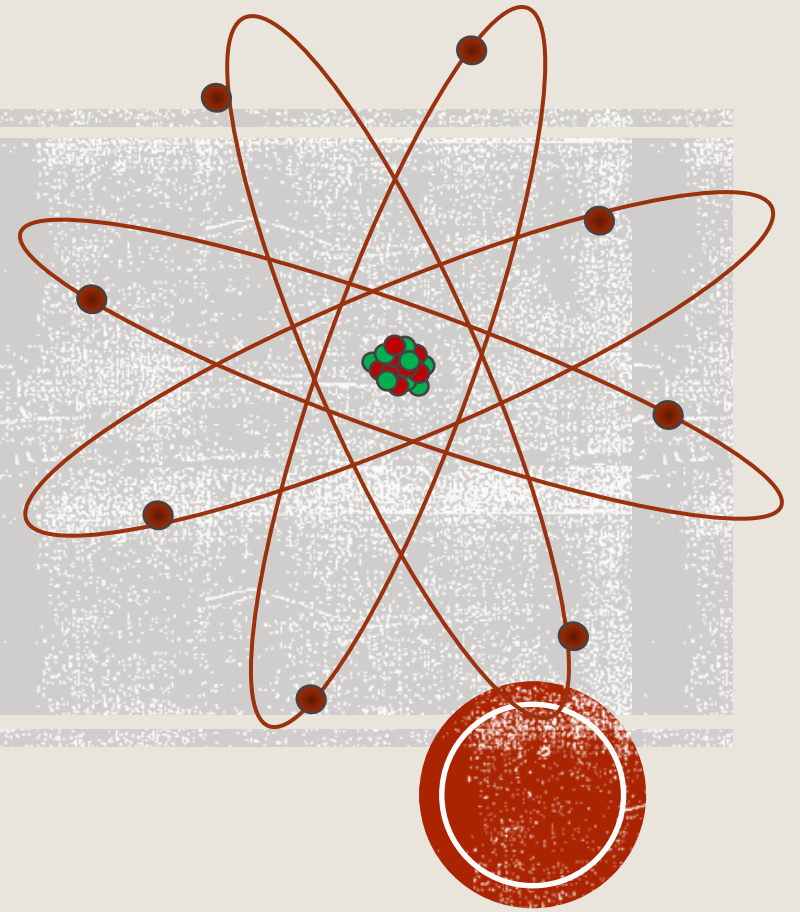


โครงสร้างอะตอม



อาจารย์ ดร.นิรวรรณ ธรรมจันทร์

วิชา คอ 221

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



โครงสร้างอะตอม

อะตอม (**atom**) มาจากภาษากรีก

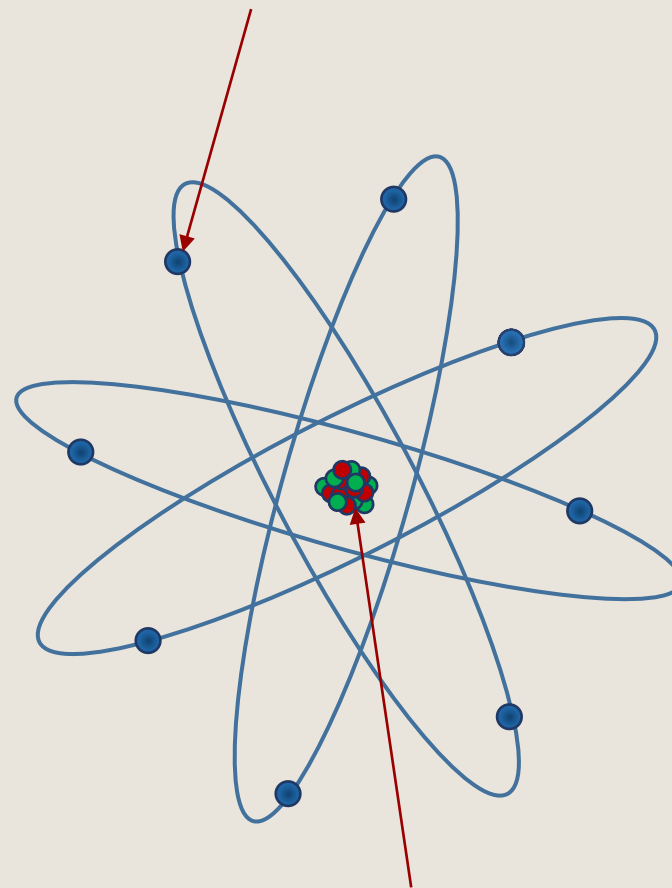
หมายถึงสิ่งที่ไม่สามารถแบ่งย่อยให้เล็กลงได้อีก

ภายในอะตอมประกอบไปด้วยอนุภาค 3 ชนิด คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน

โปรตอนและนิวตรอน อัดแน่นรวมกันอยู่ใจกลางอะตอม ใจกลางอะตอม เรียกว่า **นิวเคลียส** มีขนาดเล็กและหนาแน่นมากและมีอิเล็กตรอนเล็ก ๆ เคลื่อนที่อย่างรวดเร็วรอบนิวเคลียส

อนุภาค	ประจุ	มวล (g)
โปรตอน	1+	1.67262×10^{-24}
นิวตรอน	0	1.67493×10^{-24}
อิเล็กตรอน	1-	9.10939×10^{-28}

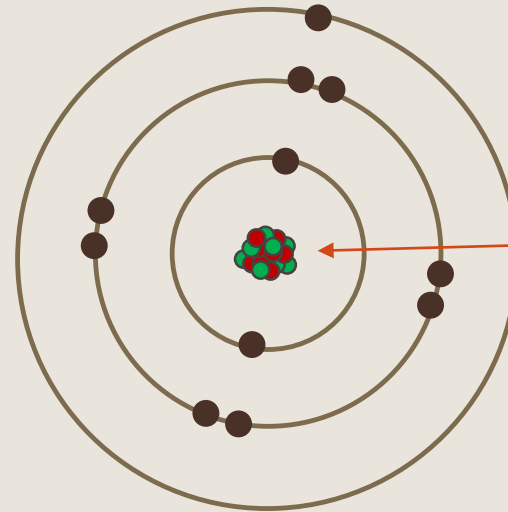
อิเล็กตรอนวิ่งรอบนิวเคลียสอย่างรวดเร็ว



นิวเคลียสประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอน

แผนภาพแสดงอะตอมของโซเดียม

เลขมวล $\rightarrow 23$
เลขอะตอม $\rightarrow 11$ **Na**

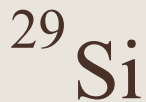
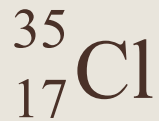
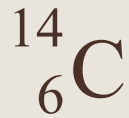


11 โปรตอน และ
12 นิวตรอน

เราสามารถหาจำนวนโปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนใน $^{16}_8\text{O}$ และ $^{31}_{15}\text{P}$ ได้หรือไม่

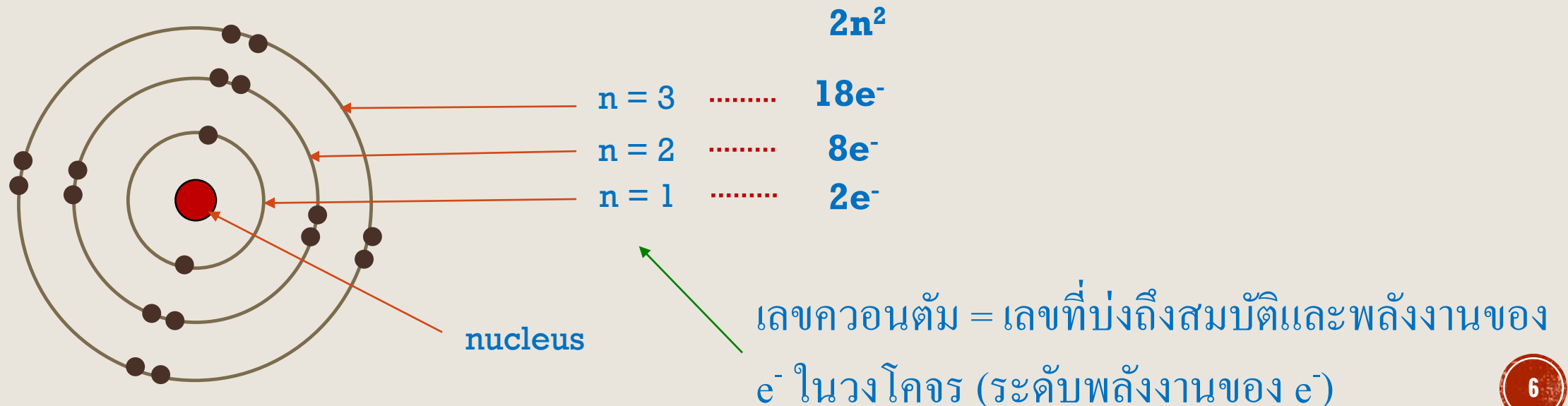
ไอโซโทป

ไอโซโทปคือ อะตอมที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่จำนวนนิวตรอนต่างกัน

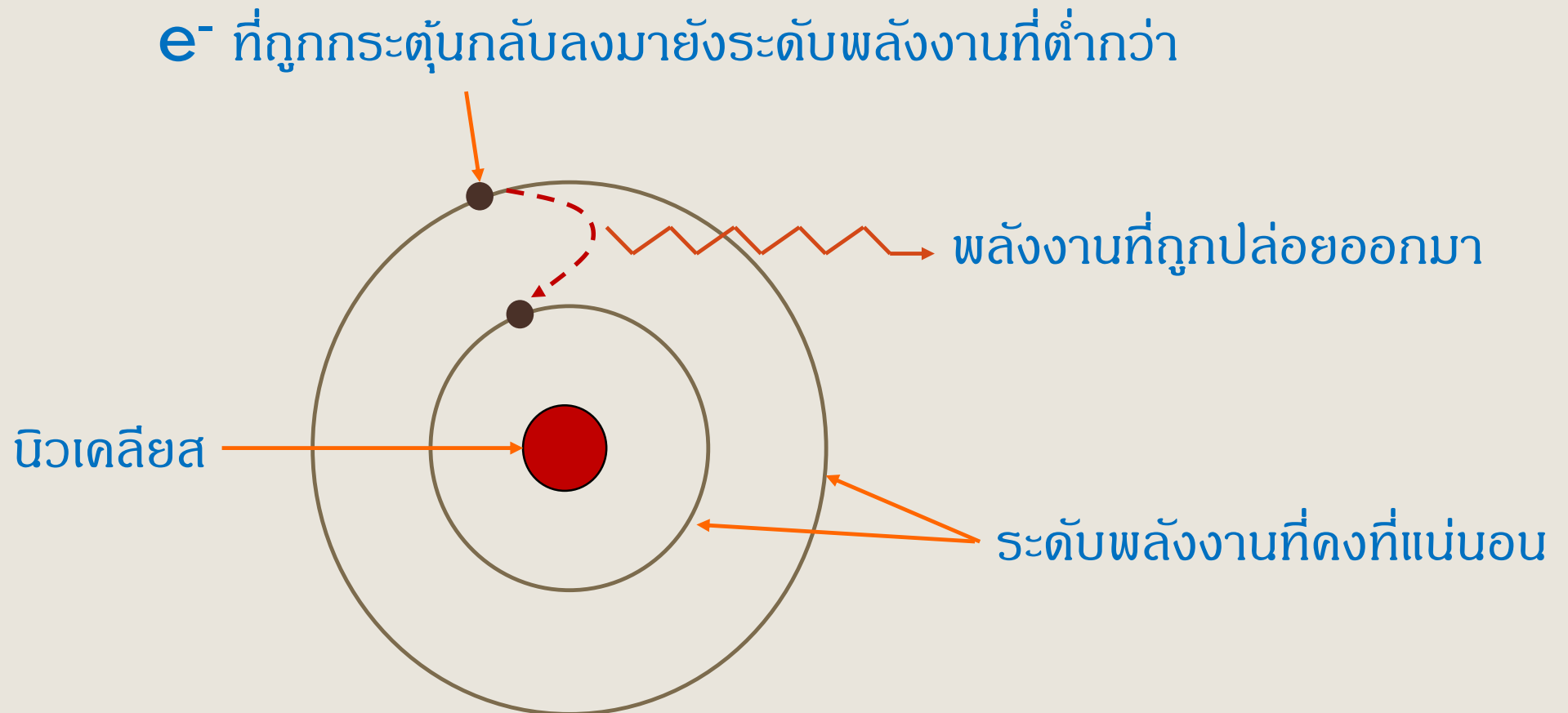


วงชั้นหรือระดับพลังงานของอิเล็กตรอน

สืบเนื่องจากทฤษฎีโครงสร้างอะตอมของ นีลส์ โบร์ (Niels Bohr)
อิเล็กตรอนในอะตอมจัดตัวเป็นชั้นๆ รอบนิวเคลียส อิเล็กตรอนโคจรอยู่ในระดับพลังงาน
ของมันเองที่มีค่าแน่นอนเรียกว่า เซลล์ หรือระดับชั้น (shell)



นีลส์ โบร์ (Niels Bohr) อธิบายปรากฏการณ์การเกิดสเปกตรัมของอะตอม ซึ่งก็คือค่าพลังงานที่จะถูกปล่อยออกมาหรือถูกดูดเข้าไปของอะตอมชนิดต่าง ๆ



แบบจำลอง H-atom ของ Bohr

Bohr เสนอสมการหาพลังงานของอิเล็กตรอนของอะตอม H

$$E = -\frac{R_H Z^2}{n^2}$$

$R_H = 2.18 \times 10^{-18} \text{ J}$ หรือ 13.595 eV

Z = เลขอะตอม (จำนวนโปรตอน)

n = เลขจำนวนเต็ม (เลขควอนตัม) มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง ∞

- พลังงานของอิเล็กตรอนในวงโคจรหนึ่งจะขึ้นกับค่า n
- เมื่อ n เท่ากับ ∞ พลังงานของอิเล็กตรอนมีค่าเป็นศูนย์
- เมื่ออิเล็กตรอนเข้าใกล้นิวเคลียสมากขึ้นจะมีพลังงานติดลบมากขึ้น

เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนวงโคจร จะมีการดูดหรือคายพลังงาน

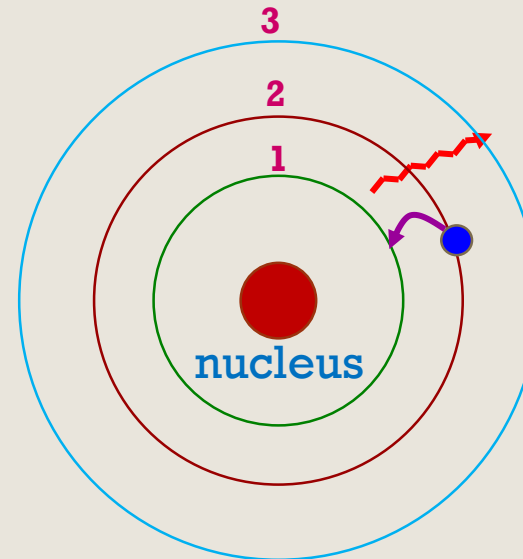
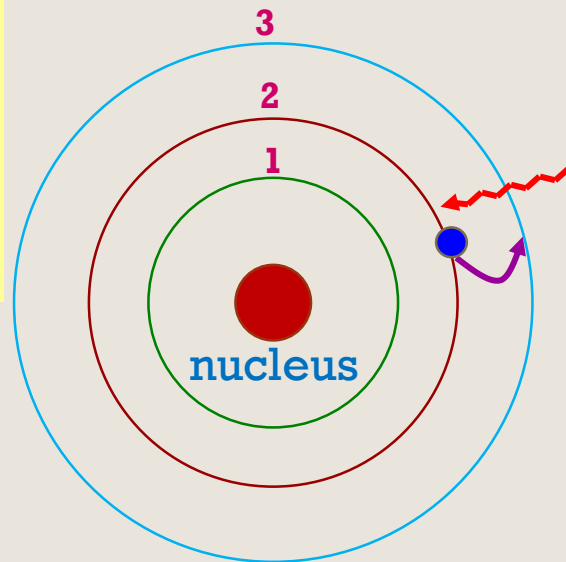
ถ้าเปลี่ยนจากระดับ n_i ไป n_f

$$\Delta E = E_{nf} - E_{ni} = h\nu_{\text{rad}}$$

$E_{nf} > E_{ni}$, $\Delta E > 0 \rightarrow$ ดูดพลังงาน

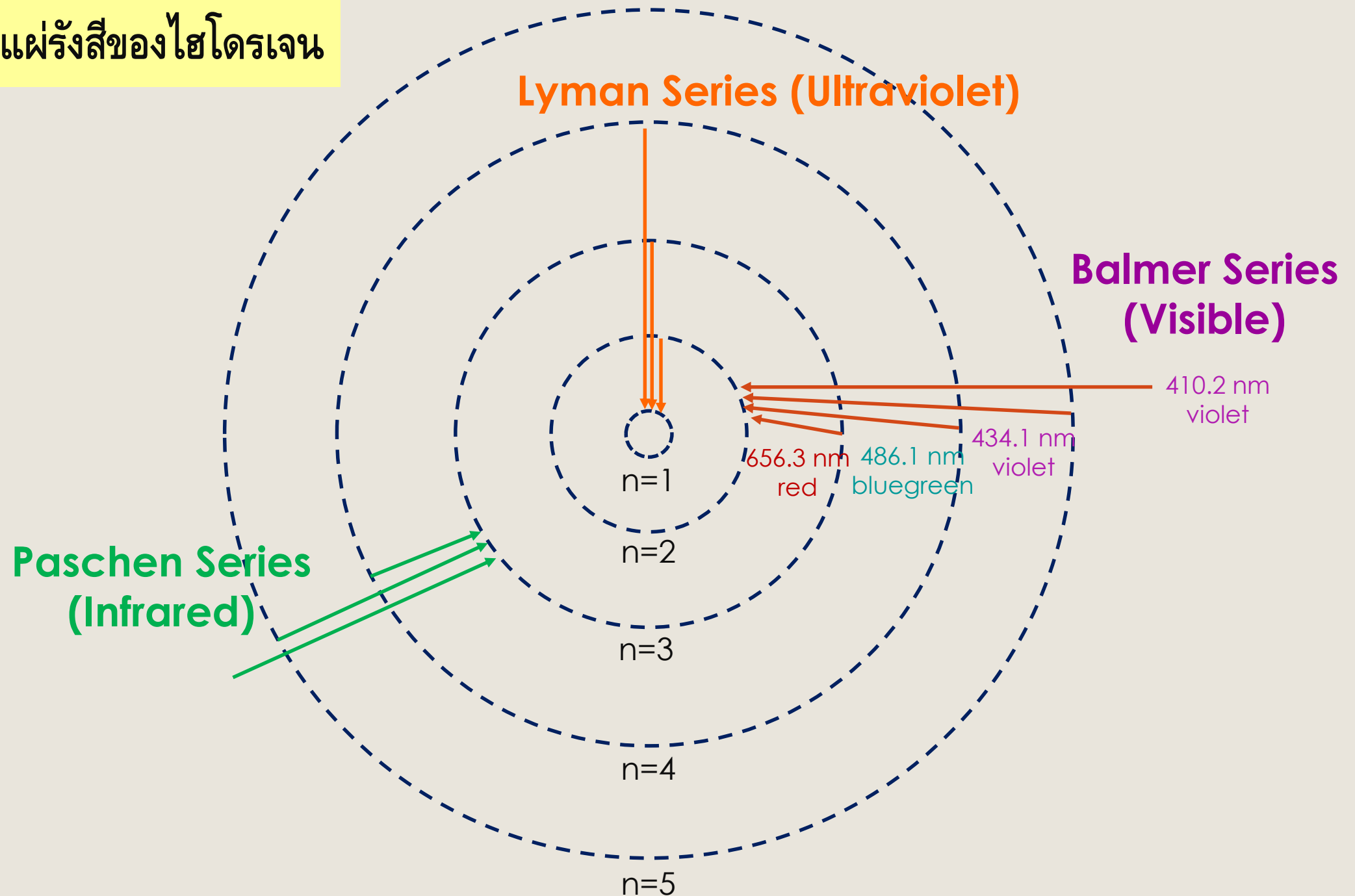
$E_{nf} < E_{ni}$, $\Delta E < 0 \rightarrow$ คายพลังงาน

รับพลังงานจาก
สิ่งแวดล้อม
ดูดพลังงาน



พลังงานสูญเสียให้กับ
สิ่งแวดล้อม
คายพลังงาน

อนุกรมการแผ่รังสีของไฮโดรเจน



ตัวอย่าง

จงหาพลังงานที่เปล่งออกมาและความยาวคลื่นในระหว่างการเปลี่ยนสถานะจากระดับชั้นพลังงานที่ 5 ($n = 5$) ไปยังระดับชั้นพลังงานที่ 2 ($n = 2$) ของไฮโดรเจนอะตอม

$$\Delta E = E_{nf} - E_{ni}$$

จาก

$$E = \frac{-R_H z^2}{n^2}$$

เลขอะตอมของไฮโดรเจน = 1 ดังนั้น $\Delta E = R_H[(1/n_i^2) - (1/n_f^2)]$

$n_i = 5$ และ $n_f = 2$ $= 2.18 \times 10^{-18} \text{ J } [(1/5^2) - (1/2^2)]$

$$\Delta E = -4.58 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Delta E = E_{\text{nf}} - E_{\text{ni}} = h\nu$$

จาก $\nu = c/\lambda$ ดังนั้น $\Delta E = hc/\lambda$

$$\therefore \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ Js})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{(4.58 \times 10^{-19} \text{ J})}$$

$$= 4.34 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 434 \text{ nm}$$

เลขควอนตัม

- * เลขควอนตัมหลัก (principle quantum number, n)
 - * เลขควอนตัมโมเมนตัมเชิงมุม (orbital angular momentum quantum number, l)
 - * เลขควอนตัมแม่เหล็ก (magnetic quantum number, m_l)
 - * เลขควอนตัมสปิน (Spin quantum number, m_s) → บอกถึงพฤติกรรมของอิเล็กตรอนหนึ่ง ๆ
- อธิบายการกระจาย
อิเล็กตรอนในอะตอม

เลขควอนตัมหลัก (n)

n เป็นเลขจำนวนเต็ม 1, 2, 3,

n บอกถึง ระดับพลังงานของออร์บิทัล

n ขึ้นกับระยะเฉลี่ยระหว่างอิเล็กตรอนในออร์บิทัลหนึ่งๆ กับนิวเคลียส

ยิ่ง n มีค่ามาก ระยะเฉลี่ยจากอิเล็กตรอนในออร์บิทัลถึงนิวเคลียสยิ่งมาก

ออร์บิทัลจึงมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย

เลขควอนตัมโมเมนตัมเชิงมุม (l)

บอกถึงรูปร่างของออร์บิทัล โดย l ขึ้นกับค่าของ n

l เป็น subshell ของ n

l มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง $(n-1)$ ถ้า $n = 1, l = 0$

$n = 2, l = 0, 1$

$n = 3, l = 0, 1, 2$

l	0	1	2	3	4	5
ชื่อออร์บิทัล	s	p	d	f	g	h

เลขควอนตัมแม่เหล็ก (m_l)

m_l บอกถึงแนวการจัดตัว(ทิศทาง) ของออร์บิทัล

m_l ขึ้นกับค่า l โดย $m_l = -l, (-l+1), \dots, 0, \dots, (l-1), +l$

$$l = 0, m_l = 0$$

$$l = 1, m_l = -1, 0, 1$$

$$l = 2, m_l = -2, -1, 0, 1, 2$$

จำนวนค่า m_l บอกถึงจำนวนออร์บิทัล
ในแต่ละชั้นย่อยตามค่า l ที่ระบุ

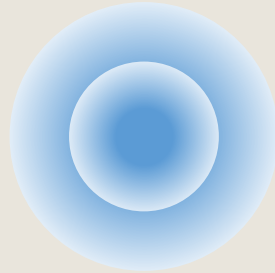
ถ้า $n=2, l=1, m_l = -1, 0, 1$

ระดับพลังงานที่ 2 มีชั้นย่อยคือ 2p ออร์บิทัล จำนวน 3 ออร์บิทัล

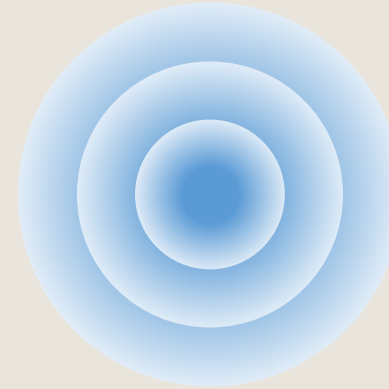
S-ออร์บิทัล



1s



2s



3s

ทุก ๆ เลขควอนตัม s ออร์บิทัลมีรูปร่างเป็นทรงกลมเหมือนกัน แต่
ต่างกันที่ขนาดที่จะเพิ่มขึ้นตามเลขควอนตัมหลัก

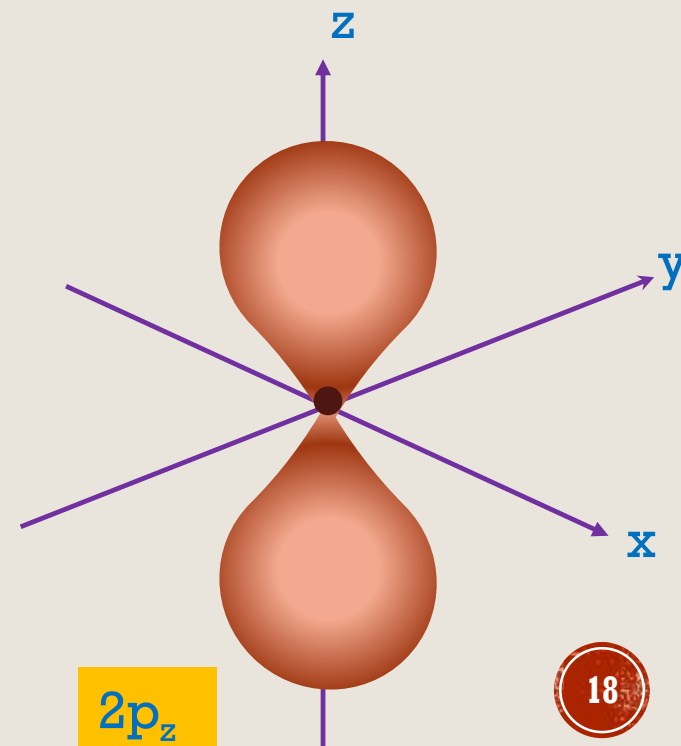
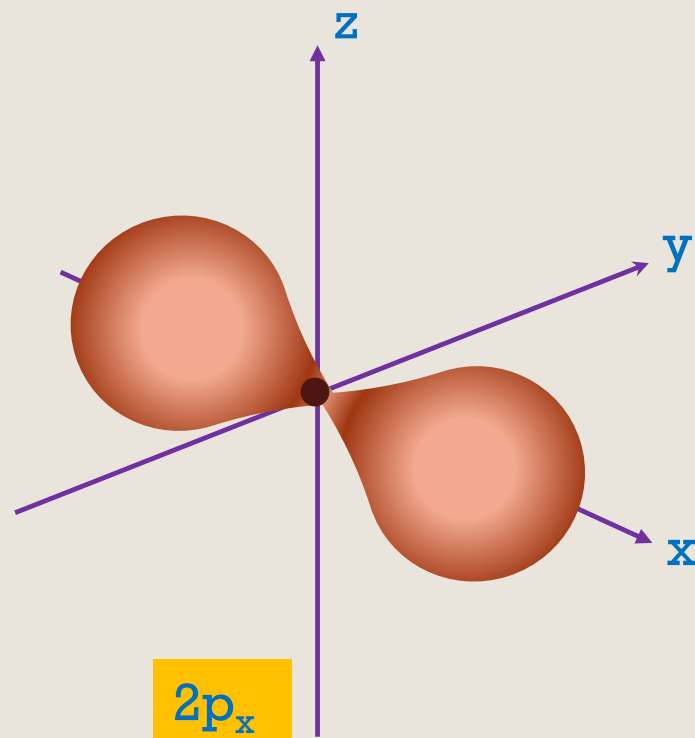
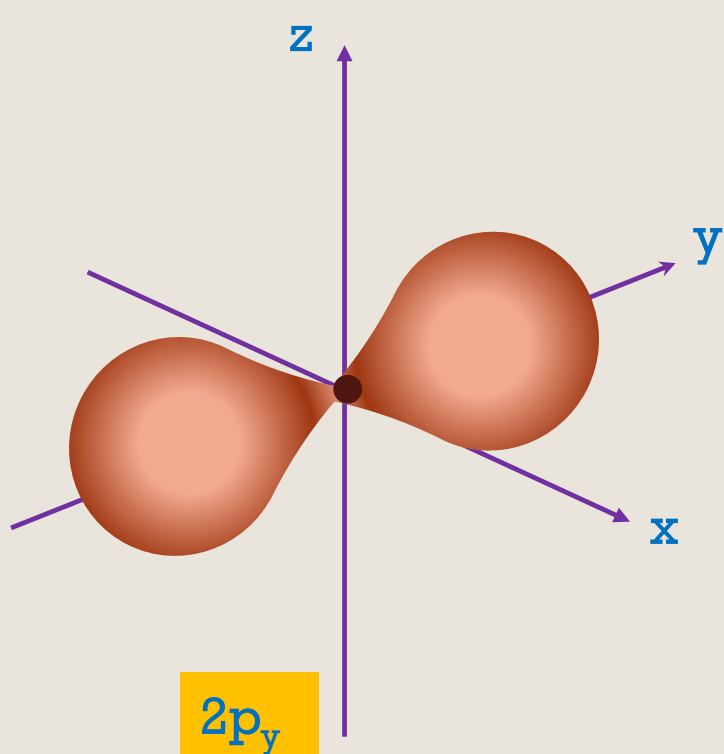
p-ออร์บิทัล

เริ่มมีตั้งแต่ $n = 2$ เป็นต้นไป

เช่น เมื่อ $n = 2, \ell = 1, m_\ell = -1, 0, 1$ ได้ $2p_x, 2p_y$ และ $2p_z$

ตัวห้อยแสดงแกนที่เป็นแนวหลักของ p ออร์บิทัล เพื่อให้เห็นว่า

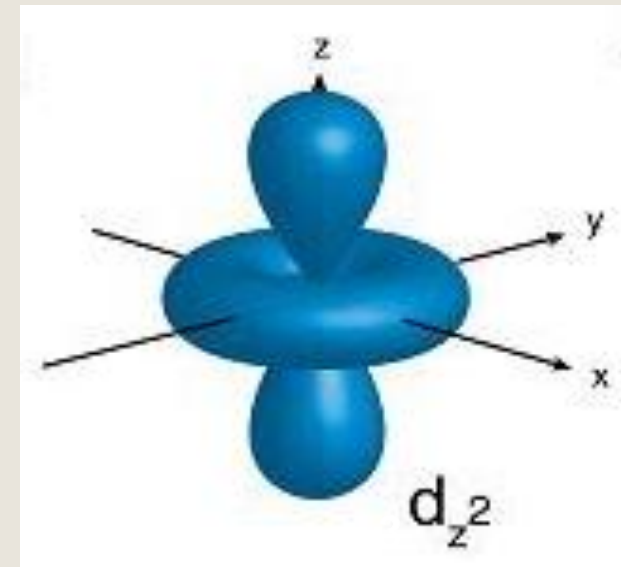
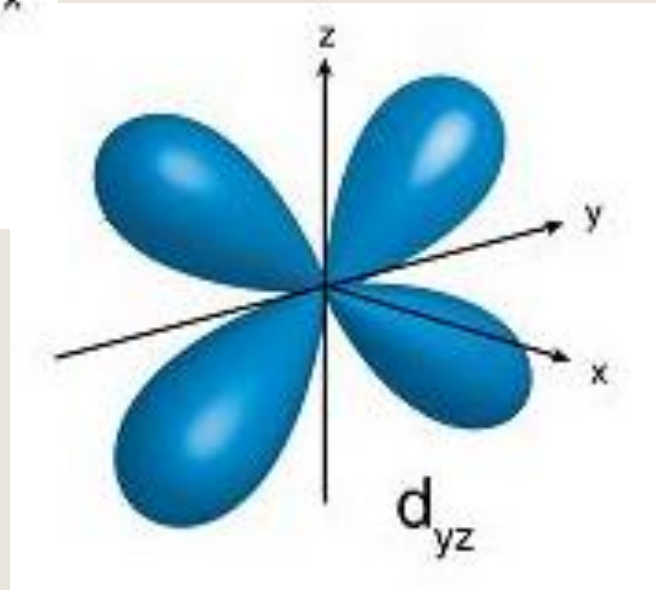
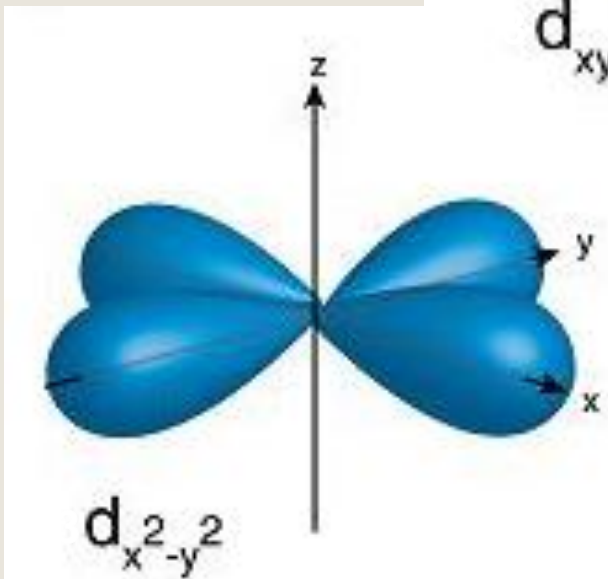
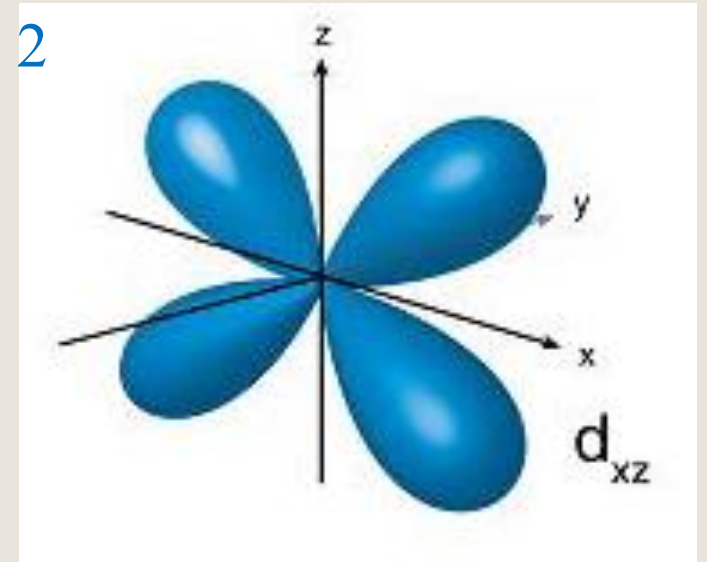
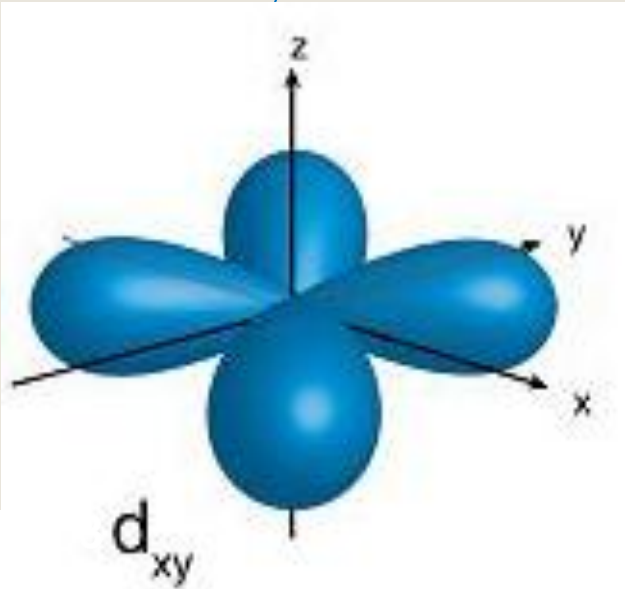
m_ℓ มีค่าเป็นไปได้ 3 ค่า จึงมี p ออร์บิทัล 3 ออร์บิทัลที่มีขนาดรูปร่างและพลังงานเหมือนกัน แต่มีแนวหลักต่างทิศทางกัน



d-ออร์บิทัล

ค่า n ต่ำสุดที่เป็นไปได้สำหรับ d ออร์บิทัล คือ 3 จึงเริ่มจาก 3d ออร์บิทัล

เมื่อ $n = 3$, $l = 2$ จะมีค่า m_l ได้ 5 ค่า คือ -2, -1, 0, 1, 2



d ออร์บิทัลจัดเรียงตามแนวแกน

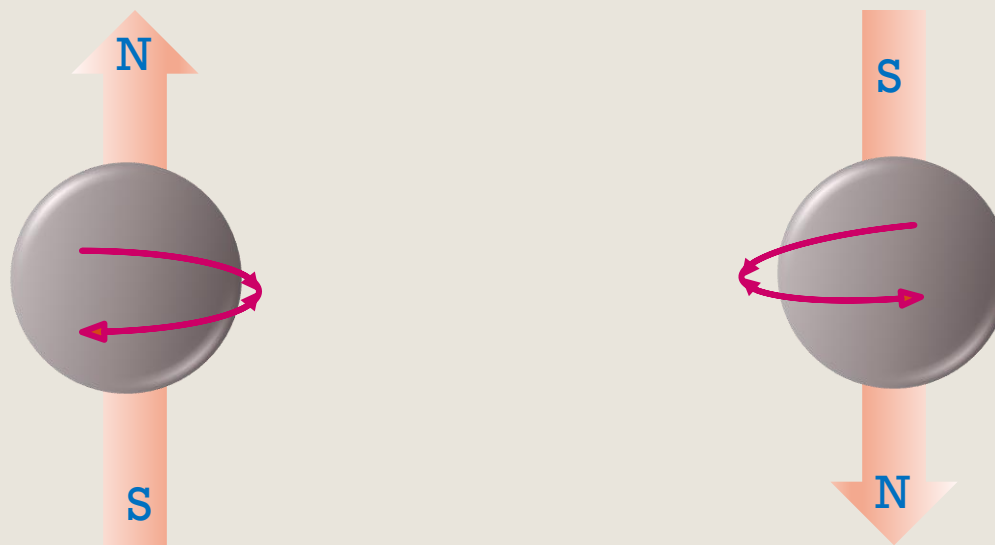
ความสัมพันธ์ระหว่างเลขควอนตัมกับอะตอมมีดอร์บิทัล

n	l	m_l	จำนวนออร์บิทัล	สัญลักษณ์
1	0	0	1	1s
2	0	0	1	2s
	1	-1, 0, 1	3	$2p_x, 2p_y, 2p_z$
3	0	0	1	3s
	1	-1, 0, 1	3	$3p_x, 3p_y, 3p_z$
	2	-2, -1, 0, -1, -2	5	$3d_{xy}, 3d_{xz}, 3d_{yz}, 3d_{x^2-y^2}, 3d_{z^2}$
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

เลขควอนตัมสปิน (m_s)

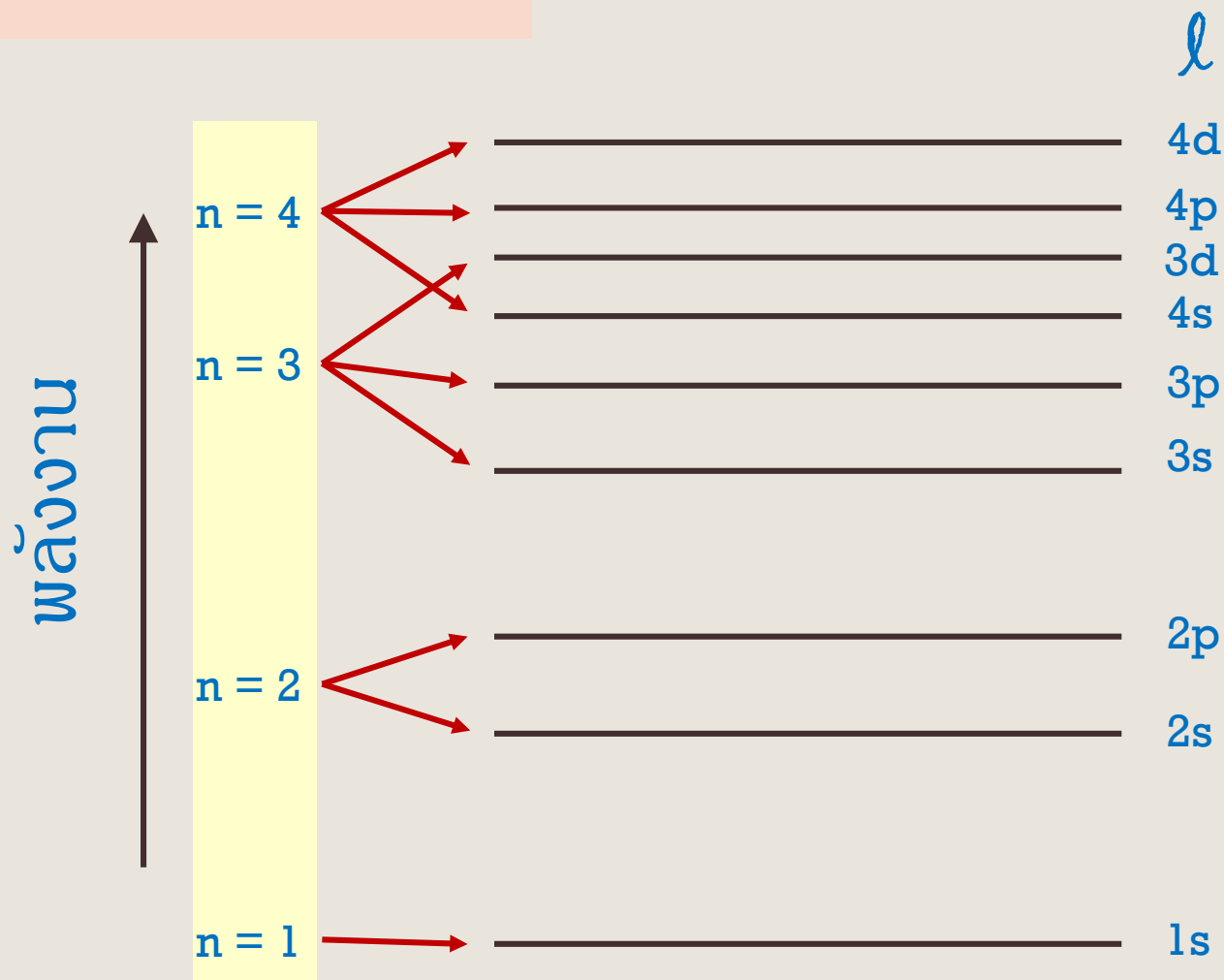
- * เพื่ออธิบายเส้นสเปกตรัมที่แยกออกมาเมื่อได้รับอิทธิพลสนามแม่เหล็กจากภายนอก
- * โดยอธิบายว่าให้อิเล็กตรอน มีลักษณะคล้ายกับแม่เหล็กเล็กๆ ซึ่งหมุนรอบแกนกลางของตัวเอง
- * ทำให้เกิดสมบัติแม่เหล็กเพราะประจุที่หมุนจะก่อให้เกิด สนามแม่เหล็ก ขึ้น
- * อิเล็กตรอนหมุนรอบตัวเองได้ 2 แบบ คือตามเข็มนาฬิกา และทวนนาฬิกา ซึ่งแทนด้วยเลขควอนตัมสปินที่มีค่าเป็น $+1/2$ และ $-1/2$ ตามทิศทางการหมุน

ประจุที่หมุนรอบตัวให้สนามแม่เหล็กออกมา การเคลื่อนที่รูปแบบ
ดังกล่าวทำให้อิเล็กตรอนประพุกิตัวคล้ายแท่งแม่เหล็ก



รูปแสดงการสปินหมุนตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกาของอิเล็กตรอน
สนามแม่เหล็กจากการหมุนรอบตัวนี้คล้ายกับที่เกิดจากแท่งแม่เหล็ก

พลังงานของออร์บิทัล



แผนภาพแสดงการจัดเรียงของชั้นเซลล์

* ระดับพลังงานของ 3d จะใกล้เคียงกับ 4s มาก

เนื่องจากพลังงานรวมของอะตอมขึ้นกับแรง

ผลักระหว่างอิเล็กตรอนด้วย

* พลังงานรวมของอะตอมจะต่ำกว่า ถ้าบรรจุ

อิเล็กตรอนในวงย่อย 4s ก่อน 3d เนื่องจาก

อิเล็กตรอนที่เข้าคู่กัน โดยมีสปินตรงข้ามกันจะมี

แรงผลักละเอียดกว่าอิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอนที่มี

สปินเหมือนกัน

การบรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัล

หลักการกีดกันของเพาลี

กรณีอะตอมที่มีอิเล็กตรอนมากกว่าหนึ่ง หลักนี้กล่าวว่า **ไม่มีอิเล็กตรอนคู่** หนึ่งคู่ใดในอะตอมเดียวกันที่มีเลขควอนตัมทั้งสี่เหมือนกันหมด

กล่าวคือหากอิเล็กตรอนคู่หนึ่งในออร์บิทัลมีค่า n , l และ m_l เท่ากันแล้ว ค่า m_s ต้องต่างกัน

เช่น He



(a)



(b)



(c)

He



$1s^2$

สมบัติไออะแมกเนติกและพาราแมกเนติก

สารพาราแมกเนติกคือ สารที่มีสปินเดี่ยวไม่เข้าคู่ และดึงดูดกับแม่เหล็ก

สารไดอะแมกเนติกคือ สารที่ไม่มีสปินเดี่ยวหรืออิเล็กตรอนจับคู่กันในทิศตรงข้าม
กันและมีแรงผลักน้อยกับแม่เหล็ก

เช่น $\text{Li} (z=3)$

$\text{Be} (z=4)$

กฎของฮุนด์ (Hund's rule)

การจัดอิเล็กตรอนในชั้นย่อยที่เสถียรที่สุดคือ การบรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัลที่มีระดับพลังงานเท่ากัน (degenerate) จะบรรจุให้มีจำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยวมากที่สุดเท่าที่จะมากได้

เช่น $2p^4$

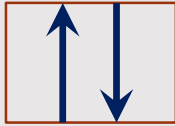
$3d^5$

$3d^8$

หลักเอาฟาว (Aufbau principle)

กล่าวว่า เมื่อโปรตอนถูกเติมไปยังนิวเคลียสสร้างละหนึ่งตัวเพื่อสร้างธาตุใหม่ อิเล็กตรอนจะถูกเติมไปยังอะตอมที่มีดอร์บิทัลเช่นกัน สรุปคือ **เป็นหลักการวางอิเล็กตรอนเพื่อสร้างอะตอม** โดยอาศัยหลักดังนี้

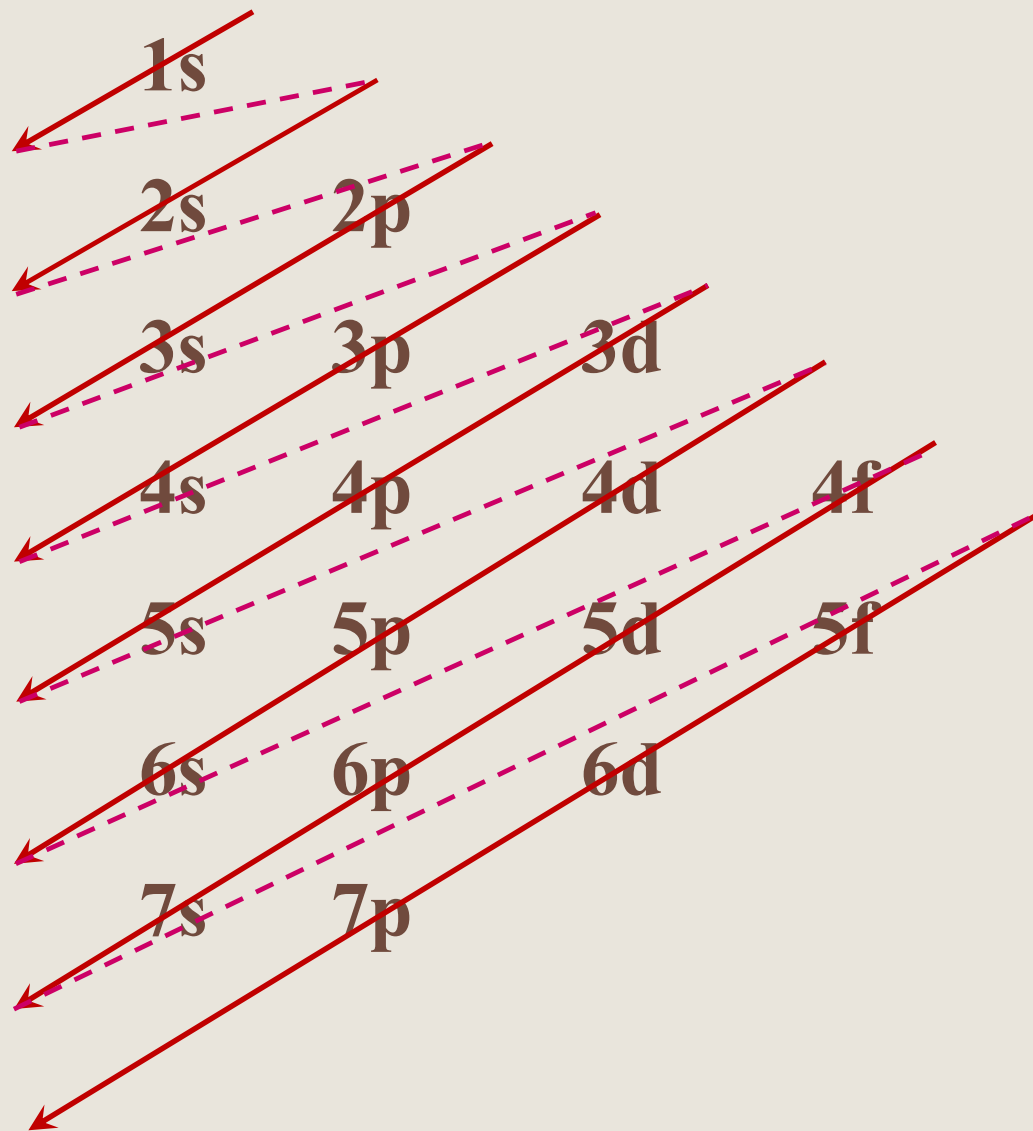
1. ใช้หลักของเพาลี ในการบรรจุอิเล็กตรอน คือ ในแต่ละออร์บิทัลจะบรรจุอิเล็กตรอนได้อย่างมากที่สุด 2 ตัว (มีสปินต่างกัน)



เรียกอิเล็กตรอนคู่ (paired electron)

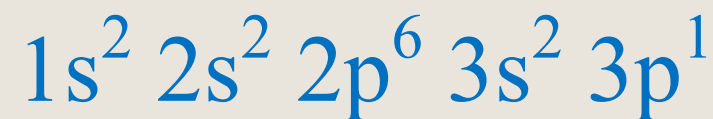
ถ้ามีอิเล็กตรอนเพียงครึ่งหนึ่งนิยมเขียนเป็นสปินขึ้น (spin up) และเรียกว่าอิเล็กตรอนเดี่ยว (unpaired electron)

2. บรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัลที่มีระดับพลังงานต่ำสุดที่ยังว่างก่อน (เรียงลำดับออร์บิทัลตามลูกศรในรูป) จนครบจำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมดในอะตอมนั้น การจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบนี้จะทำให้อะตอมมีสถานะเสถียรที่สุดเพราะพลังงานรวมทั้งหมดของอะตอมมีต่ำที่สุด

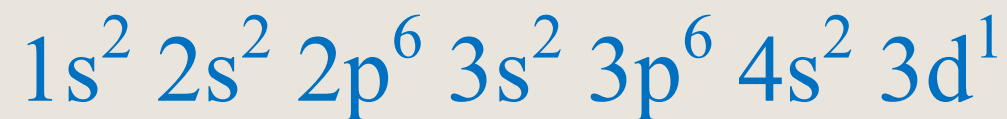


ตัวอย่าง

Al ($z=13$)

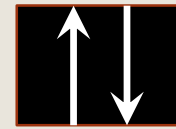
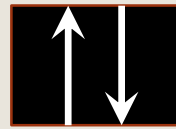
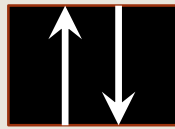


Sc ($z=21$)



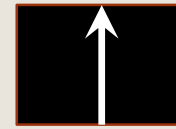
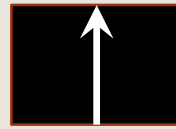
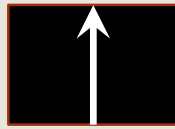
3. ถ้ามีออร์บิทัลที่มีพลังงานมากกว่าหนึ่งขึ้นไป การบรรจุอิเล็กตรอนให้อาศัยกฎของฮุนด์
4. การบรรจุเต็มและบรรจุครึ่งจะมีเสถียรภาพมากกว่าแบบอื่น

บรรจุเต็ม



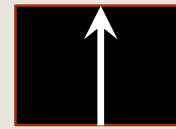
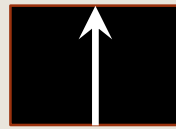
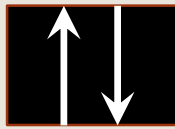
$2p^6$

บรรจุครึ่ง



$2p^3$

บรรจุแบบอื่น ๆ



$2p^4$

$2p_x$

$2p_y$

$2p_z$

$2p^6$ เสถียรกว่า $2p^3$ แต่ $2p^3$ เสถียรกว่า $2p^4$

การจัดอิเล็กตรอนในทุกธาตุยกเว้นไฮโดรเจนและฮีเลียมจะแสดงในรูปแบบ

แก๊สเฉื่อย (noble gas core)



Cu (z=29) $\longrightarrow$ [Ar]4s¹ 3d¹⁰

แผนภาพออร์บิทัล $\longrightarrow$ [Ar] 
4s¹ 3d¹⁰

Rb (z=37) $\longrightarrow$ [Kr]5s¹

แผนภาพออร์บิทัล $\longrightarrow$ [Kr] 
5s¹

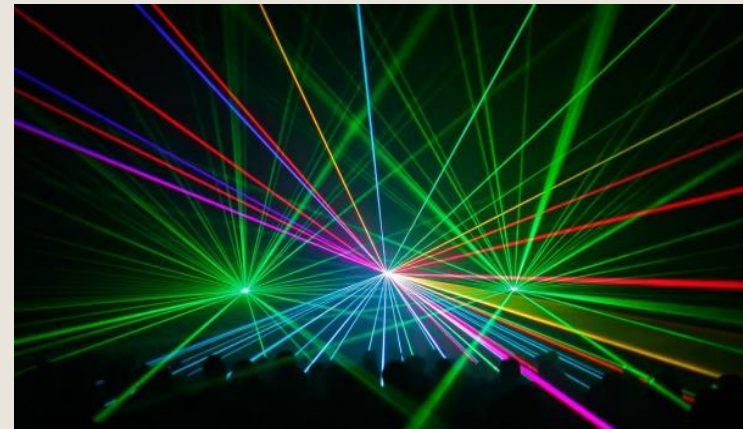
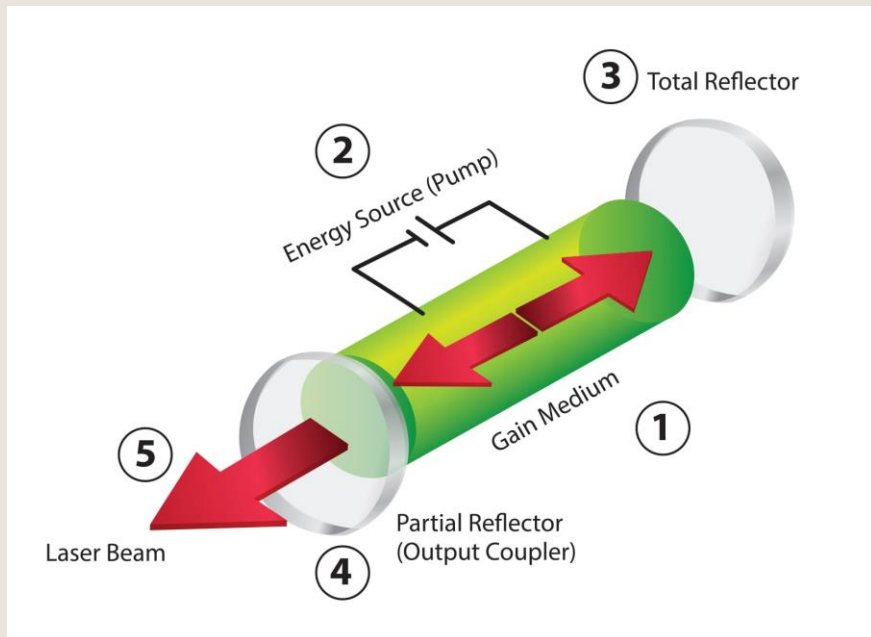
เลขควอนตัมทั้งสี่ของอิเล็กตรอนใน 5s ออร์บิทัล คือ ?

$n=5, \ell=0, m_\ell=0, m_s=+1/2 \longrightarrow (5, 0, 0, +1/2)$

เคมีกับการใช้งาน: อะตอมและอิเล็กตรอน

Laser: light amplification by stimulated emission of radiation (การขยายความเข้มของแสงโดยการปล่อยรังสีที่ถูกกระตุ้นออกมา)

เครื่องยิงเลเซอร์เป็นหลอดแก้วที่ภายในบรรจุอะตอมเช่น แก๊สเฉื่อยหรือแท่งทังทัม แล้วจะกระตุ้นอะตอมเหล่านี้ให้อิเล็กตรอนกระโดดขึ้นไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงขึ้นและเมื่ออิเล็กตรอนตกกลับมายังระดับพลังงานเดิม จะคายพลังงานออกมาในรูปของรังสี และรังสีนี้จะถูกสะท้อนขึ้นลงอยู่ภายในหลอดด้วยกระจกเงา ก่อให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ทำให้งรังสีมีพลังงานสูงขึ้น แล้วกระจกเงาด้านหนึ่งจะค่อนข้างโปร่งใส ทำให้ปล่อยรังสีออกมาได้



เคมีกับการใช้งาน: อะตอมและอิเล็กทรอนิกส์

การถนอมอาหารโดยใช้รังสี

รังสี (radiation) หมายถึงพลังงานที่แผ่กระจายจากต้นกำเนิด ออกไปในอากาศหรือตัวกลางใดๆ ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่นรังสีความร้อน รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา ฯลฯ และรวมไปถึงกระแส อนุภาคที่มีความเร็วสูงด้วย อาทิเช่น รังสีแอลฟา รังสีบีตาและรังสีนิวตรอน

รังสีที่ใช้เพื่อการถนอมอาหาร ได้แก่

1. รังสีแกมมา

เป็นรังสีที่นิยมใช้มากในการถนอมอาหาร สารที่เป็นต้นกำเนิดรังสีคือ โคบอลต์ 60 หรือซีเซียม -137

2. รังสีเอกซ์

ได้จากเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ ที่ทำงานด้วยระดับพลังงานที่ต่ำกว่า หรือเท่ากับ 5 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์

3. รังสีอิเล็กตรอน

ได้จากเครื่องผลิตรังสีอิเล็กตรอน ที่ทำงานด้วยระดับพลังงานที่ต่ำกว่า หรือเท่ากับ 10 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์

γ (gamma-rays)



${}^{60}\text{Co}$ ได้จากการใช้อุภาคนิวตรอน (neutron) ยิงเข้า ไปยัง ${}^{59}\text{Co}$ ภายในถึงปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (nuclear reactor) เมื่อ ${}^{60}\text{Co}$ สลายตัวจะปล่อยรังสีแกมมาออกมาโดยมีพลังงาน 1.17 และ 1.33 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV) และเมื่อรังสีหมดสิ้นแล้ว จะกลายเป็นธาตุนิเกิล (nickel) ซึ่งไม่เป็นสารกัมมันตรังสี

${}^{60}\text{Co}$ มีครึ่งชีวิต (half life) 5.3 ปี โดยมีพลังงานรังสีลดลง 12.5% ต่อปีและพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจะกระจายทุกทิศทางและดูดซับเข้าไปในวัตถุที่นำมาฉายรังสีได้เพียง 10 – 30 % เท่านั้น

นอกจากการใช้ถนอมอาหารแล้ว การฉายรังสีแกมมายังใช้ในการเปลี่ยนสีอัญมณีได้ด้วยเช่น **Tourmaline** ในทางการแพทย์ใช้รังสีแกมมาทำลายเซลล์มะเร็ง



ทัวมาลีนฉายรังสีแกมมา