

**Общая характеристика
d-элементов.
Элементы IIIB – VIIB групп.**

Лекция №3

- Вопросы терминологии
- Общая характеристика d-элементов
- Хром и его соединения
- Соединения титана
- Соединения ванадия
- «Вулкан»

«d-элементы» и «переходные металлы»

- **Переходные металлы** – это те элементы, в атомах которых *заполняются* орбитали не внешнего слоя, а предвнешнего.
- Согласно такому определению к переходным металлам следует относить только те элементы, энергетический d-подуровень предвнешнего уровня которых не является заполненным. В некоторых версиях периодических таблиц элементы из группы IIВ не включают в состав переходных металлов.

Периодическая система элементов

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/>

He переходные металлы?

PERIOD	GROUP I IA	GROUP IIA	GROUP IIIA	GROUP IVA	GROUP VA	GROUP VIA	GROUP VIIA	GROUP VIIIA										
1	1 1.0079 H HYDROGEN							2 4.0026 He HELIUM										
2	3 6.941 Li LITHIUM	4 9.0122 Be BERYLLIUM																
3	11 22.990 Na SODIUM	12 24.305 Mg MAGNESIUM																
4	19 39.098 K POTASSIUM	20 40.078 Ca CALCIUM	21 44.956 Sc SCANDIUM	22 47.867 Ti TITANIUM	23 50.942 V VANADIUM	24 51.996 Cr CHROMIUM	25 54.938 Mn MANGANESE	26 55.845 Fe IRON	27 58.933 Co COBALT	28 58.693 Ni NICKEL	29 63.546 Cu COPPER	30 65.39 Zn ZINC	31 69.723 Ga GALLIUM	32 72.64 Ge GERMANIUM	33 74.922 As ARSENIC	34 78.96 Se SELENIUM	35 79.904 Br BROMINE	36 83.80 Kr KRYPTON
5	37 85.468 Rb RUBIDIUM	38 87.62 Sr STRONTIUM	39 88.906 Y YTTRIUM	40 91.224 Zr ZIRCONIUM	41 92.906 Nb NIOBIUM	42 95.94 Mo MOLYBDENUM	43 (98) Tc TECHNETIUM	44 101.07 Ru RUTHENIUM	45 102.91 Rh RHODIUM	46 106.42 Pd PALLADIUM	47 107.87 Ag SILVER	48 112.41 Cd CADMIUM	49 114.82 In INDIUM	50 118.71 Sn TIN	51 121.76 Sb ANTIMONY	52 127.60 Te TELLURIUM	53 126.90 I IODINE	54 131.29 Xe XENON
6	55 132.91 Cs CAESIUM	56 137.33 Ba BARIUM	57-71 La-Lu Lanthanide	72 178.49 Hf HAFNIUM	73 180.95 Ta TANTALUM	74 183.84 W TUNGSTEN	75 186.21 Re RHENIUM	76 190.23 Os OSMIUM	77 192.22 Ir IRIDIUM	78 195.08 Pt PLATINUM	79 196.97 Au GOLD	80 200.59 Hg MERCURY	81 204.38 Tl THALLIUM	82 207.2 Pb LEAD	83 208.98 Bi BISMUTH	84 (209) Po POLONIUM	85 (210) At ASTATINE	86 (222) Rn RADON
7	87 (223) Fr FRANCIUM	88 (226) Ra RADIUM	89-103 Ac-Lr Actinide	104 (261) Rf RUTHERFORDIUM	105 (262) Db DUBNIUM	106 (266) Sg SEABORGIUM	107 (264) Bh BOHRIUM	108 (277) Hs HASSIUM	109 (268) Mt MEITNERIUM	110 (281) Uun UNUNNIUM	111 (272) Uuu UNUNUNIUM	112 (285) Uub UNUNBIUM		114 (289) Uuq UNUNQUADIUM				

RELATIVE ATOMIC MASS (A)

GROUP IUPAC

GROUP CAS

ATOMIC NUMBER

SYMBOL

ELEMENT NAME

■ Metal
■ Semimetal
■ Nonmetal

■ 1 Alkali metal
■ 2 Alkaline earth metal
■ Transition metals
■ Lanthanide
■ Actinide

■ 16 Chalcogens element
■ 17 Halogens element
■ 18 Noble gas

STANDARD STATE (25 °C; 101 kPa)

■ Ne - gas
■ Fe - solid
■ Ga - liquid
■ Tc - synthetic

LANTHANIDE

57 138.91 La LANTHANUM	58 140.12 Ce CERIUM	59 140.91 Pr PRASEODYMIUM	60 144.24 Nd NEODYMIUM	61 (145) Pm PROMETHIUM	62 150.36 Sm SAMARIUM	63 151.96 Eu EUROPIUM	64 157.25 Gd GADOLINIUM	65 158.93 Tb TERBIUM	66 162.50 Dy DYSPROSIUM	67 164.93 Ho HOLMIUM	68 167.26 Er ERBIUM	69 168.93 Tm THULIUM	70 173.04 Yb YTTERBIUM	71 174.97 Lu LUTETIUM
-------------------------------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

ACTINIDE

89 (227) Ac ACTINIUM	90 232.04 Th THORIUM	91 231.04 Pa PROTACTINIUM	92 238.03 U URANIUM	93 (237) Np NEPTUNIUM	94 (244) Pu PLUTONIUM	95 (243) Am AMERICIUM	96 (247) Cm CURIUM	97 (247) Bk BERKELIUM	98 (251) Cf CALIFORNIUM	99 (252) Es EINSTEINIUM	100 (257) Fm FERMIUM	101 (258) Md MENDELEVIUM	102 (259) No NOBELIUM	103 (262) Lr LAWRENCIUM
-----------------------------------	-----------------------------------	--	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)
Relative atomic mass is shown with five significant figures. For elements having no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element.

However three such elements (Th, Pa, and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

Считается, что элемент относится к d-семейству, если выполняется хотя бы одно из двух условий:

- В основном состоянии атома энергетический d-подуровень предвнешнего уровня заполнен частично
- d-подуровень заполнен частично в атоме элемента, *находящегося в одной из характерных для него степеней окисления*

Все противоречия снимаются, когда употребляется термин «d-блок»

Электронные конфигурации d-элементов

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/>

GROUP I IA

PERIOD 1

1 1.0079

H HYDROGEN

2 9.0122

Li LITHIUM Be BERYLLIUM

11 22.990 12 24.305

Na SODIUM Mg MAGNESIUM

19 39.098 20 40.078

K POTASSIUM Ca CALCIUM

37 85.468 38 87.62

Rb RUBIDIUM Sr STRONTIUM

55 132.91 56 137.33

Cs CAESIUM Ba BARIUM

87 (223) 88 (226)

Fr FRANCIUM Ra RADIUM

GROUP IUPAC 13 IIIA

GROUP CAS 5

ATOMIC NUMBER 5

SYMBOL B

ELEMENT NAME BORON

RELATIVE ATOMIC MASS (1) 10.811

Metal Semimetal Nonmetal

1 Alkali metal 16 Chalcogens element

2 Alkaline earth metal 17 Halogens element

Transition metals 18 Noble gas

Lanthanide Actinide

STANDARD STATE (25 °C; 101 kPa)

Ne - gas Fe - solid

Ga - liquid Tc - synthetic

13 IIIA 14 IVA 15 VA 16 VIA 17 VIIA 18 VIIIA

5 10.811 6 12.011 7 14.007 8 15.999 9 18.998 10 20.180

B BORON C CARBON N NITROGEN O OXYGEN F FLUORINE Ne NEON

13 26.982 14 28.086 15 30.974 16 32.065 17 35.453 18 39.948

Al ALUMINIUM Si SILICON P PHOSPHORUS S SULPHUR Cl CHLORINE Ar ARGON

31 69.723 32 72.64 33 74.922 34 78.96 35 79.904 36 83.80

Ga GALLIUM Ge GERMANIUM As ARSENIC Se SELENIUM Br BROMINE Kr KRYPTON

49 114.82 50 118.71 51 121.76 52 127.60 53 126.90 54 131.29

In INDIUM Sn TIN Sb ANTIMONY Te TELLURIUM I IODINE Xe XENON

81 204.38 82 207.2 83 208.98 84 (209) 85 (210) 86 (222)

Tl THALLIUM Pb LEAD Bi BISMUTH Po POLONIUM At ASTATINE Rn RADON

114 (289)

Uuq UNUNQUADIUM

$4d^4 5s^1$ $nd^5 (n-1)s^1$ $4d^7 5s^1 4d^8 5s^1 4d^{10} 5s^0$

LANTHANIDE										Copyright © 1998-2003 EniG. (eni@ktf-split.hr)														
57 138.91	58 140.12	59 140.91	60 144.24	61 (145)	62 150.36	63 151.96	64 157.25	65 158.93	66 162.50	67 164.93	68 167.26	69 168.93	70 173.04	71 174.97										
La LANTHANUM	Ce CERIUM	Pr PRASEODYMIUM	Nd NEODYMIUM	Pm PROMETHIUM	Sm SAMARIUM	Eu EUROPIUM	Gd GADOLINIUM	Tb TERBIUM	Dy DYSPROSIUM	Ho HOLMIUM	Er ERBIUM	Tm THULIUM	Yb YTTERIUM	Lu LUTETIUM										
ACTINIDE																								
89 (227)	90 232.04	91 231.04	92 238.03	93 (237)	94 (244)	95 (243)	96 (247)	97 (247)	98 (251)	99 (252)	100 (257)	101 (258)	102 (259)	103 (262)										
Ac ACTINIUM	Th THORIUM	Pa PROTACTINIUM	U URANIUM	Np NEPTUNIUM	Pu PLUTONIUM	Am AMERICIUM	Cm CURIUM	Bk BERKELIUM	Cf CALIFORNIUM	Es EINSTEINIUM	Fm FERMIUM	Md MENDELEVIUM	No NOBELIUM	Lr LAWRENCIUM										

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)
 Relative atomic mass is shown with five significant figures. For elements having no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element.
 However three such elements (Th, Pa, and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

Editor: Aditya Vardhan (adivya@netlinx.com)

Лантаноидное сжатие

- При достройке d-подуровня атомные радиусы изменяются мало.
- При заполнении 4f-подуровня у d-элементов 6 периода атомные радиусы остаются почти такими же, как и у d-элементов 5 периода. С этим связывают уменьшение активности тяжёлых d-элементов.
- В результате, в побочных подгруппах активность металлов увеличивается снизу вверх, а не сверху вниз, как в главных подгруппах.

Лантаноидное сжатие

- Например, в VIВ группе наиболее активным является хром (растворяется в разбавленных серной и азотной кислотах).
- Молибден растворяется в концентрированной азотной кислоте.
- Вольфрам растворяется только в смеси азотной и плавиковой кислот.

Атомные радиусы d-элементов

Ti 147 pm
Zr 160 pm
Hf 159 pm

V 134 pm
Nb 146 pm
Ta 146 pm

Cr 128 pm
Mo 139 pm
W 139 pm

Mn 127 pm
Tc 136 pm
Re 137 pm

Fe 126 pm
Ru 134 pm
Os 135 pm

Co 125 pm
Rh 134 pm
Ir 136 pm

Валентные возможности d-элементов

- Для первых пяти d-элементов из 4-го периода высшая степень окисления равна номеру их группы, то есть, суммарному количеству электронов на 4s и 3d подуровнях.
- Для следующих пяти элементов с ростом порядкового номера максимальная валентность снижается – за счёт появления спаренных электронов на d-орбиталях.

Склонность к образованию комплексных соединений

- Вследствие близких значений энергий ns , np и $(n-1)d$ орбиталей в образовании химических связей могут вовлекаться 9 атомных орбиталей (1 – s , 3 – p , 5 – d).
- Координационные числа – от 2 до 6.

Склонность к образованию комплексных соединений

- $\text{ZnSO}_4 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{ZnSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$

- $\text{CrCl}_3 + 6\text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 3\text{NaCl}$
- $\text{CrCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$
- $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$

Склонность к образованию комплексных соединений

- $2\text{KI} + \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 = \text{HgI}_2 + 2\text{KNO}_3$
- $2\text{KI} + \text{HgI}_2 = \text{K}_2[\text{HgI}_4]$

- $6\text{KCN} + \text{FeSO}_4 = \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{K}_2\text{SO}_4$
- $12\text{KCN} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 2\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 3\text{K}_2\text{SO}_4$

- $\text{Co}(\text{NO}_2)_3 + 3\text{NaNO}_2 = \text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$

- $\text{NiSO}_4 + 6\text{NH}_4\text{OH} = [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$

Окраска некоторых ионов d-элементов

- Окраска наблюдается в том случае, если ион имеет неспаренные электроны.
- Тот или иной цвет гидратированного иона обусловлен поглощением световой энергии *неспаренными электронами* и переходом их в возбужденное состояние.

Окраска некоторых ионов d-элементов

- Ti^{3+} - фиолетово-красная окраска

↑↓	↑	↑			
	↑				

- Mn^{2+} - розовая

↑↓	↑	↑	↑	↑	↑
	↑	↑	↑	↑	↑

- Fe^{2+} - зеленая

↑↓	↑↓	↑	↑	↑	↑
	↑↓	↑	↑	↑	↑

- Zn^{2+} - бесцветный

↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓

- Ag^+ - бесцветный

↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓

Оксиды d-элементов

- Особенность оксидов d-элементов заключается в том, что, в большинстве случаев, это соединения переменного состава.
- Несколько примеров:
- $\text{Fe}_3\text{O}_4 = \text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
- $\text{CrO}_2 = \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{CrO}_3$
- $\text{VO}_2 = \text{V}_2\text{O}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5$

Гидроксиды d-элементов

- Гидроксиды (и оксиды), в которых d-элемент находится в низшей степени окисления, проявляют основные свойства.
- CrO Cr(OH)₂
- Гидроксиды (и оксиды), в которых d-элемент находится в наивысшей степени окисления, проявляют кислотные свойства.
- CrO₃ H₂Cr₂O₇
- Гидроксиды (и оксиды), в которых d-элемент находится в промежуточной степени окисления, амфотерны.
- Cr₂O₃ Cr(OH)₃ / HCrO₂·H₂O

Хром

- Природные ресурсы:
- Хромит: $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 = \text{FeCr}_2\text{O}_4$
- Крокоит: $\text{PbO} \cdot \text{CrO}_3 = \text{PbCrO}_4$



Пассивация хрома

- На поверхности хрома образуется защитная пленка Cr_2O_3 , которая защищает его от дальнейшего окисления.
- По этой причине растворение хрома в кислотах-неокислителях (HCl , HBr , HI , разбавленная H_2SO_4) идёт со скрытым периодом.
- Удалить защитную плёнку можно простым соскабливанием.

Химические свойства хрома

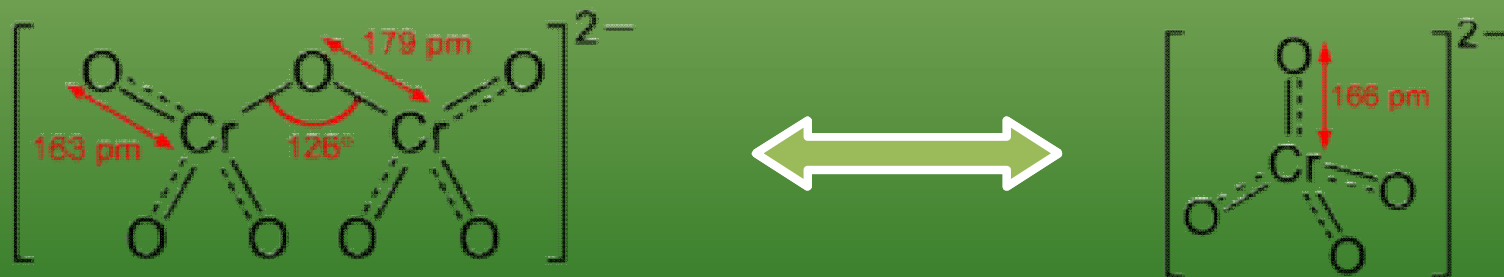
- Реагирует с кислородом при $t^{\circ}=2000^{\circ}\text{C}$
- $4\text{Cr} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cr}_2\text{O}_3$
- В реакциях с неметаллами образует нестехиометрические соединения:
- Cr_4C ; Cr_7C_3 ; Cr_3C_2
- Cr_3Si ; Cr_5Si ; CrSi_2

Химические свойства хрома

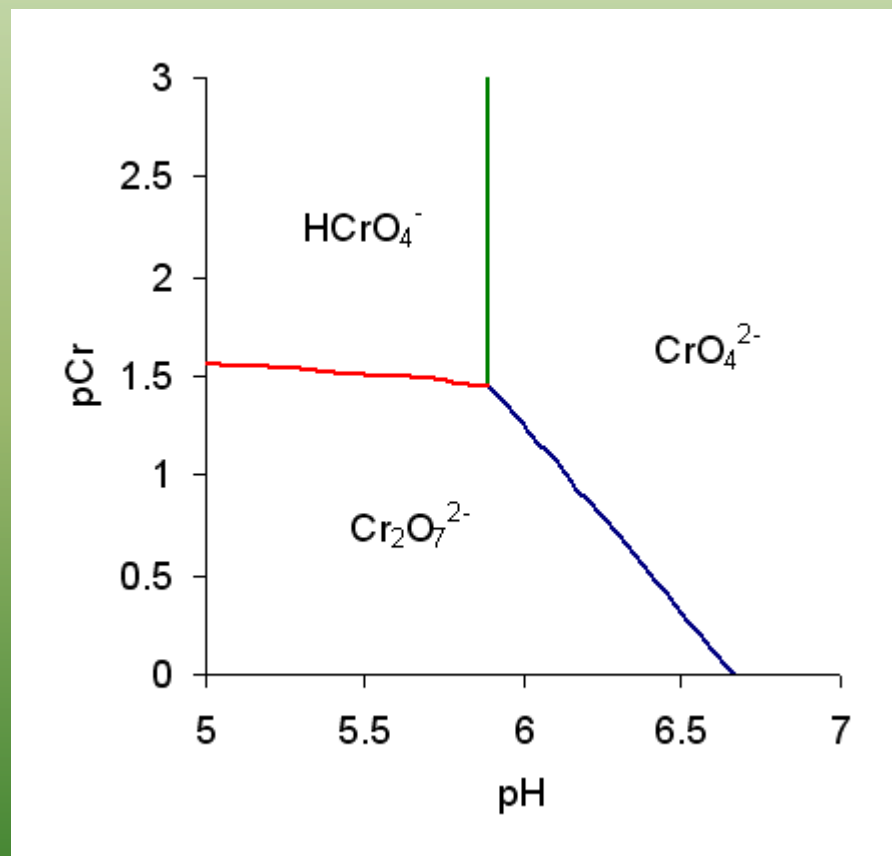
- $\text{Cr} + 3\text{H}_2\text{O} (\text{t}^\circ) \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$
- $\text{Cr} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{разб.}) \rightarrow \text{CrSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$
- $12\text{CrSO}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{Cr}_2\text{O}_3$
- $\text{Cr} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_2 + 2\text{H}_2 \uparrow$
- $4\text{CrCl}_2 + \text{O}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow 4\text{CrCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{Cr} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$

Соединения хрома

- Дихроматы и хроматы:
- $\text{H}_2\text{O} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \leftrightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{CrO}_4^{2-}$
- Дихромат + $\text{OH}^- \leftrightarrow$ Хромат + H^+
- Оранжевый \leftrightarrow жёлтый

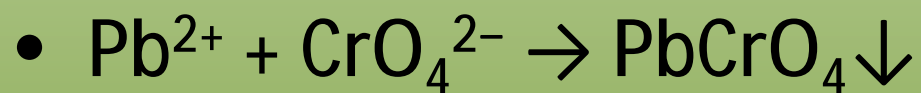


Соединения хрома



Использование соединений хрома в фармацевтическом анализе

- Хромат калия K_2CrO_4 образует с катионами свинца малорастворимый хромат свинца желтого цвета:



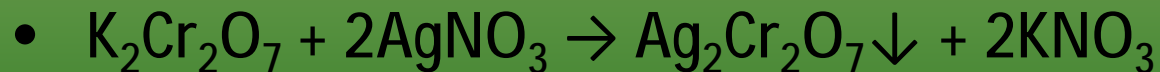
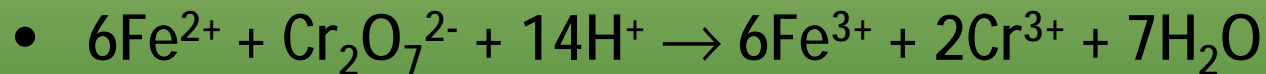
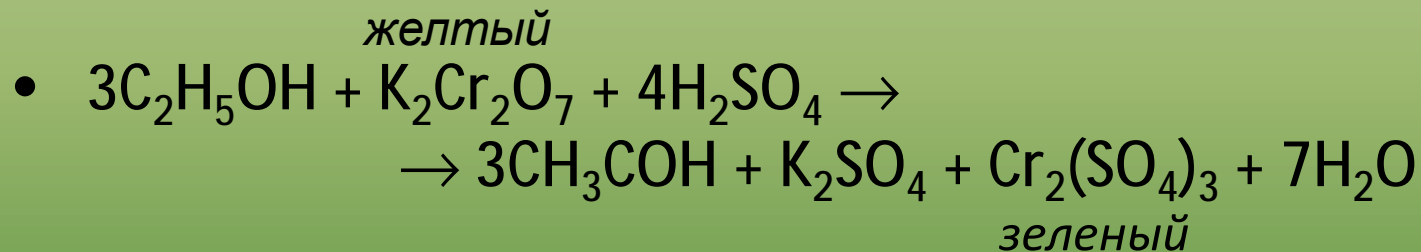
желтый



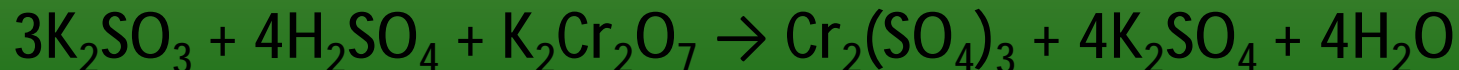
- $2PbCrO_4 + 4HNO_3(\text{конц.}) \rightarrow 2Pb(NO_3)_2 + H_2Cr_2O_7 + H_2O$
- $PbCrO_4 + 4KOH \rightarrow K_2[Pb(OH)_4] + K_2CrO_4$

Использование соединений хрома в фармацевтическом анализе

- H_2CrO_4 – обнаружение кокаина
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – дихроматометрия – количественное определение лекарственных веществ, обладающих восстановительными свойствами



тёмно-красный



Окислительно-восстановительные индикаторы

Индикатор	Окраска		E° , В, при [H ⁺]= = 1 моль/л
	Ind _{Red}	Ind _{Ox}	
Дифениламин	Бесцветная	Фиолетовая	0,76
Дифенилбензидин	Бесцветная	Фиолетовая	0,76
Дифенилбензидин- сульфонат натрия	Бесцветная	Красно- фиолетовая	0,84

Применение титана, ниобия и тантала в хирургии

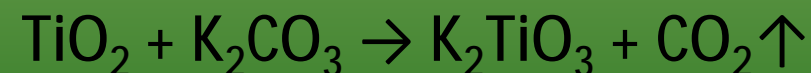
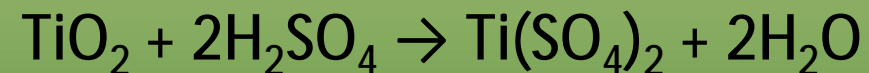
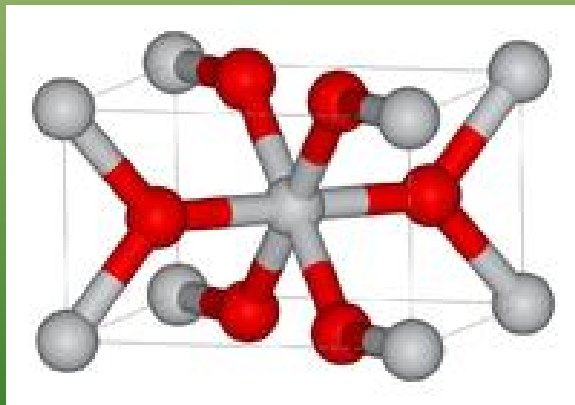
- Сплавы на основе титана используются для изготовления деталей эндопротезов, имплантантов, скоб и других изделий, предназначенных для применения в травматологии, ортопедии, стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Состав одного из используемых сплавов (в масс. %): титан 84%; ниобий 7,5%; алюминий 6,5%; молибден 1,5%; тантал 0,5%.

Эндопротезы



Диоксид титана

Основной структур TiO₂ являются октаэдры TiO₆, то есть каждый ион Ti⁴⁺ окружён шестью ионами O²⁻, а каждый ион O²⁻ окружён тремя ионами Ti⁴⁺. Октаэдры расположены таким образом, что каждый ион кислорода принадлежит трём октаэдрам.



Применение диоксида титана в фармации

- TiO_2 – используется в качестве добавки в полимеры (полиэтилен, полипропилен) для придания им непрозрачности, чтобы защитить лекарственное средство от света (таблетки, покрытые оболочкой). После покрытия такой оболочкой лекарственные средства можно не хранить в защищенном от света месте.

Циркониевый браслет

- Цирконий не играет биологической роли в организме. Металлический цирконий и его нерастворимые соединения (оксид, силикат) обладают высокой биологической инертностью.



Ядовитость ванадия

- Установлено, что ванадий может тормозить синтез жирных кислот, подавлять образование холестерина. Ванадий ингибирует ряд ферментных систем, тормозит фосфорилирование и синтез АТФ, стимулирует активность моноаминоксидазы и окислительное фосфорилирование.
- При остром воздействии токсических доз ванадия отмечаются местные воспалительные реакции кожи и слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей, скопление слизи в бронхах и альвеолах, лейкопения и анемия.

Применение метаванадата аммония в фармации

- NH_4VO_3 – как сильный окислитель используется в качестве титрованного раствора для количественного определения лекарственных веществ, обладающих восстановительными свойствами (ванадатометрия), например, изониазида

Применение метаванадата аммония в фармации

- $\text{VO}_3^- + 2\text{H}^+ + e \rightarrow \text{VO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- NH_4VO_3 – входит в состав молибденованадиевого реактива (МВР)
 $((\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + \text{NH}_4\text{VO}_3)$ – используется для обнаружения фосфат-ионов
- $\text{PO}_4^{3-} + \text{МВР} = \text{желтое окрашивание}$
- $\text{VitB}_6 + \text{NH}_4\text{VO}_3 = \text{сине-фиолетовая окраска}$

Применение соединений молибдена в фармации

- $((\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + \text{NH}_4\text{VO}_3)$ – молибденово-ванадиевый реактив – обнаружение PO_4^{3-}
- $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ – обнаружение PO_4^{3-} , скополамина
- $\text{H}_3\text{PO}_4 + 12(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + 21\text{HNO}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3 \downarrow + 21\text{NH}_4\text{NO}_3 + 12\text{H}_2\text{O}$
желтый
- $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$ – фосфорномолибденовая кислота – общеалкалоидный осадительный реактив

Применение соединений вольфрама в фармации

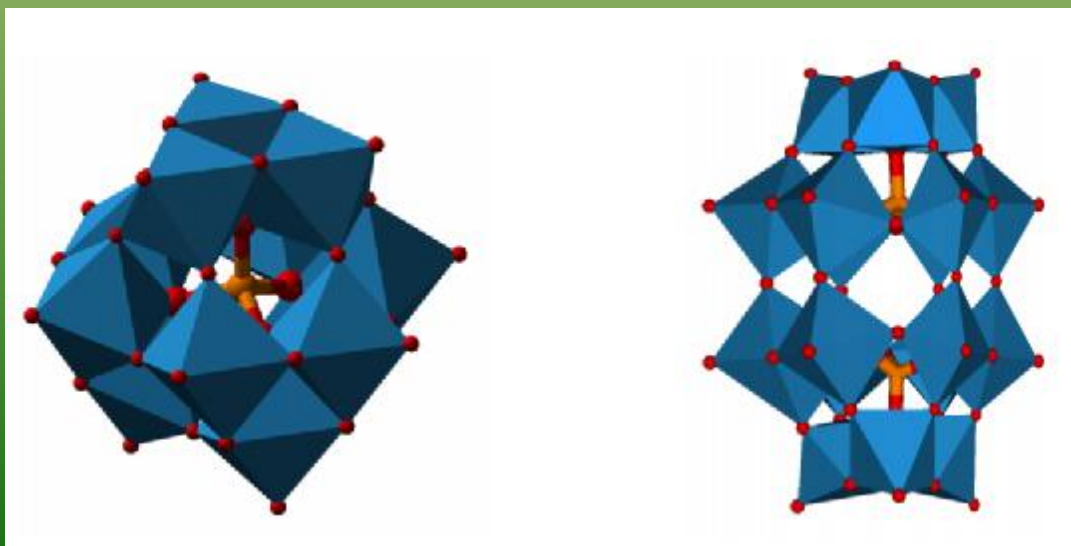
- $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{WO}_3$ – фосфорновольфрамовая кислота – общеалкалоидный осадительный реактив
- $\text{H}_8[\text{Si}(\text{W}_2\text{O}_7)_6]$ – кремневольфрамовая кислота – общеалкалоидный осадительный реактив

Гетерополикислоты

Гетерополикислоты – это комплексные соединения анионного типа, содержащие во внутренней координационной сфере в качестве лигандов анионы неорганических изополикислот (молибденовых, вольфрамовых, реже ванадиевых, ниобиевых и др.), а в качестве атома-комплексообразователя (гетеро-атома) служат P(V), As(V), Si(IV), Ge(IV), Ti(IV), Ce(IV).

Гетерополикислоты

- Гетероатом = p-элемент
- Металл = d-элемент
- Атомы кислорода
- Атомы водорода



pH	Основные компоненты
1,0	$[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]^{3-}$
2,2	$[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]^{3-}$, $[\text{P}_2\text{W}_{21}\text{O}_{71}]^{6-}$, $[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}]^{7-}$
3,5	$[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]^{3-}$, $[\text{P}_2\text{W}_{21}\text{O}_{71}]^{6-}$, $[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}]^{7-}$, $[\text{P}_2\text{W}_{18}\text{O}_{62}]^{6-}$, $[\text{P}_2\text{W}_{19}\text{O}_{67}]^{10-}$
5,4	$[\text{P}_2\text{W}_{21}\text{O}_{71}]^{6-}$, $[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}]^{7-}$, $[\text{P}_2\text{W}_{18}\text{O}_{62}]^{6-}$
7,3	$[\text{PW}_9\text{O}_{34}]^{9-}$
8,3	PO_4^{3-} , WO_4^{2-}

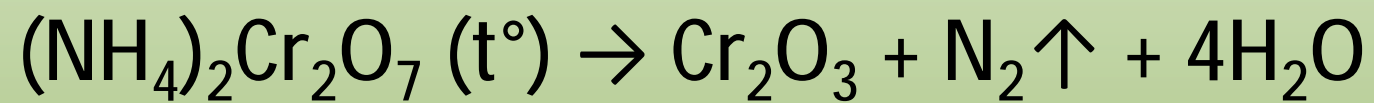
Применение сульфата церия (IV) в количественном анализе

- $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ – как сильный окислитель используется в качестве титрованного раствора для количественного определения лекарственных веществ, обладающих восстановительными свойствами, H_2O_2 , ионов: As^{3+} ; I^- ; Sb^{3+} ; Mo^{5+} ; Sn^{2+} ; $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$; Tl^+ ; и т.д.
(цериметрическое титрование)

Применение сульфата церия (IV) в количественном анализе

- $\text{Ce}^{4+} + e \rightarrow \text{Ce}^{3+}$
- $2\text{FeSO}_4 + 2\text{Ce}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$
- $\text{Fe}^{2+} + \text{дипиридил} = \text{красное окрашивание}$
- $\text{НСОН} + 2\text{Ce}(\text{SO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{НСООН} + \text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$
Аспирин, фенол, парацетамол,
витамины Е и К и т.д.

«Вулкан»



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!