

คม 331 เคมีอนินทรีย์ 1 ปีการศึกษา 2564

Lanthanides and Actinides

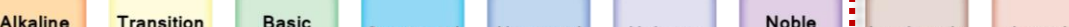
ผศ.ดร.เพชรลดา กันทาดี

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<http://www.chemistry.mju.ac.th>

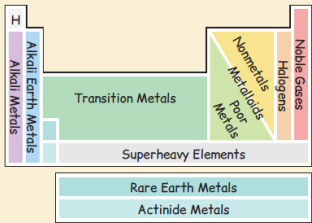
[illegible]

Lanthanide Series	57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.055	71 Lu Lutetium 174.967
	Actinide Series	89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101



A diagram showing the blocks of the periodic table. The blocks are represented by colored squares: Alkali Metal (pink), Alkaline Earth (orange), Transition Metal (yellow), Basic Metal (green), Semimetal (blue), Nonmetal (light blue), Halogen (purple), Noble Gas (dark purple), Lanthanide (light brown), and Actinide (light orange). The Lanthanide and Actinide blocks are enclosed in a red dashed box, and an arrow points from this box to the text 'f-block elements'.

The Periodic Table of the Elements, in Pictures

Periods ↓ 1 2 3 4 5 6 7 8	Alkali Metals Group 1 H  1 Hydrogen  Sun and Stars		Alkali Earth Metals Group 2 Be  4 Beryllium  Emeralds		Atomic Symbol Atomic Number number of protons Symbols Name  Widgets How it is (or was) used or where it occurs in nature																		 Solid  Liquid  Gas at room temperature Human Body top ten elements by weight Earth's Crust top eight elements by weight Magnetic ferromagnetic at room temperature Noble Metals corrosion-resistant Radioactive all isotopes are radioactive Only Traces Found in Nature less than a millionth percent of earth's crust Never Found in Nature only made by people Color Key The color of the symbol is the color of the element in its most common pure form. Examples  metallic solid  red liquid  colorless gas																		Metals ← → Nonmetals 																		<div>Boron Group 13 Carbon Group 14 Nitrogen Group 15 Oxygen Group 16 Halogens 17 Noble Gases 18</div> <div>B  5 Boron  Sports Equipment</div> <div>C  6 Carbon  Basis of Life's Molecules</div> <div>N  7 Nitrogen  Protein</div> <div>O  8 Oxygen  Air</div> <div>F  9 Fluorine  Toothpaste</div> <div>He  2 Helium  Balloons</div> <div>Ne  10 Neon  Advertising Signs</div> <div>Ar  18 Argon  Light Bulbs</div> <div>K  19 Potassium  Fruits and Vegetables</div> <div>Ca  20 Calcium  Shells and Bones</div> <div>Sc  21 Scandium  Bicycles</div> <div>Ti  22 Titanium  Aerospace</div> <div>V  23 Vanadium  Springs</div> <div>Cr  24 Chromium  Stainless Steel</div> <div>Mn  25 Manganese  Earthmovers</div> <div>Fe  26 Iron  Steel Structures</div> <div>Co  27 Cobalt  Magnets</div> <div>Ni  28 Nickel  Coins</div> <div>Cu  29 Copper  Electric Wires</div> <div>Zn  30 Zinc  Brass Instruments</div> <div>Ga  31 Gallium  Light-Emitting Diodes (LEDs)</div> <div>Ge  32 Germanium  Semiconductor Electronics</div> <div>As  33 Arsenic  Poison</div> <div>Se  34 Selenium  Copiers</div> <div>Br  35 Bromine  Photography Film</div> <div>Kr  36 Krypton  Flashlights</div> <div>Rb  37 Rubidium  Global Navigation</div> <div>Sr  38 Strontium  Fireworks</div> <div>Y  39 Yttrium  Lasers</div> <div>Zr  40 Zirconium  Chemical Pipelines</div> <div>Nb  41 Niobium  Mag Lev Trains</div> <div>Mo  42 Molybdenum  Cutting Tools</div> <div>Tc  43 Technetium  Radioactive Diagnosis</div> <div>Ru  44 Ruthenium  Electric Switches</div> <div>Rh  45 Rhodium  Searchlight Reflectors</div> <div>Pd  46 Palladium  Pollution Control</div> <div>Ag  47 Silver  Jewelry</div> <div>Cd  48 Cadmium  Paint</div> <div>In  49 Indium  Liquid Crystal Displays (LCDs)</div> <div>Sn  50 Tin  Plated Food Cans</div> <div>Sb  51 Antimony  Car Batteries</div> <div>Te  52 Tellurium  Thermoelectric Coolers</div> <div>I  53 Iodine  Disinfectant</div> <div>Xe  54 Xenon  High-Intensity Lamps</div> <div>Cs  55 Cesium  Atomic Clocks</div> <div>Ba  56 Barium  X-Ray Diagnosis</div> <div colspan="18">Actinide Metals</div> <div>Fr  87 Francium  Laser Atom Traps</div> <div>Ra  88 Radium  Luminous Watches</div> <div colspan="18">Actinide Metals</div> <div>La  57 Lanthanum  Telescope Lenses</div> <div>Ce  58 Cerium  Lighter Flints</div> <div>Pr  59 Praseodymium  Torchworkers' Eyeglasses</div> <div>Nd  60 Neodymium  Electric Motor Magnets</div> <div>Pm  61 Promethium  Luminous Dials</div> <div>Sm  62 Samarium  Electric Motor Magnets</div> <div>Eu  63 Europium  Color Televisions</div> <div>Gd  64 Gadolinium  MRI Diagnosis</div> <div>Tb  65 Terbium  Fluorescent Lamps</div> <div>Dy  66 Dysprosium  Smart Material Actuators</div> <div>Ho  67 Holmium  Laser Surgery</div> <div>Er  68 Erbium  Optical Fiber Communications</div> <div>Tm  69 Thulium  Laser Surgery</div> <div>Yb  70 Ytterbium  Scientific Fiber Lasers</div> <div>Lu  71 Lutetium  Photodynamic Medicine</div> <div>Ac  89 Actinium  Radioactive Medicine</div> <div>Th  90 Thorium  Gas Lamp Mantles</div> <div>Pa  91 Protactinium  Radioactive Waste</div> <div>U  92 Uranium  Nuclear Power</div> <div>Np  93 Neptunium  Radioactive Waste</div> <div>Pu  94 Plutonium  Nuclear Weapons</div> <div>Am  95 Americium  Smoke Detectors</div> <div>Cm  96 Curium  Mineral Analyzers</div> <div>Bk  97 Berkelium  Radioactive Waste</div> <div>Cf  98 Californium  Mineral Analyzers</div> <div>Es  99 Einsteinium  radioactive, never found in nature, no uses except atomic research</div> <div>Fm  100 Fermium  radioactive, never found in nature, no uses except atomic research</div> <div>Md  101 Mendelevium  radioactive, never found in nature, no uses except atomic research</div> <div>No  102 Nobelium  radioactive, never found in nature, no uses except atomic research</div> <div>Lr  103 Lawrencium  radioactive, never found in nature, no uses except atomic research</div>																	
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Lanthanides

1. Introduction

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Lanthanum 138.905	Cerium 140.116	Praseodymium 140.908	Neodymium 144.243	Promethium 144.913	Samarium 150.36	Europium 151.964	Gadolinium 157.25	Terbium 158.925	Dysprosium 162.500	Holmium 164.930	Erbium 167.259	Thulium 168.934	Ytterbium 173.055	Lutetium 174.967

- Lanthanides เป็นธาตุในกลุ่ม f-block ที่แยกออกมาจากคาบที่ 6 เนื่องจากมีสมบัติแตกต่างจากโลหะทรานสิชันในตารางธาตุ
- การค้นพบธาตุกลุ่ม Lanthanides (บางครั้งเรียกว่า rare earth metals)
 - ปี 1787 พบแร่สีดำที่สวีเดน ชื่อว่า Gadolinite
 - ปี 1794, Gadolin แยกธาตุ Yttrium (Y) ออกมาได้จากแร่ Gadolinite
 - ปี 1803, Berzelius และ Klaproth พบสารประกอบของ Cerium (Ce) ตัวแรก
 - ต่อมา Moseley ใช้ x-ray absorption spectroscopy (XAS) ในการพิสูจน์ว่ามีธาตุจำนวน 14 ธาตุอยู่ระหว่างธาตุ Lanthanum และ Hafnium
 - ธาตุแลนทาไนด์ทั้งหมดมีการค้นพบในเวลาถัดมา จากการแยกแร่ Gadolinite

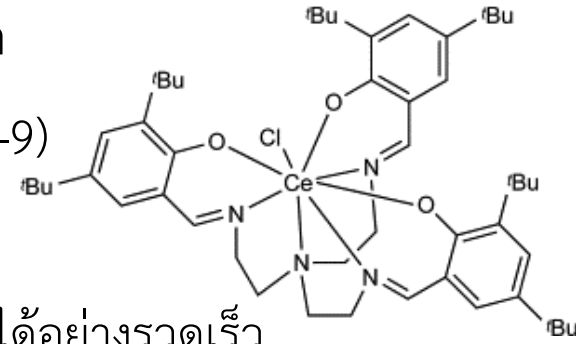
Lanthanides

1. Introduction

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Lanthanum 138.905	Cerium 140.116	Praseodymium 140.908	Neodymium 144.243	Promethium 144.913	Samarium 150.36	Europium 151.964	Gadolinium 157.25	Terbium 158.925	Dysprosium 162.500	Holmium 164.930	Erbium 167.259	Thulium 168.934	Ytterbium 173.055	Lutetium 174.967

- สมบัติที่สำคัญของธาตุกลุ่มแลนทาไนด์

- มีสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ที่คล้ายคลึงกันทั้งอนุกรม
- มีเลขออกซิเดชันหลักคือ +3 มักพบในรูปของผลึกสารประกอบ
- พบเลขออกซิเดชันที่เป็น +2 หรือ +4 ได้เช่นกัน แต่ +3 เสถียรที่สุด
- เกิดสารเชิงซ้อนที่มีเลขโคออร์ดิเนชันมากกว่า 6 (ปกติอยู่ระหว่าง 8-9)
- เกิดพันธะได้ดีกับธาตุที่มี EN สูง เช่น O, F
- ไอออนเชิงซ้อนของธาตุแลนทาไนด์เกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนลิแกนด์ได้อย่างรวดเร็ว



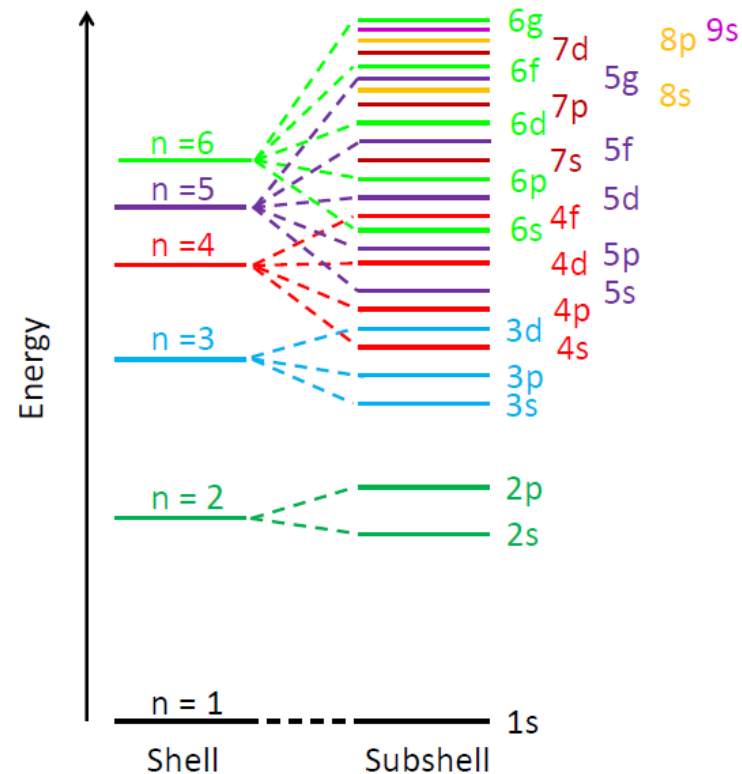
Lanthanides

2. Electron configuration

57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.243	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.055	71 Lu Lutetium 174.967
---	--------------------------------------	--	---	--	---------------------------------------	--	---	---------------------------------------	--	---------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---	--

- ธาตุกลุ่มแลนทาไนด์มีสมบัติคล้ายคลึงกันเนื่องมาจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่คล้ายคลึงกัน
- การมีอิเล็กตรอนใน f-orbital ทำให้ธาตุกลุ่มนี้มีสมบัติต่างจากธาตุในตารางธาตุหลัก
- ธาตุกลุ่มนี้อิเล็กตรอนบรรจุใน 4f-orbital ก่อน 5d-orbital เนื่องจากมีระดับพลังงานต่ำกว่าเล็กน้อย และมีโครงสร้างอิเล็กตรอนเป็น $[\text{Xe}] 4f^n 6s^2$

*ยกเว้น Ce, Gd, Lu ที่มีการจัดเรียงแบบ $[\text{Xe}] 4f^n 5d^1 6s^2$



Lanthanides

2. Electron configuration

Cerium (Ce) จัดเรียงแบบ $[\text{Xe}] 4f^1 5d^1 6s^2$ และเป็นธาตุถัดจาก Lanthanum (La) ซึ่งเป็น $[\text{Xe}] 5d^1 6s^2$ Ce จะไม่จัดเรียงแบบ $[\text{Xe}] 4f^2 6s^2$ เนื่องจากถึงแม้ Ce จะมี Z_{eff} มากกว่า La แต่ไม่พอที่จะส่งแรงดึงดูดไปยัง 4f orbitals ให้มีพลังงานต่ำกว่า 5d

Gadolinium (Gd) จัดเรียงแบบ $[\text{Xe}] 4f^7 5d^1 6s^2$ เพื่อคงความเสถียรของ half-filled f shell ไว้

Lutetium (Lu) จัดเรียงแบบ $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^1 6s^2$ เพื่อคงความเสถียรของ full-filled f shell ไว้ จึงบรรจุใน 5d ด้วย

Name	Symbol	Atomic number	Electron configuration
lanthanum	La	57	$(\text{Xe})5d^1 6s^2$
Cerium	Ce	58	$(\text{Xe})4f^1 5d^1 6s^2$
Praseodymium	Pr	59	$(\text{Xe})4f^3 6s^2$
Neodymium	Nd	60	$(\text{Xe})4f^4 6s^2$
Promethium	Pm	61	$(\text{Xe})4f^5 6s^2$
Samarium	Sm	62	$(\text{Xe})4f^6 6s^2$
Europium	Eu	63	$(\text{Xe})4f^7 6s^2$
Gadolinium	Gd	64	$(\text{Xe})4f^7 5d^1 6s^2$
Terbium	Tb	65	$(\text{Xe})4f^9 6s^2$
Dysprosium	Dy	66	$(\text{Xe})4f^{10} 6s^2$
Holmium	Ho	67	$(\text{Xe})4f^{11} 6s^2$
Erbium	Er	68	$(\text{Xe})4f^{12} 6s^2$
Thulium	Tm	69	$(\text{Xe})4f^{13} 6s^2$
Ytterbium	Yb	70	$(\text{Xe})4f^{14} 6s^2$
Lutetium	Lu	71	$(\text{Xe})4f^{14} 5d^1 6s^2$

Lanthanides

2. Electron configuration

การเข้าไปใกล้นิวเคลียสของ orbital $4f > 5d > 6s$ ดังนั้นการหลุดของอิเล็กตรอนเพื่อเกิดเป็นไอออนบวก อิเล็กตรอนจะถูกดึงจาก $6s$ ก่อน ตามด้วย $5d$ และ $4f$ ตามลำดับ

Symbol	Atomic number	Electron configuration	Ln^{3+}
La	57	$(\text{Xe})5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}]$
Ce	58	$(\text{Xe})4f^1 5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^1$
Pr	59	$(\text{Xe})4f^3 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^2$
Nd	60	$(\text{Xe})4f^4 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^3$
Pm	61	$(\text{Xe})4f^5 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^4$
Sm	62	$(\text{Xe})4f^6 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^5$
Eu	63	$(\text{Xe})4f^7 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^6$
Gd	64	$(\text{Xe})4f^7 5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^7$
Tb	65	$(\text{Xe})4f^9 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^8$
Dy	66	$(\text{Xe})4f^{10} 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^9$
Ho	67	$(\text{Xe})4f^{11} 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^{10}$
Er	68	$(\text{Xe})4f^{12} 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^{11}$
Tm	69	$(\text{Xe})4f^{13} 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^{12}$
Yb	70	$(\text{Xe})4f^{14} 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^{13}$
Lu	71	$(\text{Xe})4f^{14} 5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^{14}$

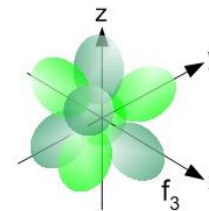
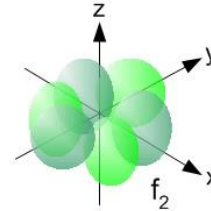
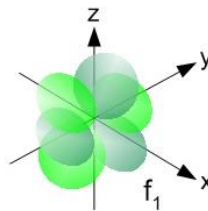
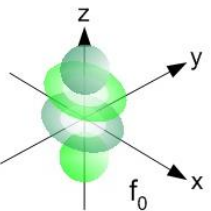
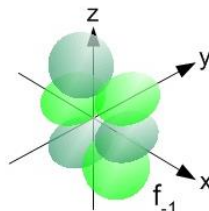
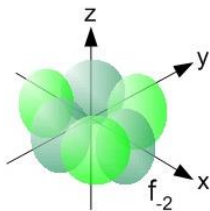
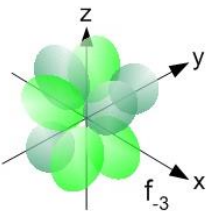
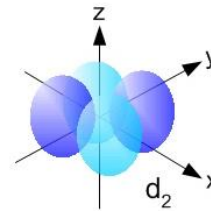
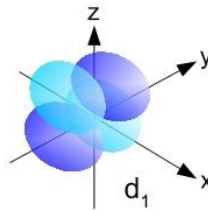
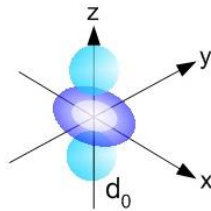
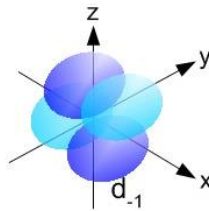
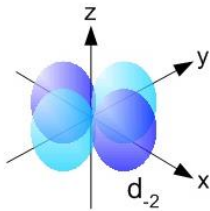
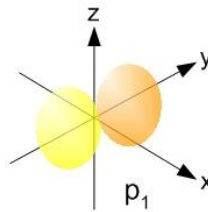
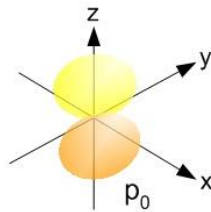
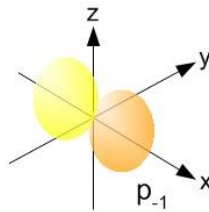
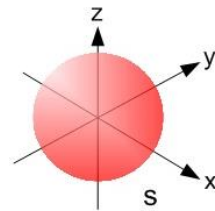
Lanthanides

3. Properties

- ขนาดอะตอม

orbital แต่ละชนิดมีรูปร่างแตกต่างกัน
การบดบังแรงดึงดูดจากนิวเคลียสไป
ยังอิเล็กตรอนแต่ละชั้นจึงไม่เท่ากัน

4f electrons ถูกบดบังจาก 5s และ 5p orbitals ได้ไม่ดี ทำให้ถูกดึงดูดให้เข้าใกล้นิวเคลียสได้ดีตามประจวบวง (โปรตอน) ที่เพิ่มขึ้นที่นิวเคลียส ส่งผลให้ขนาดอะตอมลดลงเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาในอนุกรมนี้ เรียกว่า ผลของ **Lanthanide Contraction**



3. Properties

- ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา

อะตอมยังมีขนาดใหญ่ ยิ่งว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา

ตามคาบ ขนาดใหญ่ ----- เล็ก

ความว่องไว $\text{La}^{3+} > \text{Ce}^{3+} > \text{Pr}^{3+} > \text{Nd}^{3+} > \text{Pm}^{3+} > \text{Sm}^{3+} > \text{Eu}^{3+} > \text{Gd}^{3+} > \text{Tb}^{3+} > \text{Dy}^{3+} > \text{Ho}^{3+} > \text{Er}^{3+} > \text{Tm}^{3+} > \text{Yb}^{3+} > \text{Lu}^{3+}$

- สมบัติแม่เหล็ก

- อิเล็กตรอนประพฤติตัวเป็นแท่งแม่เหล็กเล็กๆ และแสดงสมบัติแม่เหล็กเป็น paramagnetic เมื่อมี unpaired electron (ถ้าอิเล็กตรอนเข้าคู่ทั้งหมด จัดเป็น diamagnetic)

- diamagnetic ions ได้แก่ La^{3+} , Lu^{3+} , Yb^{2+} และ Ce^{4+} ส่วนที่เหลือเป็น paramagnetic

Lanthanides

3. Properties

เลขออกซิเดชันที่พบในกลุ่มธาตุแลนทาไนด์

	Atom	Ln^{3+}	Ln^{4+}	Ln^{2+}
La	$[\text{Xe}] 5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}]$		
Ce	$[\text{Xe}] 4f^1 5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^1$	$[\text{Xe}]$	
Pr	$[\text{Xe}] 4f^3 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^2$	$[\text{Xe}] 4f^1$	
Nd	$[\text{Xe}] 4f^4 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^3$	$[\text{Xe}] 4f^2$	$[\text{Xe}] 4f^4$
Pm	$[\text{Xe}] 4f^5 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^4$		
Sm	$[\text{Xe}] 4f^6 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^5$		$[\text{Xe}] 4f^6$
Eu	$[\text{Xe}] 4f^7 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^6$		$[\text{Xe}] 4f^7$
Gd	$[\text{Xe}] 4f^7 5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^7$		
Tb	$[\text{Xe}] 4f^9 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^8$	$[\text{Xe}] 4f^7$	
Dy	$[\text{Xe}] 4f^{10} 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^9$	$[\text{Xe}] 4f^8$	$[\text{Xe}] 4f^{10}$
Ho	$[\text{Xe}] 4f^{11} 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^{10}$		
Er	$[\text{Xe}] 4f^{12} 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^{11}$		
Tm	$[\text{Xe}] 4f^{13} 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^{12}$		$[\text{Xe}] 4f^{13}$
Yb	$[\text{Xe}] 4f^{14} 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^{13}$		$[\text{Xe}] 4f^{14}$
Lu	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^1 6s^2$	$[\text{Xe}] 4f^{14}$		
Y	$[\text{Kr}] 4d^1 5s^2$	$[\text{Kr}]$		

$\text{Oval} = \text{diamagnetic ion}$

Lanthanides

3. Properties

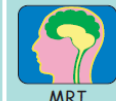
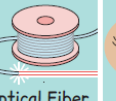
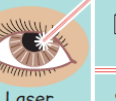
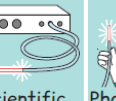
ไอออนที่ไม่มี e^- เดี่ยว / หรือมี e^- เดี่ยวแต่การจัดเรียง e^- เสถียร $\rightarrow$ จะไม่มีการย้ายระดับพลังงานของ e^- (ไม่เกิด f-f transition) $\rightarrow$ ไม่ดูดกลืนแสง visible light $\rightarrow$ ไม่มีสี

Ion	Unpaired Electrons	Color	Ion	Unpaired Electrons	Color
La ³⁺	0	Colorless	Tb ³⁺	6	Pale Pink
Ce ³⁺	1	Colorless	Dy ³⁺	5	Yellow
Pr ³⁺	2	Green	Ho ³⁺	4	Pink; yellow
Nd ³⁺	3	Reddish	Er ³⁺	3	Reddish
Pm ³⁺	4	Pink; yellow	Tm ³⁺	2	Green
Sm ³⁺	5	Yellow	Yb ³⁺	1	Colorless
Eu ³⁺	6	Pale Pink	Lu ³⁺	0	Colorless
Gd ³⁺	7	Colorless			

Lanthanides

4. Applications

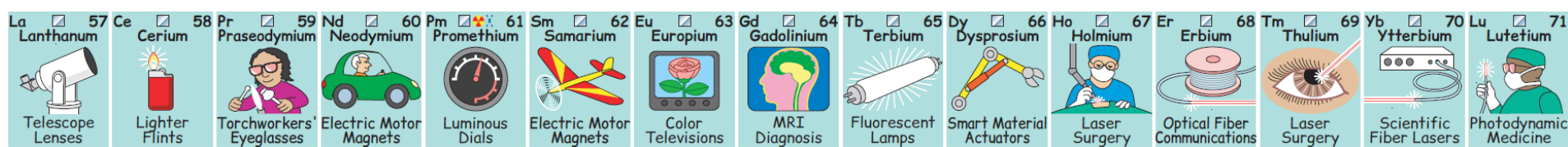
57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.243	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.055	71 Lu Lutetium 174.967
---	--------------------------------------	--	---	--	---------------------------------------	--	---	---------------------------------------	--	---------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---	--

La 57 Lanthanum  Telescope Lenses	Ce 58 Cerium  Lighter Flint	Pr 59 Praseodymium  Torchworkers' Eyeglasses	Nd 60 Neodymium  Electric Motor Magnets	Pm 61 Promethium  Luminous Dials	Sm 62 Samarium  Electric Motor Magnets	Eu 63 Europium  Color Televisions	Gd 64 Gadolinium  MRI Diagnosis	Tb 65 Terbium  Fluorescent Lamps	Dy 66 Dysprosium  Smart Material Actuators	Ho 67 Holmium  Laser Surgery	Er 68 Erbium  Optical Fiber Communications	Tm 69 Thulium  Laser Surgery	Yb 70 Ytterbium  Scientific Fiber Lasers	Lu 71 Lutetium  Photodynamic Medicine
---	--	---	--	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	--

La Lanthanum 57 soft metal; optical glass, telescope eyepieces, camera lenses, lighter flints, arc lamps	Ce Cerium 58 soft metal; most abundant rare earth metal, lighter flints, gas lamp mantles, self-cleaning ovens, glass polishing	Pr Praseodymium 59 soft metal; torchworkers' didymium eye- glasses (Pr-Nd), lighter flints, arc lamps, magnets, yellow glass	Nd Neodymium 60 soft metal; strong magnets (Nd-Fe-B), electric motors, speakers and headphones, lasers, lighter flints	Pm Promethium 61 radioactive, long-lived; human-made, small traces in nature, luminous dials, sheet thickness gauges	Sm Samarium 62 soft metal; magnets (Sm-Co), electric motors, speakers and headphones, infrared sensors, infrared-absorbing glass	Eu Europium 63 soft metal; phosphors in color TVs and luminous paint, lasers	Gd Gadolinium 64 soft metal, best neutron absorber, magnetic; magnetic resonance imaging (MRI) contrast enhancer, phosphors, neutron radiography	Tb Terbium 65 soft metal; phosphors in color TVs and luminous paint, lasers	Dy Dysprosium 66 soft metal; nuclear control rods, MRI phosphors, computer disks, magnetostrictive smart materials (Terfenol-D®)	Ho Holmium 67 soft metal; infrared lasers, laser surgery, eye-safe laser rangefinders, computer disks, yellow glass filters	Er Erbium 68 soft metal; fiber optic signal amplifiers, infrared lasers, laser surgery, pink glass, sunglasses, vanadium alloys	Tm Thulium 69 soft metal; rarest stable rare earth metal, infrared lasers, laser surgery, phosphors	Yb Ytterbium 70 soft metal; fiber optic signal amplifiers, infrared fiber lasers, stainless steel alloys	Lu Lutetium 71 soft metal, densest and hardest rare earth metal; cancer-fighting photodynamic (light-activated) medicine
--	--	---	---	---	---	--	---	---	---	---	--	--	--	---

Lanthanides

4. Applications



- โลหะบริสุทธิ์ของธาตุแลนทาไนด์มีการนำไปประยุกต์ใช้ไม่มาก แต่ถ้าในรูปของโลหะเจือ จะนำไปใช้ กว้างขวางมากขึ้น เช่น โลหะผสมของ Ce เป็นตัวรีดิวซ์ที่ดีมาก
- โลหะเจือ (alloy) ของแลนทาไนด์ เพิ่มความแข็งแรงและการใช้งานของเหล็กกล้า
- มีการนำแลนทาไนด์ไปใช้งานด้านเซรามิก รวมทั้งปรับปรุงความเข้มและสมดุลสีของ arc lights
- Thulium (Tm) → portable x-ray sources
- Europium (Eu) → radiation source
- สารประกอบออกไซด์ของแลนทาไนด์ใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว เช่น แก้วขัด และใช้ทำแก้วสีสำหรับ goggles และจอโทรทัศน์
- สมบัติแม่เหล็กและแม่เหล็กถาวร ใช้ในกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

Actinides

1. Introduction

- อนุกรมแอคทีไนด์ประกอบด้วยธาตุที่มีเลขอะตอม 89 ถึง 103
- ธาตุแอคทีไนด์ตัวแรกที่ค้นพบ ได้แก่ U (Uranium) โดย Klaproth ในปี 1789
- Th (Thorium) ถูกค้นพบโดย Berzelius ในปี 1829
- แอคทีไนด์อยู่ข้างล่างอนุกรมแลนทาไนด์ และจัดเป็น Rare Earth Metals เหมือนแลนทาไนด์
- ธาตุแอคทีไนด์ส่วนใหญ่เป็นธาตุที่สังเคราะห์ขึ้นมา
- Ac และ Pa พบเล็กน้อยในธรรมชาติจากการสลายตัวของ Uranium-253 และ Uranium-238
- แร่ Monazite เป็นแหล่งของ Th (Thorium) ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต
- Pitchblende เป็นแหล่งของ Uranium-308

89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]
--	---------------------------------------	--	--------------------------------------	---	---	---	--------------------------------------	---	---	---	--	--	---	---

Actinides

1. Introduction

- แอคทีไนด์มีเลขออกซิเดชันหลากหลายและทั้งหมดเป็นธาตุกัมมันตรังสี (radioactive) ซึ่งไม่ค่อยเสถียร
- ธาตุที่คุ้นเคยที่สุด ได้แก่ Uranium ซึ่งเปลี่ยนเป็น Pu (plutonium) โดยผ่าน nuclear reaction
- แอคทีไนด์มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า และเสถียรคือ +3

แต่ Th และ Pu เลขออกซิเดชันที่เสถียรคือ +4

Pa และ Np เลขออกซิเดชันที่เสถียรคือ +5

ส่วน U อาจพบเลขออกซิเดชันที่เป็น +6 ได้

89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]
--	---------------------------------------	--	--------------------------------------	---	---	---	--------------------------------------	---	---	---	--	--	---	---

Actinides

1. Introduction

- การสังเคราะห์หลัก มาจากการเร่งหรือกระตุ้นอนุภาคเพื่อให้เกิด nuclear reactions
- โลหะมีสีเงิน หรือขาวเงิน
- สามารถเกิดสารเชิงซ้อนที่เสถียรกับ ligands เช่น chloride, sulfate, carbonate และ acetate
- Actinides หลายชนิดพบในธรรมชาติ ในแหล่งแร่หรือน้ำทะเล
- เกิด nuclear reactions ได้ดี
- เก็บรักษายาก เนื่องจากปลดปล่อยกัมมันตภาพรังสีได้ และมีความเป็นพิษของโลหะหนัก
- โลหะและสารประกอบ hydrides, carbides, และ alloys อาจถูกไหม้ที่อุณหภูมิห้องและแผ่รังสี

89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]
--	---------------------------------------	--	--------------------------------------	---	---	---	--------------------------------------	---	---	---	--	--	---	---

2. Electron configuration

- แอคทิไนด์จัดเป็นธาตุ f-block ในตารางธาตุเช่นเดียวกับแลนทาไนด์
- electron configuration พบได้ทั้ง $[Rn] 5f^{n-1} 6d^1 7s^2$ หรือ $[Rn] 5f^n 7s^2$ ขึ้นกับความเสถียร (ยกเว้น Thorium (Th) มีโครงสร้างอิเล็กตรอนเป็น $[Rn] 6d^2 7s^2$)
- การบรรจุอิเล็กตรอนของธาตุแอคทิไนด์ :
 - ขึ้นอยู่กับ Z_{eff} ในการดึงดูด 5f orbital ให้มีระดับพลังงานต่ำกว่าและแตกต่างจาก 6d orbital - ระดับพลังงานของการจัดแบบ $5f^n 7s^2$ และการจัดแบบ $5f^{n-1} 6d^1 7s^2$ ใกล้เคียงกันมาก
 - ระดับพลังงานของ 5f orbitals ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น → บรรจุใน 5f ก่อน 6d
- 5f orbitals ไม่ถูกบดบังด้วยอิเล็กตรอนใน 6s และ 6p จึงถูกดึงดูดเข้าใกล้นิวเคลียสและขนาดอะตอมเล็กลงตามคาบ

Actinides

2. Electron configuration

Atomic Number	Symbol	Name	Atomic Mass (g/mol)	Electron Configuration	Oxidation States	Year Discovered
89	Ac	Actinium	[227]	$[\text{Rn}] 6d^1 7s^2$	+3	1899
90	Th	Thorium	232.04	$[\text{Rn}] 6d^2 7s^2$	+2?, +3, +4	1829
91	Pa	Protactinium	231.04	$[\text{Rn}] 5f^2 6d^1 7s^2$	+3, +4, +5	1913
92	U	Uranium	238.03	$[\text{Rn}] 5f^3 6d^1 7s^2$	+3, +4, +5, +6	1789
93	Np	Neptunium	[237]	$[\text{Rn}] 5f^4 6d^1 7s^2$	+3, +4, +5, +6, +7	1940
94	Pu	Plutonium	[244]	$[\text{Rn}] 5f^6 7s^2$	+3, +4, +5, +6, +7	1940
95	Am	Americium	[243]	$[\text{Rn}] 5f^7 7s^2$	+3, +4, +5, +6, +7?	1944

Actinides

2. Electron configuration

Atomic Number	Symbol	Name	Atomic Mass (g/mol)	Electron Configuration	Oxidation States	Year Discovered
96	Cm	Curium	[247]	$[\text{Rn}] 5f^7 6d^1 7s^2$	+3,+4,+5,+6?	1944
97	Bk	Berkelium	[247]	$[\text{Rn}] 5f^9 7s^2$	+3,+4	1949
98	Cf	Californium	[251]	$[\text{Rn}] 5f^{10} 7s^2$	+2,+3,+4	1950
99	Es	Einsteinium	[252]	$[\text{Rn}] 5f^{11} 7s^2$	+2?,+3,+4?	1952
100	Fm	Fermium	[257]	$[\text{Rn}] 5f^{12} 7s^2$	+2,+3	1952
101	Md	Mendelevium	[258]	$[\text{Rn}] 5f^{13} 7s^2$	+2,+3	1955
102	No	Nobelium	[259]	$[\text{Rn}] 5f^{14} 7s^2$	+2,+3	1957
103	Lr	Lawrencium	[262]	$[\text{Rn}] 5f^{14} 6d^1 7s^2$	+3	1961

Actinides

3. Properties

- แอคทีไนด์ ไอออนมักมีสี อันเนื่องมาจาก f-f transition ของ 5f electrons ยกเว้นไอออนที่มีการจัดเรียงเป็น $5f^0$ และ $5f^7 \rightarrow$ ไม่มีสี (colourless)
- ไอออนที่มีประจุ +3, +4 มักมีสี

สารประกอบ halides ของธาตุแอคทีไนด์

O.S.	Ac	Th	U	Np	Pu	Am	Cm
VI			UF ₆ , UCl ₆	NpF ₆	PuF ₆		
V			UF ₅ , UCl ₅	-			
IV		ThX ₄	UX ₄	NpF ₄ , NpCl ₄ , NpBr ₄	PuF ₄	AmF ₄	CmF ₄
III	AcF ₃ , AcCl ₃ , AcBr ₃				PuX ₃	AmF ₃	CmF ₃
II	-	-	-	-	-	-	-

Actinides

4. Applications

89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]
Ac  89 Actinium  Radioactive Medicine	Th  90 Thorium  Gas Lamp Mantles	Pa  91 Protactinium  Radioactive Waste	U  92 Uranium  Nuclear Power	Np  93 Neptunium  Radioactive Waste	Pu  94 Plutonium  Nuclear Weapons	Am  95 Americium  Smoke Detectors	Cm  96 Curium  Mineral Analyzers	Bk  97 Berkelium  Radioactive Waste	Cf  98 Californium  Mineral Analyzers	Es  99 Einsteinium radioactive, never found in nature, no uses except atomic research	Fm  100 Fermium radioactive, never found in nature, no uses except atomic research	Md  101 Mendelevium radioactive, never found in nature, no uses except atomic research	No  102 Nobelium radioactive, never found in nature, no uses except atomic research	Lr  103 Lawrencium radioactive, never found in nature, no uses except atomic research
Ac Actinium 89 radioactive, long-lived; small traces in nature, cancer medicine, neutron source, radwaste	Th Thorium 90 radioactive, long-lived; most abundant radioactive element, nuclear reactor fuel, gas lamp mantles, tungsten filaments	Pa Protactinium 91 radioactive, long-lived; small traces in nature, no uses, radwaste	U Uranium 92 radioactive, long-lived, dense; nuclear reactor fuel, nuclear weapons, counterweights, armor piercing bullets	Np Neptunium 93 radioactive, long-lived; small traces in nature, neutron detectors, dosimeters, nuclear weapons, radwaste	Pu Plutonium 94 radioactive, long-lived; small traces in nature, nuclear reactor fuel, spacecraft power, nuclear weapons	Am Americium 95 radioactive, long-lived; never found in nature, smoke detectors, sheet thickness gauges, radwaste	Cm Curium 96 radioactive, long-lived; never found in nature, scientific instruments, mineral analyzers, radwaste	Bk Berkelium 97 radioactive, long-lived; never found in nature, no uses, radwaste	Cf Californium 98 radioactive, long-lived; never found in nature, scientific instruments, mineral analyzers, radwaste	Es Einsteinium 99 radioactive, short-lived; never found in nature, no uses except atomic research	Fm Fermium 100 radioactive, short-lived; never found in nature, no uses except atomic research	Md Mendelevium 101 radioactive, short-lived; never found in nature, no uses except atomic research	No Nobelium 102 radioactive, short-lived; never found in nature, no uses except atomic research	Lr Lawrencium 103 radioactive, short-lived; never found in nature, no uses except atomic research

ธาตุแอกทีไนด์ที่นำไปใช้ประโยชน์มากที่สุด ได้แก่ Thorium (Th), uranium (U) และ plutonium (Pu)

- Thorium → ใช้ในตะเกียงเจ้าพายุ (เปล่งแสงเมื่อได้รับความร้อน), เชื้อเพลิงปฏิกิริยานิวเคลียร์
- Uranium → เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ส่วนสารประกอบใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว เซรามิกส์ เส้นใย และทางยา
- Plutonium → เชื้อเพลิงนิวเคลียร์และระเบิดนิวเคลียร์

Similarities/Difference between Lanthanides and Actinides

ความเหมือน

- Both lanthanides and actinides involve the filling of f-orbitals.
- Both exhibit a common oxidation state of +3.
- Both are electropositive and very reactive.
- Both exhibit magnetic and spectral properties.
- Lanthanides exhibit lanthanide contraction and actinides exhibit actinide contraction

ความแตกต่าง

Lanthanides	Actinides
They have the ability to show a maximum oxidation state of + 4	Actinides show variable oxidation states of + 3, + 4, + 5, + 6 and + 7.
They have smaller tendency to form complexes.	They have a good tendency to form complexes with ligands such as thio-ethers.
All lanthanides are non-radioactive except promethium.	They are radioactive in nature.
They do not form oxo-ions	Actinides form oxo-ions such as UO^+ , NpO_2^+ .
They are non radioactive in nature.	Actinides are radioactive.