



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Кафедра биологии растений и химии

ХИМИЯ

**Теоретический раздел
Лекция
Химия d-элементов**



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Химия биогенных *d*-элементов.

d-Элементы – это элементы, у атомов которых происходит заселение электронами *d*-подуровня второго снаружи уровня. К *d*-блоку относятся 32 элемента ПСЭ. *d*-элементы входят в состав 4-7 больших периодов.

Свойства *d*-элементов

В периодах с увеличением заряда ядра возрастание радиуса атомов происходит медленно, непропорционально числу электронов, заполняющих оболочку атомов. Такое «непропорциональное» изменение радиусов объясняется лантаноидным сжатием, а также проникновением *ns*-электронов под *d*-электронный слой. В результате экранирования этим слоем с увеличением номера элемента атомный радиус, энергия ионизации, а, следовательно, и химические свойства изменяются мало. Соответственно в химическом поведении однотипных соединений *d*-элементов много сходного. Особенно характерно для *d*-элементов образование разнообразных комплексных соединений.

Все атомы *d*-блока, за исключением группы I Б и II Б, имеют незавершенный *d*-подуровень. Такие электронные оболочки неустойчивы. Этим объясняется переменная валентность и набор разных степеней окисления *d*-элементов. В свою очередь, это определяет окислительно-восстановительные свойства большинства соединений *d*-элементов.

В группах Б (сверху вниз) уменьшаются металлические и восстановительные свойства элементов. В растворах *d*-элементы с высшей степенью окисления представлены анионами, как правило, кислородсодержащими. При этом соединения с высшей степенью окисления проявляют кислотные и окислительные свойства. Низкая степень окисления обуславливает основные и восстановительные свойства, ей соответствует катионная форма *d*-элементов. Амфотерные свойства более типичны для соединений с промежуточной степенью окисления. В периоде с увеличением заряда ядра уменьшается устойчивость соединений с высшей степенью окисления элементов. И параллельно возрастают окислительные свойства. В группах Б (сверху вниз) увеличивается электроотрицательность элементов, нарастают неметаллические и кислотные свойства. В группах с увеличением заряда ядра увеличивается устойчивость соединений с высшей степенью окисления, и одновременно уменьшаются их окислительные свойства.

IБ группа

Медь *Cu* является необходимым элементом растительных и животных организмов. В организме человека содержится около 1,1 ммоль *Cu*. В основном она концентрируется в печени, в головном мозге, в крови. В настоящее время известно около



25 медьсодержащих белков и ферментов. Часть ферментов катализирует взаимодействие кислорода с субстратом. Эти ферменты активируют молекулу кислорода, которая участвует в процессе окисления органических соединений.

Серебро Ag – микроэлемент растительных и животных организмов. В организме человека содержится -7,3 ммоль Ag. Концентрируется Ag в печени, в гипофизе, эритроцитах, в пигментной оболочке глаза. Как и большинство тяжелых металлов, Ag не играет важной роли. Однако, как и все тяжелые металлы, попадая в организм, оказывает токсическое действие, которое обусловлено тем, что, соединяясь с белками, содержащими серу, Ag инактивирует ферменты, разрушает и свертывает белки, образуя нерастворимые альбуминаты. Эта же способность Ag образовывать нерастворимые альбуминаты определяет бактерицидные свойства Ag и его соединений.

II б группа Цинк Zn, кадмий Cd, ртуть Hg – микроэлементы живых организмов. Zn содержится в организме человека в количестве 10,8 ммоль, Cd - 0,6 ммоль, Hg - 0,18 ммоль. Zn входит в состав более 40 металлоферментов, которые катализируют гидролиз пептидов, белков, некоторых эфиров и альдегидов. Cd и Hg обнаруживаются в печени и почках как примесные микроэлементы. Cd в виде белкового комплекса накапливается в почках и участвует в некоторых ферментативных процессах. Считают, что Cd и Hg какой-либо заметной биологической функции не выполняют. И если Zn является ингибитором многих биохимических процессов, то Cd и Hg оказывают ингибирующее действие на целый ряд ферментов, тормозят процессы, разрушая ферменты. Cd и Hg - примесные токсичные элементы.

Хром Cr, молибден Mo, вольфрам W являются микроэлементами живых организмов. Хром относится к биогенным элементам, содержащимся в растительных и животных организмах. Общая масса Cr у взрослого человека равна ~6 мг. Cr – примесный токсичный элемент.

Вольфрам как микроэлемент мало изучен, и как все тяжелые металлы не играет большой роли в живых организмах. Молибден – один из десяти металлов жизни. Для Mo характерно большое сродство к кислороду, при этом образуются прочные оксоформы.

VII б группа Марганец Mn, технеций Tc, рений Re - элементы - аналоги, образующие VII Б-группу. Из этих элементов, в природе наиболее распространен Mn. Рений - редкий и рассеянный элемент. Технеций – радиоактивный элемент, полученный искусственным путем. Марганец – один из десяти металлов жизни, является важным биогенным элементом. В органах и тканях взрослого человека Mn содержится ~ 0,36 ммоль. Концентрируется он главным образом, в костной ткани, печени, почках, поджелудочной железе, особенно в митохондриях. В организме Mn образует комплексы, как правило, являются составной частью металлоферментов. Соединения Mn используют в клиническом анализе.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



VIII В группа Группы VIII Б составляют девять d-элементов: Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt. Общие закономерности четче проявляются по горизонтали, чем по вертикали. Поэтому Fe, Co, Ni объединены в семейство железа. Остальные шесть элементов образуют семейство платины.

Семейство железа Fe, Co, Ni, хотя и отличаются числом внешних электронов, тем не менее имеют близкие по значению радиусы. Это объясняется тем, что ns - электроны частично экранируются (n-1) d - электронами, а увеличение заряда ядра на единицу у каждого элемента мало влияет на характер экранирования. И только небольшое увеличение электроотрицательности свидетельствует о том, что от Fe к Ni имеет место уменьшение основных и восстановительных свойств. В электрохимическом ряду напряжения Fe, Co, Ni стоят до водорода. Химически наиболее активно Fe. Из трех металлов этой группы Fe и Co являются важнейшими биогенными элементами и относятся к десяти металлам жизни.

Железо содержится в окислительно-восстановительных ферментах, таких, как цитохромы, цитохромоксидаза, каталаза, пероксидаза, и играет важную роль в дыхании растений. Оно необходимо для образования хлорофилла. При недостатке железа у растений обнаруживается хлороз (нарушение образования хлорофилла). Железа Fe в организме человека содержится ~5 г. Большая часть его сосредоточена в гемоглобине крови (~ 70%). Fe входит в состав ферментов, например, цитохромов, каталазы, пероксидазы и др. В связанной форме Fe находится в некоторых белках, которые выполняют в организме роль переносчиков Fe. Одним из наиболее важных внутрикомплексных соединений является гемоглобин. Сложный по составу белок, содержащий и небелковую группу – гем, на долю которой приходится ~ 4% массы гемоглобина. Физиологическая функция гемоглобина заключается в способности обратимо связывать кислород и переносить его от легких к тканям.

Кобальт Co в роли микроэлемента выполняет разнообразные функции. В организме он представлен в виде витамина B₁₂. Co влияет на углеводный обмен. Таким образом, Fe и Co – жизненно необходимые элементы, Ni – примесный токсичный элемент.

Семейство платины. К семейству Pt относят шесть d-элементов VIII В -группы. В природе они рассеяны и встречаются редко. В элементном состоянии ярко выражены металлические свойства. В ПСЭ платиновые металлы расположены в V и VI периодах. У всех платиновых металлов при заполнении (n1)d-подуровня происходит спаривание d-электронов. Это упрочняет предпоследний слой и делает его более стабильным. Платиновые металлы VI периода вследствие лантаноидного сжатия имеют практически одинаковые радиусы, которые очень мало отличаются от радиусов платиновых металлов V периода. Это обуславливает близость физических и химических свойств всех шести металлов. Относительно небольшие радиусы атомов и большая стабильность d-подуровня определяют низкую химическую актив-



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



ность платиновых металлов. В электрохимическом ряду напряжения все платиновые металлы стоят после водорода. Значение электроотрицательности этих металлов измеряется в пределах 2,20-2,28. Это объясняет тот факт, что соединения платиновых металлов амфотерны. Существенной роли как микроэлементы в организме они не играют. Это объясняется инертной природой самих металлов и их большой атомной массой. Металлы находят применение при изготовлении ответственных деталей приборов в стоматологии, а также как катализаторы.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб. пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ООО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смарилин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
9. Химия. Курс лекций: учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – 383 с.
10. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
11. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
12. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
13. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
14. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
15. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
16. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Высш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Составители
Поддубная Ольга Владимировна
Ковалева Ирина Владимировна