

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА по химии

5. Оксид трехвалентного элемента содержит 31,58% кислорода. Вычислите молярную массу эквивалента, молярную и атомную массы этого элемента.

По условию оксид трехвалентного элемента содержит 31,58% кислорода и, следовательно, $100 - 31,58 = 68,42\%$ элемента.

Согласно закону эквивалентов, отношение содержания элемента и кислорода в оксиде равно отношению их эквивалентных масс. Следовательно, можем записать:

$$\omega(\text{Э}) / \omega(\text{O}) = M_{\text{Э}}(\text{Э}) / M_{\text{Э}}(\text{O})$$

Отсюда выражаем и рассчитываем молярную массу эквивалента элемента, учитывая, что молярная масса эквивалента кислорода равна 8 г/моль:

$$M_{\text{Э}}(\text{Э}) = \omega(\text{Э}) \cdot M_{\text{Э}}(\text{O}) / \omega(\text{O}) = 68,42 \cdot 8 / 31,58 = 17,33 \text{ г/моль}$$

Зная валентность элемента, находим его молярную массу:

$$M(\text{Э}) = M_{\text{Э}}(\text{Э}) \cdot V(\text{Э}) = 17,33 \cdot 3 = 52 \text{ г/моль}$$

Так как атомная масса в а.е.м. численно равна молярной массе, выражаемой в г/моль, то искомая атомная масса элемента равна 52 а.е.м.

21. Сколько молекул оксида серы (IV) образуется при сжигании 2 г серы?

Рассчитываем количество вещества 2 г серы (молярная масса 32 г/моль):

$$n = m / M = 2 / 32 = 0,0625 \text{ моль}$$

Из уравнения реакции $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ видно, что при сжигании 1 моль серы S образуется 1 моль оксида серы (IV) SO_2 . Следовательно, при сжигании 0,0625 моль серы S получится 0,0625 моль оксида серы (IV) SO_2 . Рассчитываем количество молекул оксида серы (IV):

$$N = n \cdot N_{\text{a}} = 0,0625 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,7625 \cdot 10^{22},$$

где $N_{\text{a}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ - постоянная Авогадро.

37. Какие орбитали атома заполняются электронами раньше: 4d или 5s; 6s или 5p? Почему? Напишите электронную формулу атома элемента с порядковым номером 43.

Очередность заполнения подуровней определяется по правилам Клечковского, согласно которым в первую очередь заполняются уровни и подуровни с меньшей суммой главного (n) и орбитального (l) квантовых чисел, а при равной сумме n + l в порядке возрастания n.

Для 4d-подуровня $n + l = 4 + 2 = 6$, для 5s-подуровня $n + l = 5 + 0 = 5$. Следовательно, сначала заполняется 5s-, затем 4d-подуровень.

Для 6s-подуровня $n + l = 6 + 0 = 6$, для 5p-подуровня $n + l = 5 + 1 = 6$. Следовательно, сначала заполняется 5p-, затем 6s-подуровень.

Так как число электронов в атоме равно заряду ядра, то есть порядковому номеру элемента, то для атома элемента №43 электронная формула запишется следующим образом: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1 4p^6 5s^2 4d^5$.

72. Составьте формулы оксидов и гидроксидов элементов третьего периода периодической системы, отвечающих их высшей степени окисления. Как изменяется кислотно-основной характер этих соединений при переходе от натрия к хлору? Напишите уравнения реакций, доказывающих амфотерность гидроксида алюминия.

Высшую степень окисления элемента определяет номер группы периодической системы, в которой он находится. Выпишем элементы третьего периода и составим формулы их оксидов и гидроксидов в высшей степени окисления:

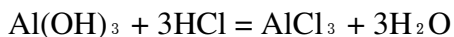
Группа	Элемент	Оксид	Гидроксид
I	Na	Na ₂ O	NaOH
II	Mg	MgO	Mg(OH) ₂
III	Al	Al ₂ O ₃	Al(OH) ₃
IV	Si	SiO ₂	H ₂ SiO ₃
V	P	P ₂ O ₅	H ₃ PO ₄
VI	S	SO ₃	H ₂ SO ₄
VII	Cl	Cl ₂ O ₇	HClO ₄

При переходе от натрия к хлору металлические свойства элементов ослабевают, а неметаллические - усиливаются. Так, натрий, магний, алюминий - металлы; кремний, фосфор, сера - неметаллы; хлор - газ.

Аналогично изменяются свойства высших оксидов и гидроксидов элементов: при переходе от натрия к хлору основные свойства оксидов и гидроксидов ослабевают, а кислотные - усиливаются. Так, оксид Na₂O и гидроксид NaOH обладают основными

свойствами, оксид Al_2O_3 и гидроксид $\text{Al}(\text{OH})_3$ - амфотерными, а оксид SO_3 - кислотными, ему соответствует кислота H_2SO_4 .

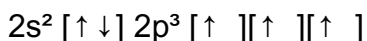
Гидроксид алюминия обладает амфотерными свойствами, то есть он взаимодействует как с кислотами, так и с основаниями:



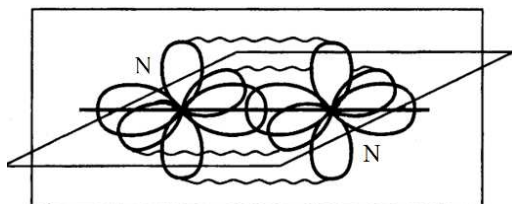
109. Какую ковалентную связь называют σ -связью и какую π -связью? Разберите на примере строения молекулы азота.

По способу перекрывания электронных облаков различают σ - и π -связи. Если перекрывание электронных облаков идет по линии, соединяющей центры взаимодействующих атомов, то такую связь называют σ -связью. Если перекрывание электронных облаков идет перпендикулярно линии, соединяющей ядра атомов по обе стороны от нее, то связь называют π -связью. В молекулах, содержащих двойные и тройные связи, имеются σ - и π -связи.

Рассмотрим строение молекулы азота N_2 . Электронная конфигурация атома азота $1s^2 2s^2 2p^3$. Электронное строение его валентных орбиталей может быть представлено следующей схемой:



Три неспаренных 2p-электрона атома азота могут участвовать в образовании трех ковалентных связей по обменному механизму с другим атомом азота с образованием линейной молекулы N_2 . В результате в молекуле N_2 образуется тройная связь (сочетание одной σ - и двух π -связей).

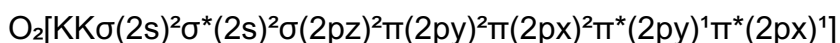
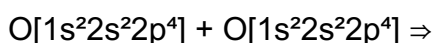


122. Нарисуйте энергетическую схему образования молекулы O_2 по методу молекулярных орбиталей (МО). Как метод МО объясняет парамагнитные свойства молекулы кислорода?

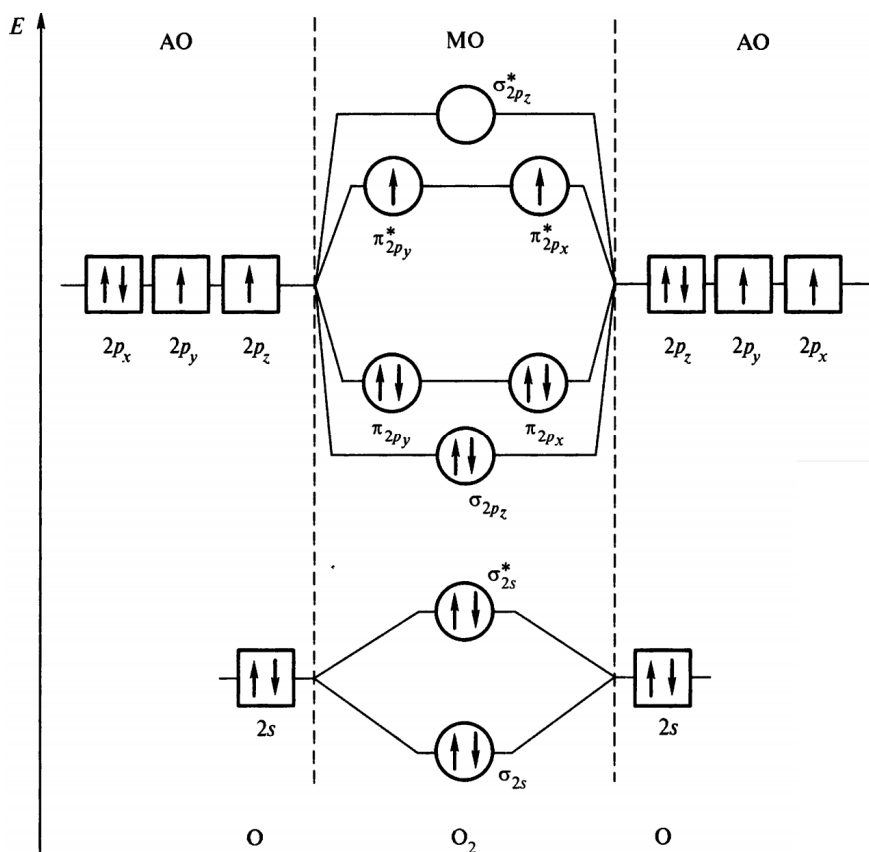
Описание молекулы по методу молекулярных орбиталей (МО) состоит в построении энергетической диаграммы молекулы, то есть изображении уровней энергии связывающих молекулярных орбиталей (СМО) и разрыхляющих молекулярных орбиталей (РМО). При этом конструирование молекулярных орбиталей подчиняется трем правилам:

- 1) число молекулярных орбиталей (МО) равно общему числу исходных атомных орбиталей (АО);
- 2) количество СМО и РМО одинаково;
- 3) распределение электронов по энергетическим уровням МО происходит по тем же принципам, что и для АО: сначала заполняется МО с наименьшей энергией, на каждую МО помещают не более двух электронов, если имеется несколько близких по энергии МО, то их заполнение происходит в соответствии с правилом Хунда.

Образование молекулы O_2 из двух атомов кислорода, каждый из которых имеет по два $1s$ -, два $2s$ - и четыре $2p$ -электрона, отражает следующая запись:



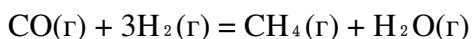
Энергетическая диаграмма молекулы O_2 выглядит следующим образом:



Молекула O_2 обладает парамагнитными свойствами, так как на молекулярных орбиталях (МО) есть неспаренные электроны.

142. Напишите термохимическое уравнение реакции между $CO(g)$ и водородом, в результате которой образуются $CH_4(g)$ и $H_2O(g)$. Сколько теплоты выделится при этой реакции, если было получено 67,2 л метана в пересчете на нормальные условия?

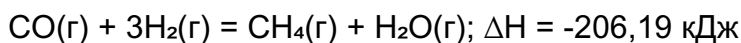
Запишем уравнение реакции:



Определяем тепловой эффект реакции, который равен сумме теплот образования продуктов реакции за вычетом суммы теплот образования исходных веществ с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\begin{aligned}\Delta H &= \Delta H_{298}^{\circ}[CH_4(g)] + \Delta H_{298}^{\circ}[H_2O(g)] - \Delta H_{298}^{\circ}[CO(g)] - 3 \cdot \Delta H_{298}^{\circ}[H_2(g)] = \\ &= -74,85 + (-241,84) - (-110,5) - 3 \cdot 0 = -206,19 \text{ кДж}\end{aligned}$$

Термохимическое уравнение реакции запишется следующим образом:



Учитывая, что молярный объем газа при нормальных условиях равен 22,4 л/моль, определяем, сколько теплоты выделится при этой реакции, если было получено 67,2 л метана:

$$Q = -\Delta H \cdot V / V_{\cdot} = 206,19 \cdot 67,2 / 22,4 = 618,578 \text{ кДж}$$

167. Каков знак изменения энтропии в процессе образования гидроксиокомплекса $Cr(III)$: $3NaOH + Cr(OH)_3 \Rightarrow Na_3[Cr(OH)_3]$?

Энтропия является мерой неупорядоченности системы. Энтропия характеризует меру беспорядочности, хаотичности частиц в системе. Энтропия возрастает при переходе вещества из кристаллического состояния в жидкое и из жидкого в газообразное, при растворении кристаллов, при расширении газов, при химических взаимодействиях, приводящих к увеличению числа частиц, и прежде всего частиц в газообразном состоянии. Напротив, все процессы, в результате которых упорядоченность системы

возрастает (конденсация, полимеризация, сжатие, уменьшение числа частиц), сопровождаются уменьшением энтропии.

Изменение энтропии процесса определяется разностью энтропий конечного и исходного состояний:

$$\Delta S = S[\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]] - 3 \cdot S[\text{NaOH}] - S[\text{Cr}(\text{OH})_3]$$

Очевидно, что из трех структур $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ является более высокоорганизованной, поскольку заключает в себе большее количество химических связей и большее число структурных единиц (атомов). Однако $\text{Cr}(\text{OH})_3$ находится в кристаллическом состоянии, которое характеризуется высокой упорядоченностью, обусловленной структурой кристаллической решетки, где атомы жестко связаны между собой и имеют ограниченное число степеней свободы. Такая структура может быть представлена малым числом микросостояний. Вещество NaOH в растворе находится в виде ионов; последние имеют большую свободу движений относительно друг друга, что обуславливает образование значительно большего числа комбинаций взаимного расположения молекул (микросостояний).

Проанализировав эти факты, можно сделать вывод, что в ходе реакции все же наблюдается склонность к упорядочению системы, и энтропия процесса будет незначительно уменьшаться ($\Delta S < 0$).

196. Газофазная реакция $\text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 \leftrightarrow \text{SO}_3$, являющаяся стадией получения серной кислоты, описывается кинетическим уравнением $r = k \cdot [\text{SO}_2] \cdot [\text{O}_2]$. Как изменится скорость этой реакции при увеличении давления в 3 раза?

При увеличении давления в 3 раза концентрации всех газообразных веществ увеличатся в 3 раза. В соответствии с кинетическим уравнением определяем, скорость реакции станет равна:

$$r' = k \cdot (3 \cdot [\text{SO}_2]) \cdot (3 \cdot [\text{O}_2]) = 9 \cdot k \cdot [\text{SO}_2] \cdot [\text{O}_2] = 9 \cdot r$$

Таким образом, при увеличении давления в 3 раза скорость рассматриваемой реакции увеличится в 9 раз.

213. В гомогенной газовой системе $A + 2B \rightleftharpoons C + D$ равновесие установилось при концентрациях (моль/л): $[B] = 0,06$ и $[C] = 0,02$. Константа равновесия системы равна $0,04$. Вычислите исходные концентрации веществ А и В.

Согласно уравнению реакции, 1 моль вещества А взаимодействует с 2 моль вещества В, при этом образуется 1 моль вещества С и 1 моль вещества D. Следовательно, $0,02$ моль вещества С образовалось при взаимодействии $0,02$ моль вещества А и $2 \cdot 0,02 = 0,04$ моль вещества В; при этом также образовалось $0,02$ моль вещества D.

Константа равновесия (К) данной реакции равна:

$$K = [C] \cdot [D] / ([A] \cdot [B]^2),$$

где $[A]$, $[B]$, $[C]$ и $[D]$ - равновесные концентрации газов в системе.

Отсюда выражаем и рассчитываем равновесную концентрацию вещества А:

$$[A] = [C] \cdot [D] / (K \cdot [B]^2) = 0,02 \cdot 0,02 / (0,04 \cdot 0,06^2) = 2,78 \text{ моль/л}$$

Учитывая равновесные концентрации А и В, находим их исходные концентрации:

$$C(A) = 2,78 + 0,02 = 2,80 \text{ моль/л}$$

$$C(B) = 0,06 + 0,04 = 0,1 \text{ моль/л}$$