = 1$)?
46. В каком количестве воды следует растворить 74,5 г KCl , чтобы полученный раствор имел температуру кипения $100,052^\circ\text{C}$ (считать $\alpha = 1$)?

47. Сколько граммов KCl следует растворить в 100 мл воды для получения раствора с температурой замерзания $0,093^{\circ}\text{C}$ (считать $\alpha = 1$)?

48. В каком количестве воды следует растворить 58,5 г NaCl, чтобы полученный раствор имел температуру замерзания $-0,093^{\circ}\text{C}$ (считать $\alpha = 1$)?

49. Определите молекулярную массу некоторого вещества, если известно, что при растворении 1 г этого вещества в 20 г воды температура замерзания полученного раствора понижается на $0,93^{\circ}$.

50. Определите молекулярную массу некоторого вещества, если известно, что при растворении 10 г этого вещества в 200 г воды температура кипения полученного раствора увеличивается на $0,26^{\circ}$.

ОТВЕТЫ

Инертные газы

1в. 2а. 3д. 4д. 5б 6д. 7а. 8а. 9д.

Галогены

1б. 2а. 3г. 4а. б. в. 5д. 6б. 7а. 8г. 9г. 10г. 11г. 12в. 13д.
14д. 15б. 16а. 17г. 18а. 19гд. 20б. 21г. 22в. 23д. 24б.

Кислород, сера, сажан, тажмур

1а. 2в. д. 3в. 4а. 5д. 6а. в. 7г. 8г. 9г. 10г. 11а. 12а. д. 13б. г.
14в. 15а. 16д. 17б. 18в. 19г. 20б. 21а. г. 22в. 23б. 24 д.

Азот, фосфор

1. б. д. 2а. 3а. 4д. 5в. 6г. 7в. 8г. 9а. 10д. 11а. 12а. 13 г. д.
14в. 15д. 16б. 17в. 18г. 19а. 20в. 21г. 22в. 23 г. 24 в.
25а. г. 26в. 27 а. 28в. 29б. 30в. 31 г. 32 а. 33д.

Углерод, кремний

1б. 2а. 3д. 4г. 5г. 6б. 7в. 8а. 9д. 10б. 11г. 12в. 13б.
14г. 15а. 16д. 17в. 18а. 19б. 20г. 21д. 22в.

БОР

1а. 2б. 3а. 4д. 5а. 6г. 7г. 8в. 9д. 10б. 11а. 12г. 13д. 14в.

Общие свойства неметаллов

1б. 2в. 3г. 4д. 5г. 6б. 7в. 8а. 9г. 10д. 11а. 12д. 13а.
14 г. 15а. 16а. 17д. 18б. 19в. д. 20 в. д. 21а. 22б. 23 г 24г.
25в. 26а. 27г. 28б. 29д.

Задачи

- 0,4 атм;
- 1 см;
- 27,3 мас% He и 72,7 мас.% O_2 ; 75 об.% He и 25 об.% O_2 ;
- 4,5 мас.% He и 95,5 мас.% N_2 ; 25 об.% He и 75 об.% N_2 ;
- 0,8 атм He и 0,2 атм O_2 ; 6. 9 атм; 7. 8,2 л;
- 8.4 л; 9. 48; 10. I,18 г/л; II. 367,5 г $KClO_3$ и 96 г S;
12. 138,5 г; 13. 12,25% $KClO_3$, 10,1% KNO_3 и 77,65 мас.% KCl;
14. 12; 15. 17,33; 16. 9; 27; 17. 48; 18. 39; 19. C_2H_6S ;
20. UO_2 ; 21. Mn_2O_4 ; 22. 100 мл; 23. 2 м; 10%; 24. 50 мл;
25. 9; 26. 4; 27. 5,33; 28. 10^5 л; 29. 430 л; 30. $5 \cdot 10^{-13}$;
31. $3,4 \cdot 10^{-20}$; 32. $2,7 \cdot 10^{-15}$; 33. $4 \cdot 10^{-15}$; 34. 0,005 г; 35. АВ;
36. 13; 37. 2; 38. 12; 39. 1; 40. 3; 41. 12; 42. 2;
43. 2,46 л; 44. 2; 45. 0,2925 г; 46. 20 л; 47. 0,3725 г;
48. 40 л; 49. 100; 50. 100.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Стереохимия соединений неметаллов $AХ_n$	5
Инертные газы.....	14
Галогены.....	16
Кислород, сера, селен, теллур.....	22
Азот, фосфор.....	28
Углерод, кремний.....	34
Бор.....	39
Общие свойства неметаллов.....	42
Задачи.....	48
Ответы.....	53