

*d* - элементы



Элементы побочных подгрупп занимают в таблице Д.И. Менделеева переходное положение между электроположительными s-элементами и электроотрицательными p-элементами. Поэтому их еще называют переходными элементами.

Согласно более строгому определению, переходными называют элементы с частично заполненными d- или f-подуровнями. Они расположены в таблице в 4-м, 5-м, 6-м и 7-м периодах соответственно.

d-элементы хорошие проводники электрического тока, особенно те из них, в атомах которых имеется только один внешний s-электрон сверх полузаполненной или заполненной d-оболочки.

Медь, серебро и золото, обладающие внешней электронной конфигурацией  $d^{10}s^1$ , проводят электрический ток лучше, чем цинк, кадмий и ртуть, обладающие конфигурацией  $d^{10}s^2$ .



## Распространение в природе и основные минералы

0,63%

TiO<sub>2</sub> – рутил, брукит  
FeTiO<sub>3</sub> – ильменит  
FeTiO<sub>3</sub> \* nFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – титаномагнетит

4,65%

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – магнетит  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – гематит  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> \* H<sub>2</sub>O – лимонит  
FeS<sub>2</sub> – пирит

0,095%

MnO<sub>2</sub> – пиролюзит  
Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – гаусманит  
Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – брауманит

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева

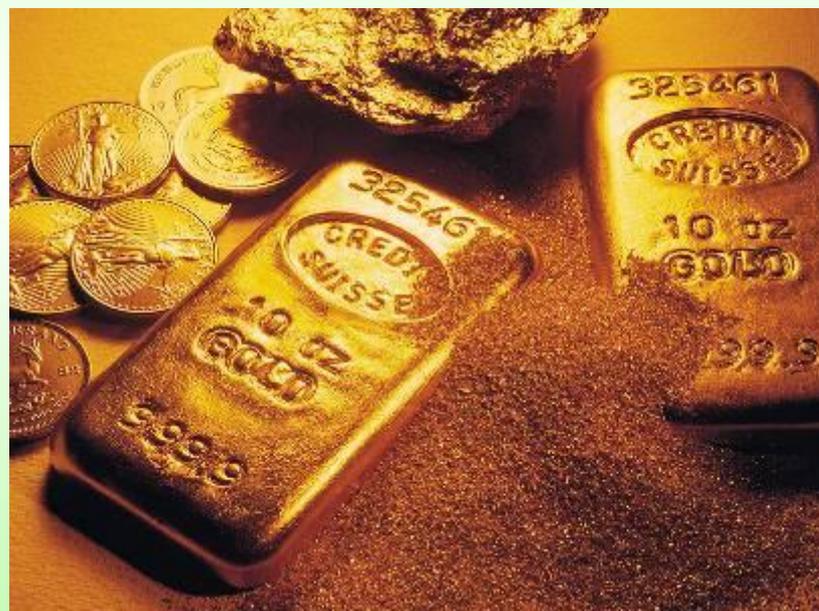
										V			VI			VII																					
										7	O			8	F			9																			
										15	S			16	Cl			17																			
19	Ca		20	21	Sc		22	Ti		23	V		24	Cr		25	Mn		26	Fe		27	Co		28	Ni											
Cu		30	Zn		31	Ga		32	Ge		33	As		34	Se		35	Br								Kr											
37	Sr		38	39	Y		40	Zr		41	Nb		42	Mo		43	Tc		44	Ru		45	Rh		46	Pd											
Ag		48	Cd		49	In		50	Sn		51	Sb		52	Te		53	I		54	Xe																
55	Ba		56	57	La*		72	Hf		73	Ta		74	W		75	Re		76	Os		77	Ir		78	Pt											
Au		80	Hg		81	Tl		82	Pb		83	Bi		84	Po		85	At		86	Rn																
87	Ra		88	89	Ac**		104	Ku																													
* Ряд лантанидов																																					
Ce	59	Pr		60	Nd		61	Pm		62	Sm		63	Eu		64	Gd		65	Tb		66	Dy		67	Ho		68	Er		69	Tm		70	Yb		71
** Ряд актинидов																																					
Th	91	Pa		92	U		93	Np		94	Pu		95	Am		96	Cm		97	Bk		98	Cf		99	Es		100	Fm		101	Md		102	(No)		103

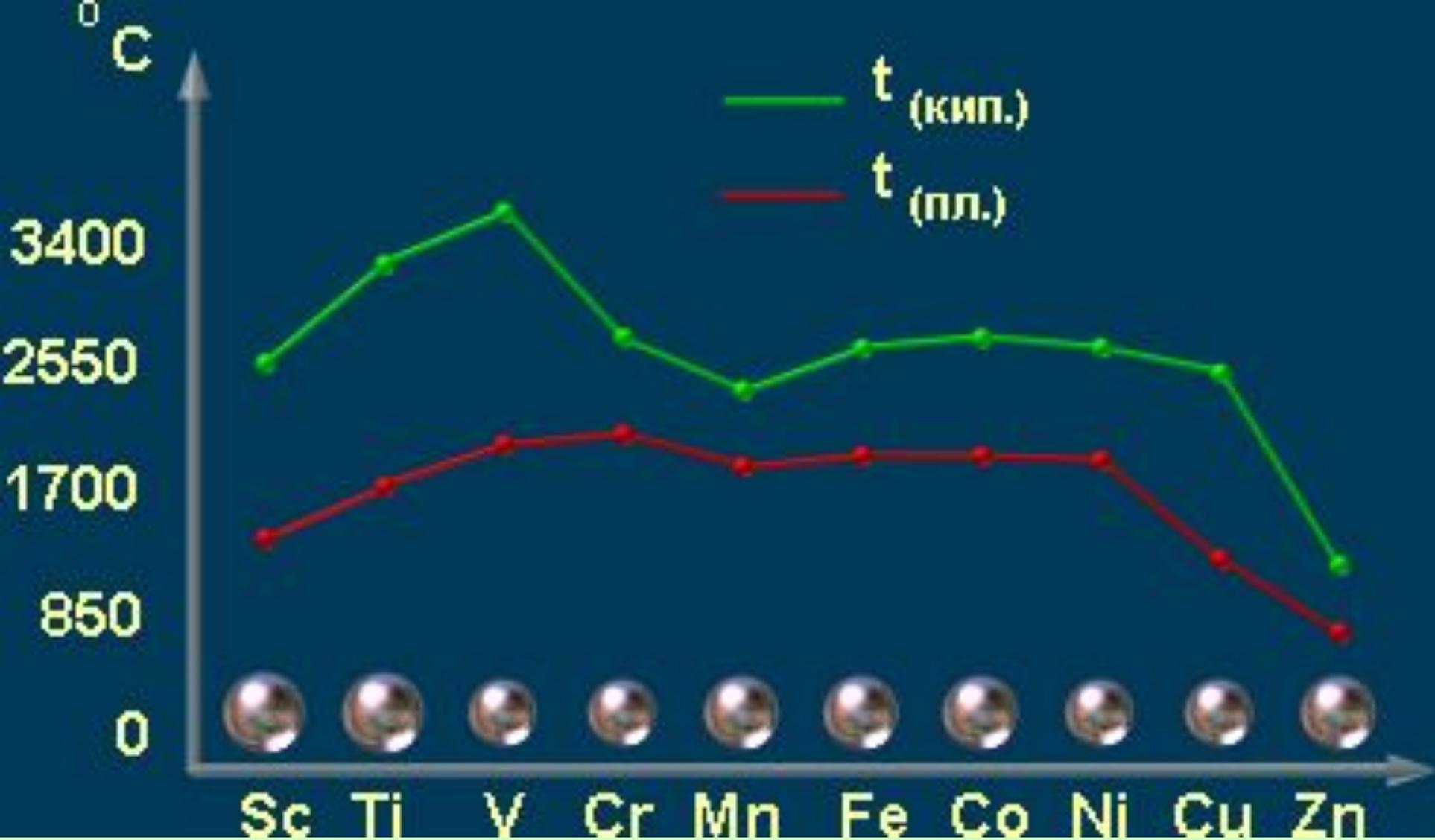
Среди элементов побочных подгрупп наиболее распространены в природе являются железо, титан и марганец. Они входят в число 12 элементов земной коры образующих 99,5% ее массы.



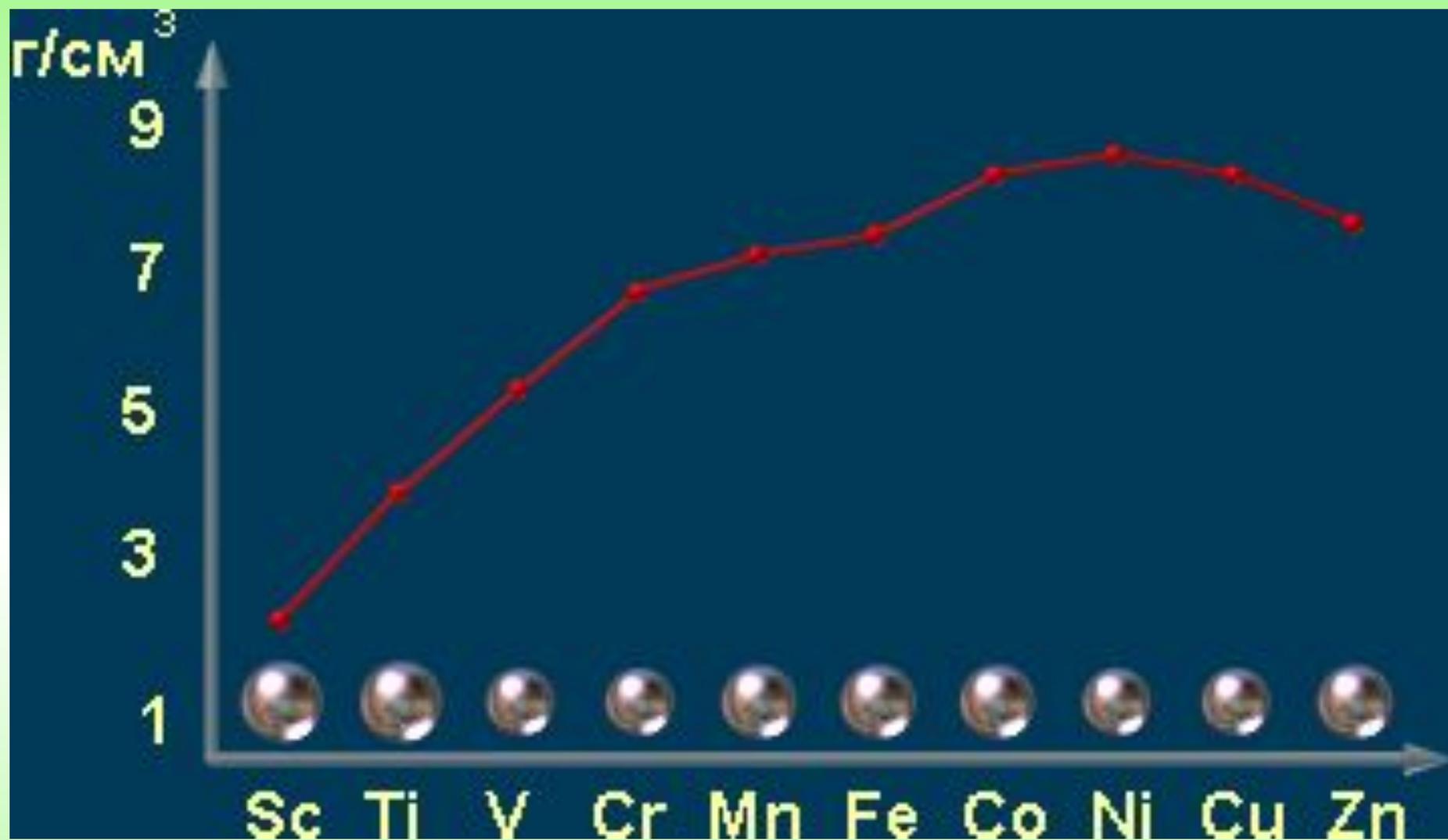
Все d- и f-элементы преимущественно проявляют металлические свойства. Большинство из них имеет характерный металлический блеск.

Для них характерны: высокая прочность на разрыв, тягучесть и ковкость, высокие температуры плавления и кипения, высокая плотность, хорошая электропроводность.





Высокие температуры плавления и кипения объясняются прочными металлическими связями в этих веществах, т.к. в их образовании участвуют s- и d-электроны одновременно.



Высокая плотность d-элементов объясняется сравнительно малыми радиусами их атомов. Атомные радиусы этих металлов мало изменяются в периоде.

				+7					
			+6	+6	+6				
		+5	+5	+5					
	+4	+4	+4	+4		+4	+4		
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn

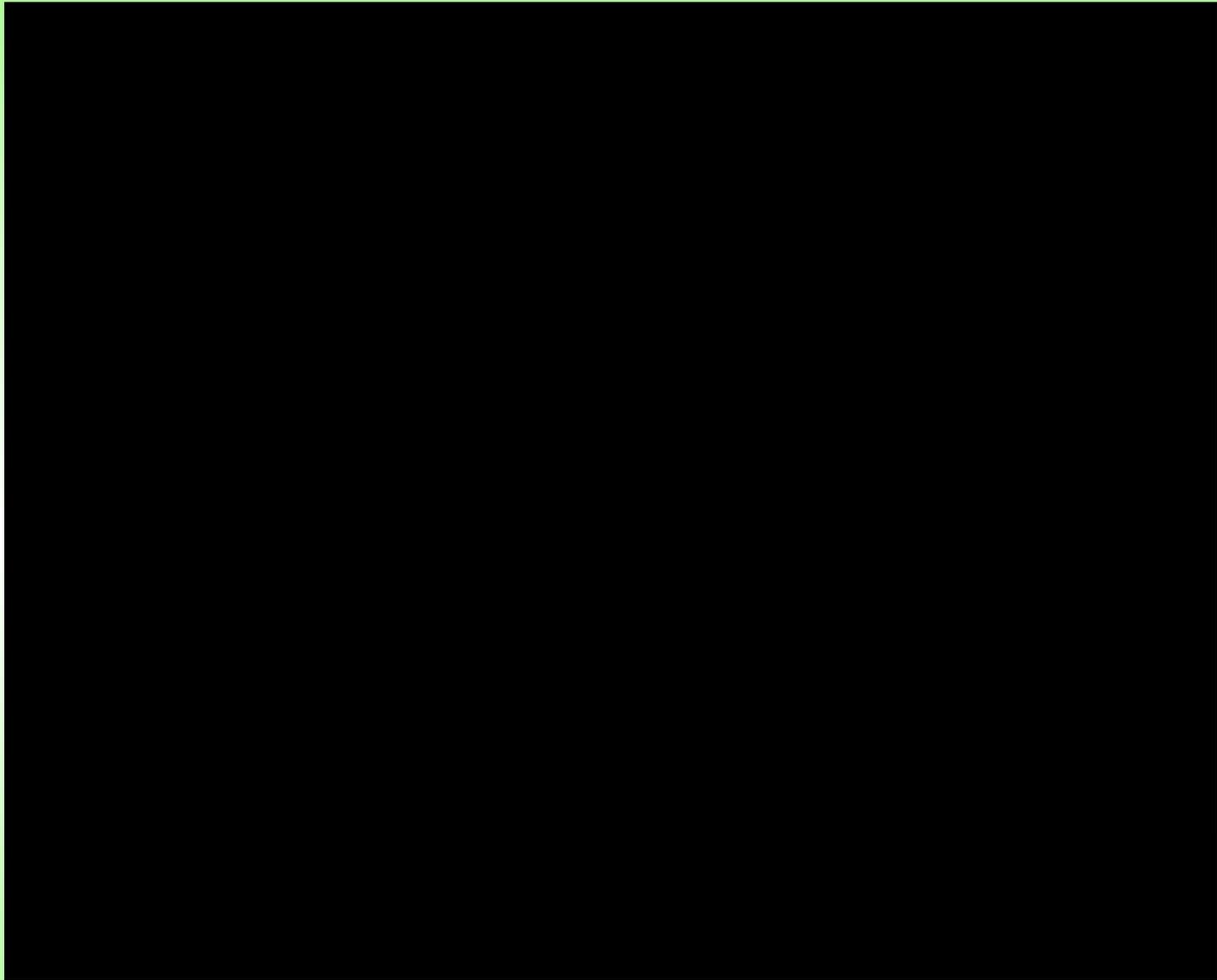
Для d-элементов характерно наличие нескольких состояний окисления в различных соединениях. Число различных состояний окисления возрастает по мере перемещения слева направо вдоль периода, а затем после достижения максимума вновь убывает.

Химические свойства элементов главных и побочных подгрупп существенно отличаются друг от друга. Это связано с тем, что у атомов элементов происходит заполнение электронами d или f подуровней внутренних электронных уровней. Причина такого явления в более низкой энергии s-подуровней по сравнению с d-подуровнями. Существуют и аномалии: например атомы хрома на 4s-подуровне имеет 1 электрон. Дело в том, что полузаполненные или заполненные подуровни обладают большей устойчивостью, чем частично заполненные. В атоме хрома 3d-подуровень является полузаполненным. Аналогичным исключением является медь.



Электроотрицательность и энергия ионизации у d-элементов 4-го периода возрастают с увеличением порядкового номера. Это означает, что металлические свойства от скандия **Sc** к цинку **Zn** постепенно ослабевают.

Элементы побочных подгрупп, как правило, вытесняют водород из неорганических кислот. Однако на поверхности некоторых из них образуется защитный слой оксида. Это объясняет пассивность таких металлов, как титан, ванадий и хром, в коррозионных средах. d-элементы и их соединения обладают целым рядом характерных химических свойств.



**Взаимодействие ртути с серой**



**Взаимодействие цинка с сульфатом меди**

Элементы побочных подгрупп за исключением **Ag** и **Au** реагируют с кислородом, образуя оксиды. Они почти все нерастворимы в воде. С повышением степени окисления основные свойства d-элемента уменьшаются, а кислотные возрастают. Соответственно изменяется и характер образуемых ими соединений - оксидов.

По химическим свойствам оксиды могут быть как основными, так и амфотерными и кислотными. На рисунке прямая линия условно разделяет основные и кислотные оксиды образуемые d-элементами.

### Устойчивые оксиды, образуемые d-элементами 4-го периода

+7					$Mn_2O_7$					
+6				$CrO_3$						
+5			$V_2O_5$							
+4		$TiO_2$			$MnO_2$					
+3	$Sc_2O_3$	$Ti_2O_3$	$V_2O_3$	$Cr_2O_3$	$Fe_2O_3$	$Co_2O_3$				
+2					$MnO$	$FeO$	$CoO$	$NiO$	$CuO$	$ZnO$
+1									$Cu_2O$	
	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>

Кислотные оксиды

Основные оксиды

## Гидроксиды, образуемые d-элементами 4-го периода

+7	$\text{HЭO}_4$										
+6	$\text{H}_2\text{ЭO}_4$				+						
+5	$n\text{Э}_2\text{O}_5 + x\text{H}_2\text{O}$			+							
+4	$\text{ЭO}_2 + x\text{H}_2\text{O}$		+								
+3	$\text{Э(OH)}_3$	+		+	+		+				
+2	$\text{Э(OH)}_2$			+	+	+	+	+	+	+	+
+1	$\text{Э(OH)}$					+					
		Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn



кислотные свойства

Гидроксиды d-элементов 4-периода получают взаимодействием соответствующих солей со щелочами. Цвет образующегося осадка часто используют для идентификации присутствующего металла. Все осадки гелеобразны вследствие гидратации.

С повышением степени окисления d-элемента в гидроксиде основные свойства последнего уменьшаются, а кислотные возрастают.

Характерной особенностью d-элементов является их способность образовывать комплексные ионы. Комплексный ион образуется, когда одна или несколько молекул либо отрицательно заряженных ионов присоединяются к центральному атому в результате образования донорно-акцепторных связей.

Комплексные ионы, образуемые d-элементами, могут быть электрически нейтральными, положительно или отрицательно заряженными.

**Нейтральный комплекс:**



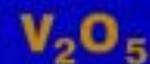
**Анионный комплекс:**



**Катионный комплекс:**



d-элементы и их соединения находят широкое применение в качестве промышленных катализаторов (на примере d-элементов 4-го периода).



Катализаторы

