

2. ธาตุทรานสิชัน (The Transition Elements)

หัวข้อ

1. ลักษณะเด่นและสมบัติทั่วไปของธาตุทรานสิชัน
2. การจัดเรียงอิเล็กตรอน
3. ธาตุทรานสิชันแต่ละหมู่ และการใช้ประโยชน์

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ธาตุทรานสิชัน (The Transition Elements)

1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]	2 He helium 4.0026											13 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	14 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	15 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	16 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	17 F fluorine 18.998	18 Ne neon 20.180
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122	d-block (Transition elements)										13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]	3B 3	4B 4	5B 5	6B 6	7B 7	8B 8 9 10			1B 11	2B 12	13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson
		f-block (Inner transition elements)															
		57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97	
		89 Ac actinium 232.04	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium	

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016.
Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

ลักษณะเด่นของธาตุทรานสิชัน

ลักษณะเด่นของธาตุทรานสิชัน (ที่แตกต่างจากกลุ่ม s และ p)

1. มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า

ยกเว้น หมู่ IIB (Zn, Cd, Hg) O.S. = 2

หมู่ IIIB (Sc, Y, La, Ac) O.S. = 3

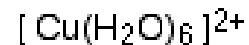
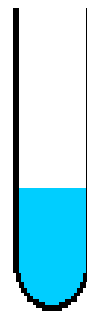
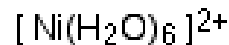
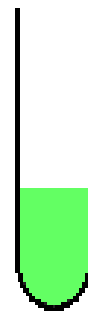
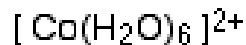
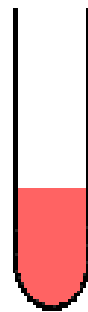
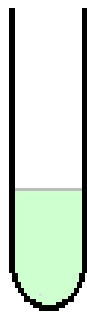
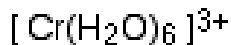
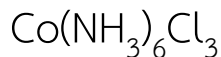
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
				7					
			6	6	6				
		5	5	5	5	5			
	4	4	4	4	4	4	4		
3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	1	1	1	1	1	1	1	1	



* ทุกธาตุ เมื่อเกิดเป็นไอออนจะพบเลขประจุ +2 ด้วยเสมอ (ยกเว้น Sc มีประจุ +3 เพียงค่าเดียว)

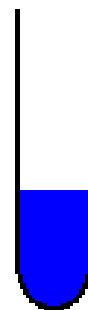
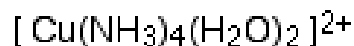
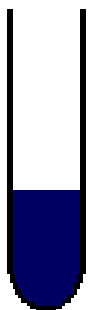
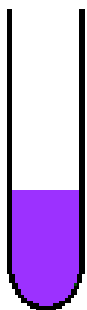
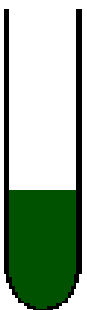
ลักษณะเด่นของธาตุทรานสิชัน

2. สารประกอบส่วนใหญ่มีสี (ยกเว้นหมู่ IIIB) ขณะที่สารประกอบของธาตุกลุ่ม s และ p ไม่มีสี



- อิเล็กตรอนใน d-orbital ของไอออนโลหะย้ายระดับพลังงานซึ่งตรงกับพลังงานแสงในช่วงที่มองเห็นได้ (visible light)

- เกิดการดูดกลืนแสงสีหนึ่งๆ เพื่อย้ายระดับพลังงาน และมีการคายสีที่เหลือออกมาซึ่งเป็นสีของสารที่เรามองเห็น



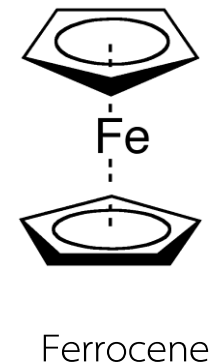
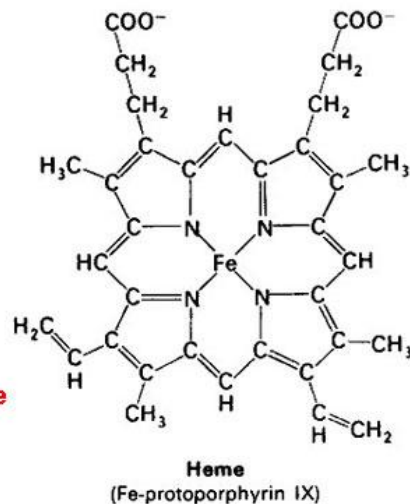
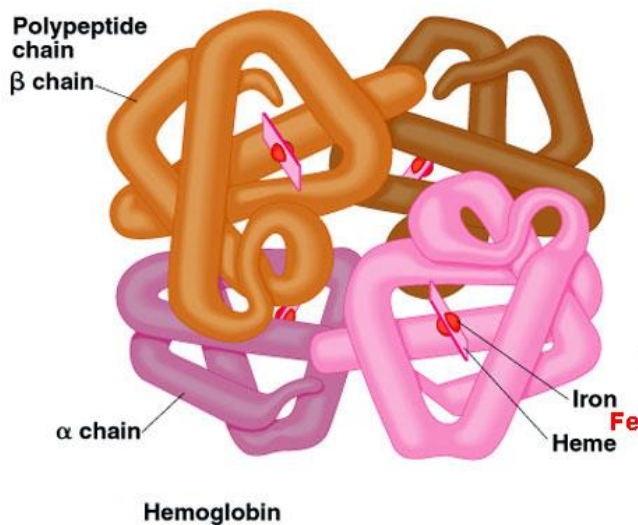
<http://www.chemguide.co.uk/inorganic/transition/features.html>

ลักษณะเด่นของธาตุทรานสิชัน

3. เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสมบัติความเป็นแม่เหล็ก (paramagnetic) ขณะที่สารประกอบของธาตุกลุ่ม s และ p เป็นสารที่ไม่มีสมบัติความเป็นแม่เหล็ก (diamagnetic)

- ความเป็นแม่เหล็กวัดได้จากจำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยว (unpaired electron)
 - ไม่มีอิเล็กตรอนเดี่ยว $\rightarrow$ ไม่มีสมบัติความเป็นแม่เหล็ก $\rightarrow$ diamagnetic
 - มีอิเล็กตรอนเดี่ยวตั้งแต่ 1 ขึ้นไป $\rightarrow$ มีสมบัติความเป็นแม่เหล็ก $\rightarrow$ paramagnetic

4. มีแนวโน้มที่จะเกิดสารเชิงซ้อน (complex หรือ coordination compound) ได้ง่ายกว่า เช่น



ลักษณะเด่นของธาตุทรานสิชัน

5. มีจุดเดือด-จุดหลอมเหลวสูง และเป็น hard solid

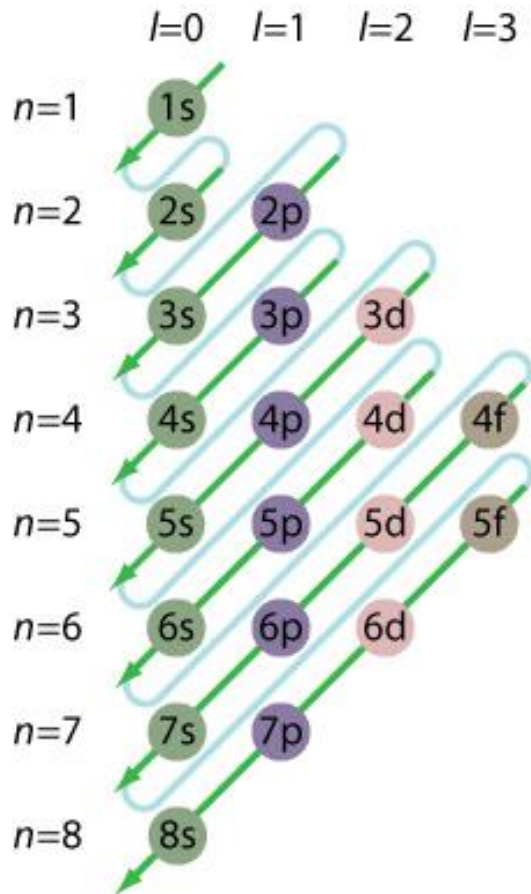
	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
m.p (°C)	1541	1660	1890	1857	1244	1535	1495	1453	1083	420
b.p (°C)	2831	3287	3380	2672	1962	2750	2870	2732	2567	907
D (g/cm ³)	3.0	4.5	6.0	7.2	7.2	7.9	8.9	8.9	8.9	7.1

สมบัติทั่วไปของธาตุทรานสิชัน

1. มีความเป็นมันเงา
2. นำไฟฟ้าและความร้อนสูง (Ag เป็นตัวนำที่ดีที่สุด และ Cu รองลงมา)
3. แข็งแรงและทนทาน เช่น เหล็ก ทังสเตน จึงใช้ในการก่อสร้าง แต่มีบางชนิด เช่น ทอง เงิน ทองแดง เป็นโลหะอ่อน
4. มักทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นออกไซด์ที่ผิวของโลหะ เช่น เหล็กออกไซด์ Fe_2O_3 (hematite)
ยกเว้นโลหะที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยา ได้แก่ Au, Ag, Pt, Pd ไม่เกิดออกไซด์

การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุทรานสิชัน

Aufbau principle (building-up principle)



Sc	$\uparrow\downarrow$ 4s	$\uparrow$					[Ar]3d ¹ 4s ²
Ti	$\uparrow\downarrow$ 4s	$\uparrow$	$\uparrow$				[Ar]3d ² 4s ²
V	$\uparrow\downarrow$ 4s	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$			[Ar]3d ³ 4s ²
Cr	$\uparrow$ 4s	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	[Ar]3d ⁵ 4s ¹ *half filled
Mn	$\uparrow\downarrow$ 4s	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	[Ar]3d ⁵ 4s ²
Fe	$\uparrow\downarrow$ 4s	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	[Ar]3d ⁶ 4s ²
Co	$\uparrow\downarrow$ 4s	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	[Ar]3d ⁷ 4s ²
Ni	$\uparrow\downarrow$ 4s	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$	[Ar]3d ⁸ 4s ²
Cu	$\uparrow$ 4s	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	[Ar]3d ¹⁰ 4s ¹ *full filled
Zn	$\uparrow\downarrow$ 4s	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	[Ar]3d ¹⁰ 4s ²

การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุทรานสิชัน

21 Sc $4s^2 3d^1$	22 Ti $4s^2 3d^2$	23 V $4s^2 3d^3$	24 Cr $4s^1 3d^5$	25 Mn $4s^2 3d^5$	26 Fe $4s^2 3d^6$	27 Co $4s^2 3d^7$	28 Ni $4s^2 3d^8$	29 Cu $4s^1 3d^{10}$	30 Zn $4s^2 3d^{10}$
39 Y $5s^2 4d^1$	40 Zr $5s^2 4d^2$	41 Nb $5s^1 4d^4$	42 Mo $5s^1 4d^5$	43 Tc $5s^1 4d^6$	44 Ru $5s^1 4d^7$	45 Rh $5s^1 4d^8$	46 Pd $4d^{10}$	47 Ag $5s^1 4d^{10}$	48 Cd $5s^2 4d^{10}$
57 La $6s^2 5d^1$	72 Hf $6s^2 4f^{14} 5d^2$	73 Ta $6s^2 4f^{14} 5d^3$	74 W $6s^2 4f^{14} 5d^4$	75 Re $6s^2 4f^{14} 5d^5$	76 Os $6s^2 4f^{14} 5d^6$	77 Ir $6s^2 4f^{14} 5d^7$	78 Pt $6s^1 4f^{14} 5d^9$	79 Au $6s^1 4f^{14} 5d^{10}$	80 Hg $6s^2 4f^{14} 5d^{10}$
89 Ac $7s^2 6d^1$	104 Rf $7s^2 5f^{14} 6d^2$	105 Db $7s^2 5f^{14} 6d^3$	106 Sg $7s^2 5f^{14} 6d^4$	107 Bh $7s^2 5f^{14} 6d^5$	108 Hs $7s^2 5f^{14} 6d^6$	109 Mt $7s^2 5f^{14} 6d^7$	110 Ds $7s^2 5f^{14} 6d^8$	111 Rg $7s^2 5f^{14} 6d^9$	112 Cn $7s^2 5f^{14} 6d^{10}$

* 58 Ce $6s^2 4f^2$	59 Pr $6s^2 4f^3$	60 Nd $6s^2 4f^4$	61 Pm $6s^2 4f^5$	62 Sm $6s^2 4f^6$	63 Eu $6s^2 4f^7$	64 Gd $6s^2 4f^7 5d^1$	65 Tb $6s^2 4f^9$	66 Dy $6s^2 4f^{10}$	67 Ho $6s^2 4f^{11}$	68 Er $6s^2 4f^{12}$	69 Tm $6s^2 4f^{13}$	70 Yb $6s^2 4f^{14}$	71 Lu $6s^2 4f^{14} 5d^1$
** 90 Th $7s^2 6d^2$	91 Pa $7s^2 5f^2 6d^1$	92 U $7s^2 5f^3 6d^1$	93 Np $7s^2 5f^4 6d^1$	94 Pu $7s^2 5f^6$	95 Am $7s^2 5f^7$	96 Cm $7s^2 5f^7 6d^1$	97 Bk $7s^2 5f^8 6d^1$	98 Cf $7s^2 5f^{10}$	99 Es $7s^2 5f^{11}$	100 Fm $7s^2 5f^{12}$	101 Md $7s^2 5f^{13}$	102 No $7s^2 5f^{14}$	103 Lr $7s^2 5f^{14} 6d^1$

ธาตุทรานสิชันเมื่อเกิดเป็นไอออนบวก อิเล็กตรอนใน 4s orbital จะหลุดก่อน จากนั้นอิเล็กตรอนใน 3d จะหลุดออกเป็นลำดับถัดมา เนื่องจาก 3d orbital มีอำนาจการทะลุทะลวง (penetrate) ดีกว่า 4s orbital ทำให้อิเล็กตรอนใน 3d เข้าใกล้และดึงดูดกับนิวเคลียสได้มากกว่า ไอออนจึงมีความเสถียร



การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุทรานสิชัน

เลขออกซิเดชัน (oxidation state)

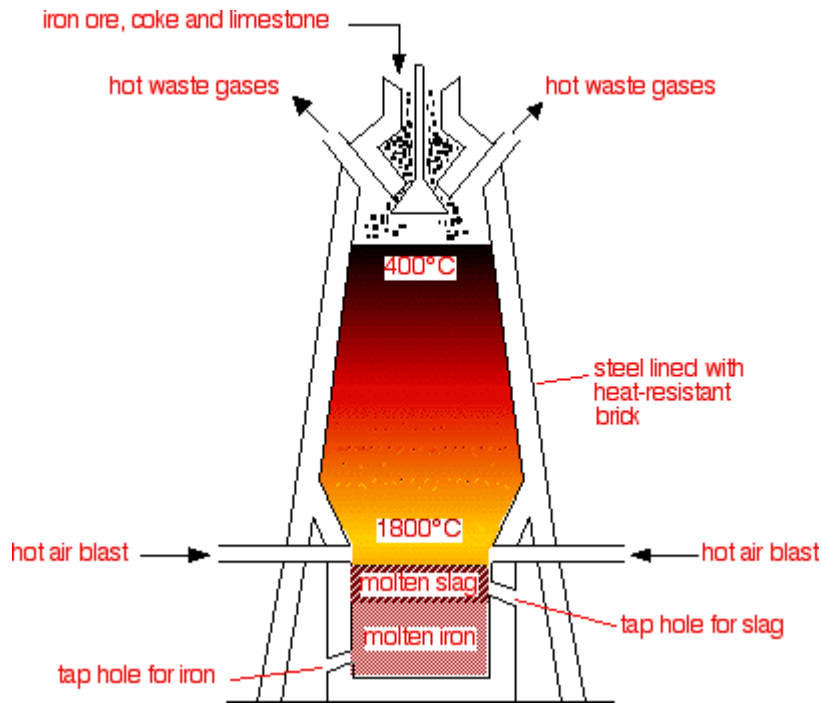
- มีเลขออกซิเดชัน (oxidation state) ได้หลายค่าเนื่องจากค่า I.E แต่ละลำดับไม่ต่างกัน
- เลขออกซิเดชันสูงสุดเท่ากับเลขหมู่ หรือเท่ากับผลรวมของอิเล็กตรอนใน ns และ (n-1)d เช่น Mn^{7+}
- มักมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ 2 เนื่องจากการสูญเสียอิเล็กตรอนใน ns orbital
- เลขออกซิเดชันต่ำสุดเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนใน ns orbital
- เลขออกซิเดชันที่มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็นแบบ half filled และ full filled เสถียรกว่า
- ธาตุที่อยู่ตรงกลางมีจำนวนเลขออกซิเดชันมากที่สุด

				7					
			6	6	6				
		5	5	5	5	5			
	4	4	4	4	4	4	4		
3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	1	1	1	1	1	1	1	1	
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn

แหล่งกำเนิดในธรรมชาติและการแยกให้ได้โลหะ

ธาตุกลุ่มนี้ในธรรมชาติมักอยู่ในรูปของสารประกอบ เช่น ออกไซด์และซัลไฟด์ ทำการแยกโลหะบริสุทธิ์ออกมาได้โดยการถลุง หรือถลุงด้วยตัวรีดิวซ์ที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การถลุงเหล็ก

ตัวอย่างปฏิกิริยาในเตาถลุงเหล็ก: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \longrightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$



Common Name	Chemical Name	Formula
Haematite	Ferric oxide	Fe_2O_3
Magnetite	Tri iron tetroxide	Fe_3O_4
Iron Pyrites	Iron sulphide	FeS_2
Spathic iron ore	Ferrous Carbonate	FeCO_3

<https://www.chemguide.co.uk/inorganic/extraction/iron.html>

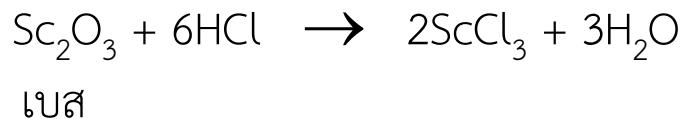
ธาตุหมู่ 3B (หมู่ทรานส์แลนทาไนด์) (Sc, Y, La...Lu, Ac...Lr)

valence electron $(n-1)d^1 ns^2$

มีเลขออกซิเดชัน +3 เท่านั้น $\rightarrow (n-1)d^0 ns^0$ จึงเกิดสารประกอบที่ไม่มีสี

■ Scandium, Sc

Sc มีสมบัติคล้าย Al ในหมู่ 3A เช่น เป็นสาร amphoteric (มีสมบัติเป็นทั้งกรดและเบส)



ธาตุหมู่ 4B (หมู่ทรานซิชันไทเทเนียม) (Ti, Zr, Hf)

valence electron $(n-1)d^2 ns^2$

มีเลขออกซิเดชัน +2, +3, +4 ยกเว้น Hf (เลขออกซิเดชัน +4)

มีลักษณะโควาเลนต์สูง คล้ายกับหมู่ 4A

■ Titanium, Ti

เป็นโลหะสีขาวเหมือนเงิน แข็งและดึงเป็นเส้นบางๆได้ น้ำหนักเบาและไม่กัดกร่อน

TiO_2 มีสีขาว ใช้เป็นสีในอุตสาหกรรมสี

$TiCl_4$ ใช้ในกิจการทหารทำให้เกิดม่านควัน



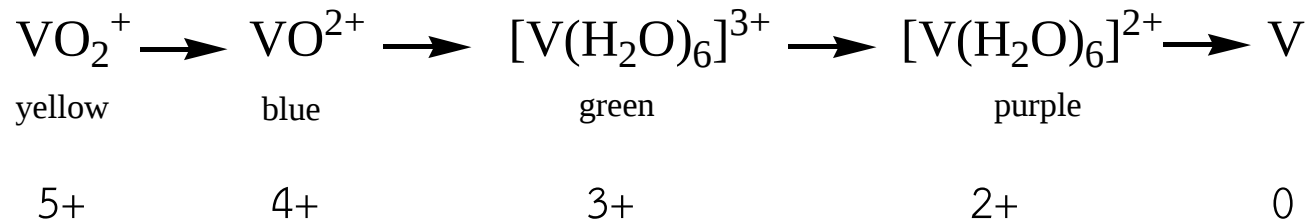
ธาตุหมู่ 5B (หมู่ทรูกลวาเนเดียม) (V, Nb, Ta)

valence electron $(n-1)d^3 ns^2$

มีเลขออกซิเดชัน +3, +4, +5

ทุกธาตุเป็นโลหะ

■ Vanadium



วานาเดียมมีประจุที่หลากหลาย สารละลายของประจุต่างๆ มีสีเฉพาะตัว

โลหะวานาเดียมใช้ผสมเหล็กทำอัลลอย เนื่องจากวานาเดียมทนต่อการกัดกร่อนและดึงเป็นเส้นได้

ธาตุหมู่ 6B (หมู่ตระกูลโครเมียม) (Cr, Mo, W)

valence electron $(n-1)d^5 ns^1$

มีเลขออกซิเดชัน +2, +3 (เสถียรที่สุด), +6

ทุกธาตุเป็นโลหะ

■ Chromium (Cr)

เป็นโลหะสีขาวยเงิน มันวาวและแข็งมาก สามารถต้านทานการกัดกร่อนและคงความสวยงามได้นานเมื่อทิ้งไว้ในอากาศ เพราะเกิด Cr_2O_3 ที่เฉื่อยทนกรด-ด่างได้

- $K_2Cr_2O_7$ ในสารละลายกรด ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก
- สารละลายของ $K_2Cr_2O_7$ กับ H_2SO_4 ใช้ทำความสะอาดเครื่องแก้วในห้องแล็บ

ธาตุหมู่ 6B (หมู่ตระกูลโครเมียม) (Cr, Mo, W)

■ Molybdenum (Mo)

หน้าที่ของโมลิบดีนัม ได้แก่

- เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิดที่สำคัญในกระบวนการเมตาโบลิซึม เช่น xanthine oxidase, nitrate reductase และเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสของแบคทีเรีย (bacterial dehydrogenase)
- เกี่ยวข้องกับการเกิดกระบวนการรีดักชันของ ferric ion (Fe^{3+}) เป็น ferrous ion (Fe^{2+}) เพื่อให้เกิดการสะสมเหล็กในเนื้อเยื่อ

โมลิบดีนัมเป็นธาตุที่มีความจำเป็นสำหรับพืช แต่ในทางอาหารสัตว์มักกล่าวถึงการเป็นพิษมากกว่า

- ปกติแหล่งของโมลิบดีนัมมีอยู่อย่างเพียงพอในทางอาหารสัตว์ การขาดธาตุโมลิบดีนัมจึงมักไม่พบ
- ถ้ามีมากเกินไป สัตว์จะเกิดอาการท้องร่วงหรือท้องเสียอย่างรุนแรง

ธาตุหมู่ 7B (หมู่ตระกูลแมงกานีส) (Mn, Tc, Re)

valence electron $(n-1)d^5 ns^2$

มีเลขออกซิเดชัน +2, +3, +4, (+5), +6, +7

■ Manganese (Mn)

- มีมากเป็นอันดับสองรองจากเหล็ก แข็งกว่า/เปราะกว่า/ทนความร้อนได้ไม่ดีเท่าเหล็ก
- ว่องไวต่อปฏิกิริยา
- Mn^{2+} เสถียรมาก เนื่องจากจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น $[Ar]3d^5$
- Mn^{3+} ไม่เสถียร จะเกิด disproportionation (self redox) ได้ Mn^{2+} และ MnO_2 ซึ่งเสถียรมากขึ้น



- Mn^{4+} เกิด disproportionation ได้ MnO_2 และ MnO_4^-



Mn^{7+} เช่น $KMnO_4$ เป็นสารออกซิไดซ์ที่แรงมาก ใช้ฆ่าเชื้อ ฟอกสี ทำน้ำบริสุทธิ์ นอกจากนี้ใช้วิเคราะห์หา Fe^{2+} และถ้าเก็บ $KMnO_4$ ไว้นานๆ จะสลายตัวให้ MnO_2

ธาตุหมู่ 7B (หมู่ทรูเทิลแมงกานีส) (Mn, Tc, Re)

■ Manganese (Mn)

- เป็นแร่ธาตุที่มีสะสมในร่างกายน้อย พบในส่วนกระดูก ตับ ไต ตับอ่อน อวัยวะสืบพันธุ์และต่อมไธสมอง
- แหล่งของแมงกานีสในอาหาร คือ ข้าวกล้อง แต่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์
- การเสริมแมงกานีสในอาหารนิยมใช้ในรูปแบบของเกลือ แมงกานีสซัลเฟต (MnSO_4) และแมงกานีสออกไซด์ (MnO)
- เป็นธาตุที่มีความสามารถในการดูดซึมต่ำ แมงกานีสที่ไม่ถูกดูดซึมมักถูกขับออกจากร่างกายทางมูล
- หน้าที่ของแมงกานีส

มีความสำคัญในการพัฒนาของกระดูก ทำให้กระดูกมีการเจริญปกติ

ควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ

เป็นโคแฟกเตอร์ (co-factor) ของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเมตาบอลิซึมของกรดอะมิโน
การสังเคราะห์กรดไขมันและเมตาบอลิซึมของโคเลสเตอรอล

จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและระบบสืบพันธุ์

- การขาดแมงกานีส ทำให้สัตว์ที่มีอายุน้อยมีการเจริญเติบโตของกระดูกผิดปกติ โตช้า ระบบสืบพันธุ์พัฒนาไม่สมบูรณ์ และมีผลให้สัตว์ที่โตเต็มที่เป็นหมันสืบพันธุ์ไม่ได้

ธาตุหมู่ 8B

8B		
8	9	10
26 Fe	27 Co	28 Ni
44 Ru	45 Rh	46 Pd
76 Os	77 Ir	78 Pt

แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยตามแนวนอน (เพราะมีสมบัติใกล้เคียงกันมากกว่าแนวตั้ง)

1. Iron family (iron triads): Fe, Co, Ni

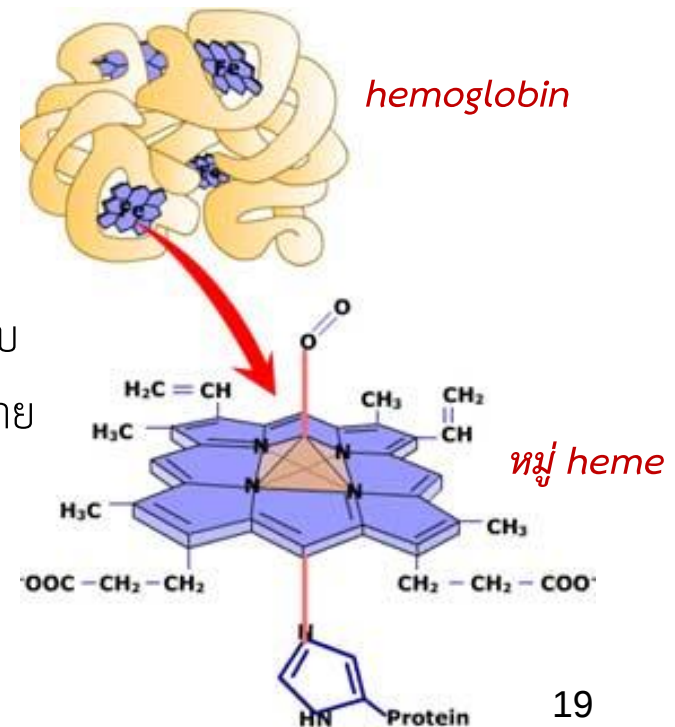
2. Platinum family

- Light platinum triads: Ru, Rh, Pd
- Heavy platinum triads: Os, Ir, Pt

ธาตุหมู่ 8B

■ Iron (Fe)

- พบในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ประมาณ 50 ถึง 70 mg/kg
- 65% ของเหล็กอยู่ในรูปฮีโมโกลบิน (hemoglobin)
3% อยู่ในรูปไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งเป็นสารให้สีแดงในเลือดและในกล้ามเนื้อ
30% เก็บสะสมในรูปของสารประกอบ เช่น เหล็กใน cytochromes ซึ่งสำคัญต่อกระบวนการหายใจของเซลล์ และเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายตัว
- เหล็กเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในหมู่ ฮีม (heme) ของฮีโมโกลบิน ในเม็ดเลือดแดง ช่วยจับออกซิเจนจากถุงลมของปอดและขนส่งไปยังอวัยวะต่างๆ ผ่านทางกระแสเลือด
- การสะสมเหล็กในร่างกายอยู่ในรูปเฟอริติน (ferritin) ที่พบมากในตับม้าม และไขกระดูก จัดว่าเป็นแหล่งสำรองธาตุเหล็กที่สำคัญของร่างกาย
- โปรตีนและเอนไซม์บางชนิดที่มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น โปรตีนทรานสเฟอร์ริน (transferrin) เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) และฟลาโวโปรตีน (flavoprotein)



ธาตุหมู่ 8B

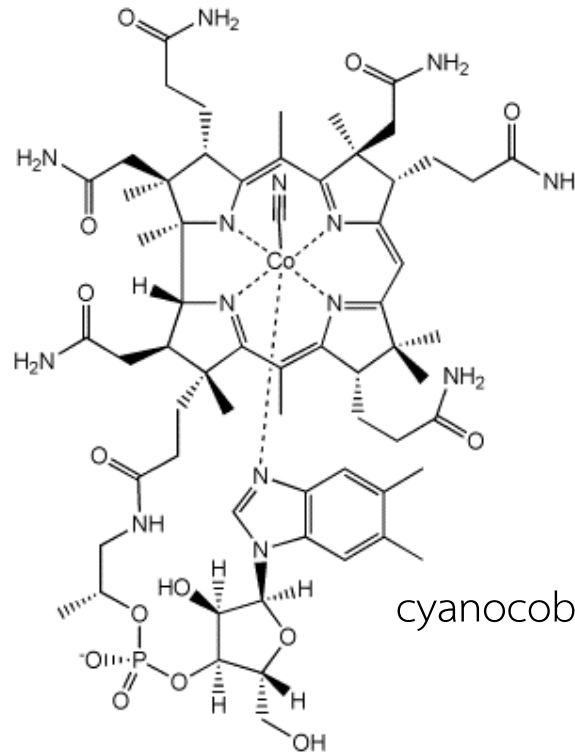
■ Iron (Fe)

- แหล่งของธาตุเหล็กในอาหารมีอยู่ทั่วไป พบใน พืชตระกูลถั่ว > พืชตระกูลหญ้า > ในเมล็ดธัญพืช ตามลำดับ
- น้านมจัดเป็นแหล่งอาหารสัตว์ที่มีธาตุเหล็กอยู่น้อยเช่นกัน ในลูกสัตว์ที่ยังไม่หย่านมจึงมีโอกาสขาดธาตุเหล็กมากกว่าสัตว์โตเต็มที่ การเสริมธาตุเหล็กในอาหารสัตว์ส่วนใหญ่จะเสริมในรูปของเหล็กซัลเฟต (ferrous sulfate, FeSO_4)
- การขาดธาตุเหล็กจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง ส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากการดูดกินเลือดของแมลงหรือพยาธิ ภายใน ทำให้เกิดการติดเชื้อซึ่งมีผลกระทบต่อเมตาโบลิซึมของธาตุเหล็ก

ธาตุหมู่ 8B

■ Cobalt (Co)

- ในรูปของโลหะจะมีสีขาวปนน้ำเงินเล็กน้อย เป็น ferromagnetic ที่แข็งมากกว่าเหล็กและเฉื่อยต่อปฏิกิริยา จึงใช้ทำเครื่องมือผ่าตัด
- โคบอลต์เป็นธาตุที่เป็นส่วนประกอบของวิตามิน B₁₂ ซึ่งสังเคราะห์ได้โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะ



cyanocobalamin or cobalamin (Vit. B₁₂)

■ Cobalt (Co)

- วิตามิน B₁₂ มีความสำคัญต่อเมตาโบลิซึมของสัตว์เคี้ยวเอื้อง
- แหล่งของโคบอลต์ในอาหารสัตว์มีอยู่อย่างเพียงพอในธรรมชาติ แต่หากต้องการเสริมเพื่อป้องกันการขาดวิตามิน B₁₂ ทำโดยการเสริมเกลือของธาตุนี้ในรูปโคบอลต์ซัลเฟต (cobalt sulfate)
- หน้าที่ของโคบอลต์ เป็นส่วนประกอบของวิตามิน B₁₂ และช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด เช่น arginase, decarboxylase, deoxyribonuclease เป็นต้น
- อาการขาดธาตุโคบอลต์เนื่องจากได้รับจากอาหารไม่เพียงพอ จะทำให้กินอาหารลดลง น้ำหนักตัวลดลง ผอมแห้ง และเป็นโรคโลหิตจางร่วมด้วย จนอาจตายได้

■ Nickel (Ni)

- โลหะสีเทา มีสมบัติเป็น ferromagnetic
- ทนต่อการกัดกร่อนเนื่องจากมีชั้นออกไซด์บางๆ ใช้ทำแบตเตอรี่ อุปกรณ์ที่ต้องการความคงทน
- ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม



Nichrome (Ni 80%, Cr 20%)

ลวดที่ทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงๆ

ธาตุหมู่ 1B (หมู่ตระกูลทองแดง) (Cu, Ag, Au: Coinage metal)

valence electron $(n-1)d^{10} ns^1$

Cu oxidation state: +1, +2

Ag oxidation state: +1

Au oxidation state: +1, +3

- Au เฉื่อยที่สุด ไม่ละลายในกรดใดๆ ยกเว้นกรดกัตทอง ($\text{HNO}_3:\text{HCl} = 3:1$) ผิวเป็นมันวาวและไม่ค่อยรวมตัวกับธาตุอื่น จึงใช้ทำเครื่องประดับและเหรียญ
- การนำไฟฟ้าและความร้อน Ag มากกว่า Cu
- Cu, Ag, Au เป็นโลหะที่อ่อน ดึงเป็นเส้นได้ง่าย โดยเฉพาะทองคำ
- CuSO_4 มีสมบัติหยุดการเจริญเติบโตของสาหร่ายและเชื้อรา
- สารประกอบ Ag(I) มีสีคล้ำลงเมื่อถูกแสง จึงใช้ในกระบวนการถ่ายภาพและล้างภาพ

ธาตุหมู่ 1B (หมู่ตระกูลทองแดง) (Cu, Ag, Au: Coinage metal)

■ Copper (Cu)

- ทองแดงเป็นธาตุที่ร่างกายสะสมไว้ที่ตับ ไต หัวใจ สมอง ผมหงอกและขน เป็นต้น
- ทองแดงในร่างกายมีความสัมพันธ์กับธาตุโมลิบดีนัม และกำมะถัน
- ในอาหารสัตว์โดยทั่วไปมีทองแดงเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ โดยอยู่ในเมล็ดพืชและผลพลอยได้จากพืช
- ในพืชอาหารสัตว์ ปริมาณทองแดงจะขึ้นกับพื้นที่ที่ปลูกและสภาพของการให้น้ำ เป็นต้น
- การเสริมทองแดงในอาหารสัตว์ อาจเสริมในรูปของคอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) หรือคอปเปอร์ออกไซด์ (CuO)
- หน้าที่ของทองแดง คือ
 - มีความสำคัญในการสร้างฮีโมโกลบิน
 - เกี่ยวกับการเจริญเติบโตเต็มวัยของเม็ดเลือดแดง ทำให้การหมุนเวียนของเลือดเป็นปกติ
 - เกี่ยวข้องกับการสร้างสี (pigment) และเคราติน (keratin) ในขนและผมหงอก

ธาตุหมู่ 1B (หมู่ตระกูลทองแดง) (Cu, Ag, Au: Coinage metal)

■ Copper (Cu)

- กระตุ้นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการเมตาโบลิซึมของธาตุเหล็ก เมลานิน (melanin) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน การทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง
 - การสร้างโปรตีนที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ ในรูปของเอนไซม์ต่างๆ โดยทองแดงทำหน้าที่ในการส่งผ่านอิเล็กตรอน และช่วยในการสร้าง enzyme-substrate complexes
- การขาดธาตุทองแดงมีผลให้เกิดโรคโลหิตจางในโค และแกะ เนื่องจากการขาดธาตุทองแดงจะมีผลต่อเมตาโบลิซึมของธาตุเหล็กทำให้การดูดซึมธาตุเหล็กลดลง เม็ดเลือดแดงมีฮีโมโกลบินน้อยเกินไป
- ในลูกสัตว์อาจมีอาการเป็นอัมพาตที่ขาหลังเนื่องจากระบบประสาททำงานผิดปกติ เรียกว่า swayback ในสัตว์ให้ชน เช่น แกะ จะทำให้ชนมีคุณภาพต่ำ และมีสีที่ผิดปกติไป

ธาตุหมู่ 2B (หมู่ทรานซิชัน) (Zn, Cd, Hg)

valence electron $(n-1)d^{10} ns^2$

■ Mercury (Hg)

Hg มีเลขออกซิเดชัน +1 เพราะอยู่ในรูป diatomic ion $(Hg_2)^{2+}$ มีพันธะ Hg—Hg (diamagnetic)

- มีส่วนคล้ายธาตุ Representative จุดเดือดจุดหลอมเหลวต่ำ (Hg mp.= -39 °C)
- ดึงเป็นเส้นยาก
- เมื่อถูกออกซิเจนเกิดออกไซด์ที่ผิว ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้เนื้อโลหะข้างในถูกออกซิไดซ์ต่อ
- ทำเทอร์โมมิเตอร์ อิเล็กโทรด amalgam (Zn/Hg)
- ใช้ผลิตสีแดงเช่น HgO

■ Cadmium (Cd)

Cd เป็นตัวป้องกันสนิม

CdS ใช้เป็น semiconductor (solar cell)

ธาตุหมู่ 2B (หมู่ทรานซิชัน) (Zn, Cd, Hg)

■ Zinc (Zn)

- สารประกอบ $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ใช้เป็นซีเมนต์อุดฟัน $\text{ZnS} \cdot \text{BaSO}_4$ ใช้ผลิตสีขาว
- สังกะสีเป็นธาตุที่พบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อทุกส่วนของร่างกาย ที่พบมากคือ ตับ ไต กระจก ก้ามเนื้อ ตา ตับอ่อน ผิวหนัง และขน
- ในทางอาหารสัตว์จะพบสังกะสีมากในรำข้าว เมล็ดธัญพืช และในยีสต์
- การเสริมธาตุสังกะสีในอาหารสัตว์ ส่วนใหญ่จะเสริมในรูปของสังกะสีออกไซด์ (ZnO) และ สังกะสีซัลเฟต (ZnSO_4)
- หน้าที่ของสังกะสี มีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาหน้าที่ทางระบบพันธุกรรม การสร้างกระดูกและเลือด รวมทั้งกระบวนการเมตาบอลิซึมของกรดนิวคลีอิก โปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรต
- สังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์และเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เนื่องจากสังกะสีเป็นแร่ธาตุประจำตัวที่กระตุ้นเอนไซม์ uricase, dipeptidase และเอนไซม์ตัวอื่นๆ ได้แบบไม่จำเพาะ
- สังกะสีจะจับกับ nucleotide เป็นสารประกอบเชิงซ้อน แต่ไม่คงตัวเท่ากับจับกับกรดอะมิโน

ธาตุหมู่ 2B (หมู่ตระกูลสังกะสี) (Zn, Cd, Hg)

■ Zinc (Zn)

- เกี่ยวข้องกับการรักษาสภาพของ RNA ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนและส่งถ่ายรหัสพันธุกรรม
 - เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน
 - เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของขน และผิวหนัง เป็นต้น
 - การขาดธาตุสังกะสีในสัตว์ จะมีผลให้สัตว์เบื่ออาหาร กินได้น้อย อัตราการเจริญเติบโตลดลง อาการผิดปกติของขนและผิวหนัง ตามส่วนต่างๆ ของร่างกายเช่น โคนหาง หู ขา จมูก ขาหลัง จะมีขนร่วงเป็นหย่อมๆ คล้ายกับอาการโรคซีเรื้อนที่ผิวหนัง
-