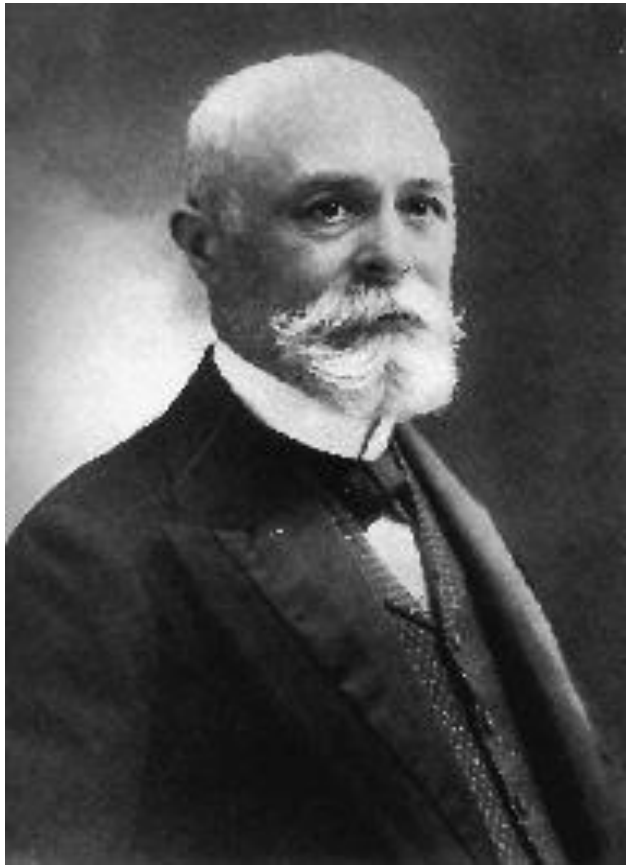
ฟิสิกส์นิวเคลียร์
(Nuclear Physics)

สัญลักษณ์สากลที่แสดงว่าบริเวณนั้นมีรังสี

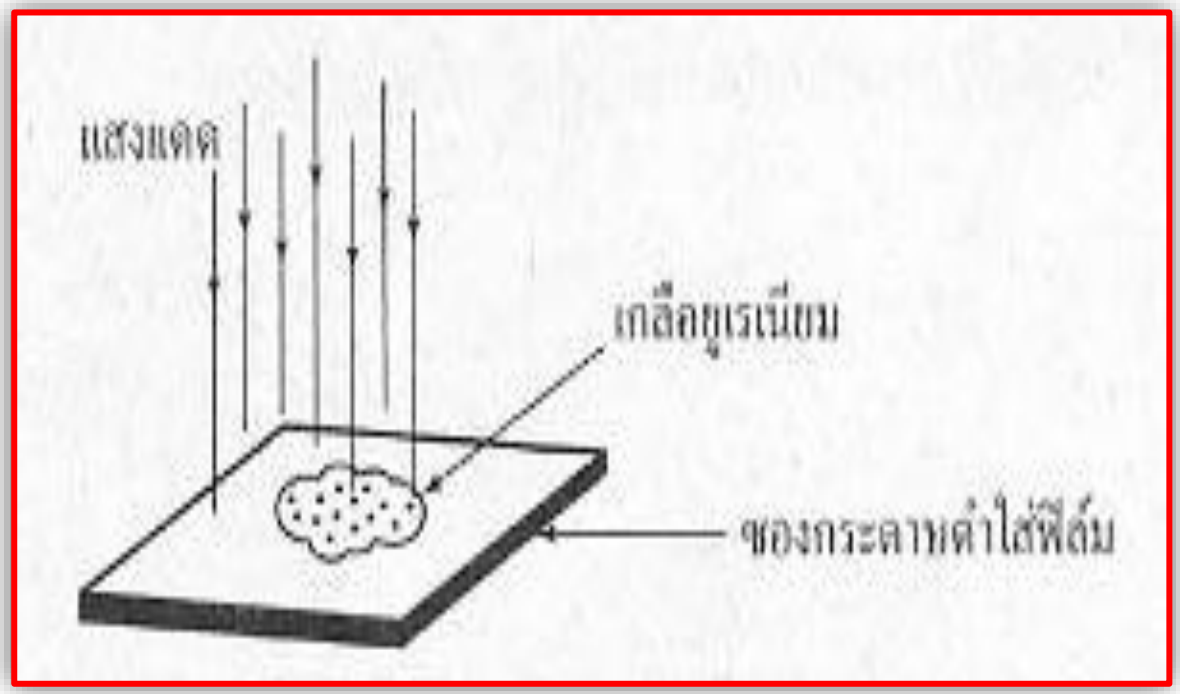
การค้นพบกัมมันตภาพรังสี(radioactivity)



ค้นพบรังสีจากนิวเคลียสเป็นคนแรก จากการหาว่ามีสารใดดูดกลืนแสงแดดแล้วปล่อยพลังงานเป็น x-ray โดยใช้สารประกอบของยูเรเนียม

กัมมันตภาพรังสี(radioactivity) คือ รังสีที่แผ่ออกมาจาก<u>สารกัมมันตรังสี</u> (radioactive element)

การค้นพบของแบ็กเคอแรลเป็นการค้นพบโดยบังเอิญ คือ เมื่อเขานำฟิล์มถ่ายรูปไว้ใกล้ๆ เกลือโพแทสเซียมยูรานิลซัลเฟต และมีกระดาษดำหุ้มปรากฏว่าเกิดรอยดำบนแผ่นฟิล์มเหมือนถูกแสง



หลังจากนั้นไม่นาน ปีแอร์ กูรี และมารี กูรี ได้ค้นพบว่า พอโลเนียม เรเดียมและทอเรียมก็สามารถแผ่รังสีได้ ปรากฏการณ์ที่ธาตุแผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่องเรียกว่า **กัมมันตภาพรังสี** ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียสของไอโซโทปที่ไม่เสถียร และเรียกธาตุที่สามารถแผ่รังสีได้ว่า **ธาตุกัมมันตรังสี**

กัมมันตภาพรังสี *(Radioactivity)*

กัมมันตภาพรังสี หมายถึง รังสีที่แผ่ออกมาได้เอง จากธาตุบางชนิด

ธาตุกัมมันตรังสี หมายถึง ธาตุที่มีในธรรมชาติที่แผ่รังสีออกมาได้เอง

เฮนรี่ เบคเคอเรล นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส เป็นผู้ค้นพบ

รังสี **เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ บางชนิดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า**

รังสีที่ได้จากธาตุกัมมันตรังสีมี 3 ชนิด คือ

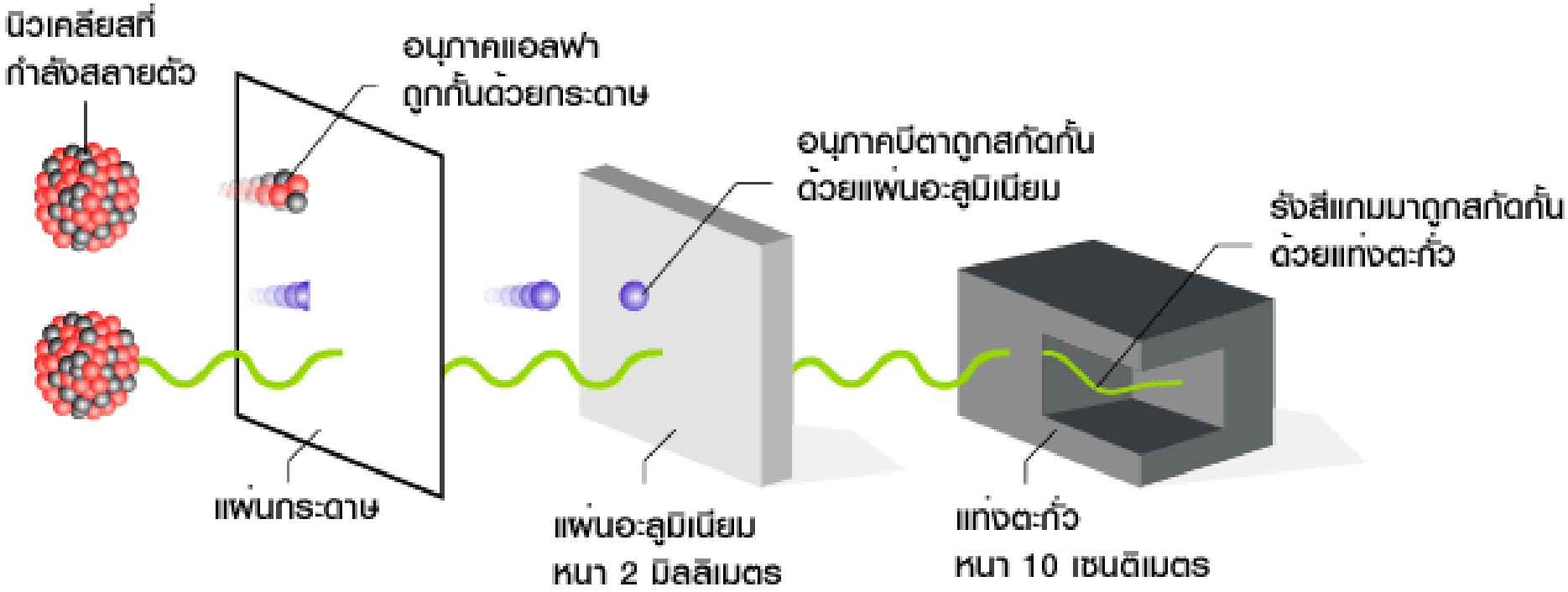
รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา

1.รังสีแอลฟา (alpha : α) คือ นิวเคลียสของอะตอมธาตุฮีเลียม $^{4}He_{2}$ มีประจุไฟฟ้า +2 มีมวลมาก ความเร็วต่ำ อำนาจทะลุทะลวงน้อย มีพลังงานสูงมากทำให้เกิดการแตกตัวเป็นอิออนได้ดีที่สุด

2.รังสีบีต้า (beta : β) มี 2 ชนิด คือ อิเล็กตรอน $^{0}e_{-1}$ (ประจุลบ) และ โฟซิตรอน $^{0}e_{+1}$ (ประจุบวก) มีความเร็วสูงมากใกล้เคียงกับความเร็วแสง

3.รังสีแกมมา (gamma : γ) คือ รังสีที่ไม่มีประจุไฟฟ้า หมายถึง โฟตอนหรือควอนตัมของแสง มีอำนาจในการทะลุทะลวงได้สูงมาก ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่ารังสีเอกซ์

รังสีทั้ง 3 ชนิด มีความสามารถในการแผ่รังสีทะลุทะลวงผ่านสิ่งต่าง ๆ ได้แตกต่างกันดังนี้



Marie Curie

พบกัมมันตภาพรังสีจาก โพโลเนียม และเรเดียม

♣รังสีจากสารกัมมันตรังสีเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียส นิวเคลียสที่ไม่เสถียรจะสลายตัวจนกว่าจะเสถียร

การสลายกัมมันตรังสี

เป็นไปตามสถิติหรือโอกาสตามธรรมชาติ

$$\frac{dN}{dt} \propto N$$

$\frac{dN}{dt}$ คือ อัตราการสลายตัว

N คือ จำนวนนิวเคลียสที่เหลืออยู่

N_0 คือ จำนวนนิวเคลียสตั้งต้น

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

เครื่องหมายลบ แสดงถึงการลดลง λ ค่าคงตัวในการสลายตัว

สมการการสลายกัมมันตรังสี

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

เวลาที่สารกัมมันตรังสีใช้ในการสลายตัวจนเหลือครึ่งหนึ่งของเดิม เมื่อตั้งต้นเรียกว่า เวลาครึ่งชีวิต*(half – life)*, $T_{1/2}$

$$\frac{1}{2} N_0 = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

หรือ

$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$$

จาก $$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

เมื่อ $$\frac{dN}{dt} = -A$$ $$A_0 = \lambda N_0$$

ดังนั้น $$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

A_0 เป็นกัมมันตภาพขณะเริ่มต้น

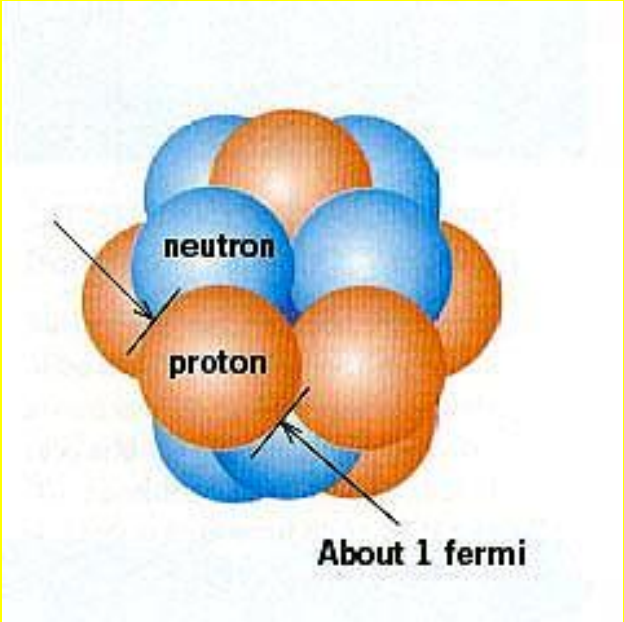
A เป็นกัมมันตภาพที่เวลา t ใดๆ

กัมมันตภาพมีหน่วยเป็นคูรี *(Ci)*

1 คูรี(Ci) $=3.7 \times 10^{10}$ เบคเคอเรล(นิวเคลียสต่อวินาที),*Bq*

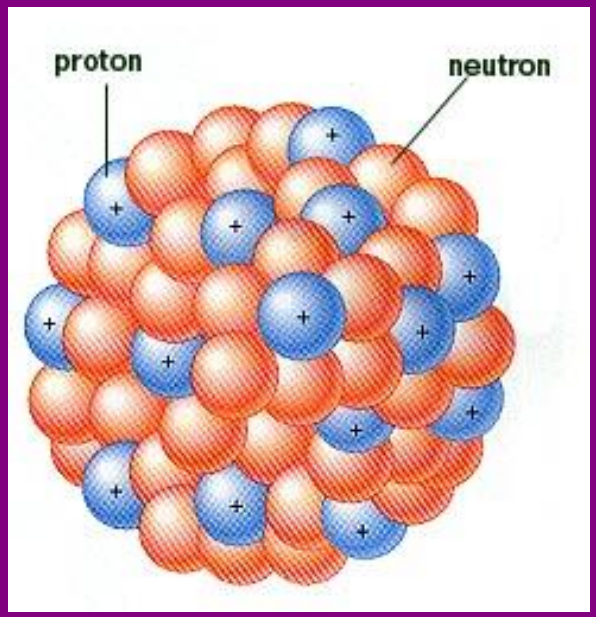
แรงนิวเคลียร์คือแรงลักษณะใด

- เป็นแรงที่ดึงดูดนิวคลีออนในนิวเคลียสไว้ด้วยกันมีค่ามากกว่าแรงคูลอมบ์ไม่น้อยกว่า 100 เท่า เกิดจากการแลกเปลี่ยนอนุภาคอน(มีมวลประมาณ 273 เท่าอิเล็กตรอน) ระหว่างนิวคลีออนที่อยู่ใกล้ๆกัน



หลักสำคัญของแรงนิวเคลียร์

1 เกิดจากการแลกเปลี่ยนอนุภาคไพ-มีซอน(นิวคลีออนอยู่ห่างกันไม่เกิน 9×10^{-15} เมตร)ในระยะทางสั้นๆ10^{-15} เมตร(1 เฟอร์มี) หรือน้อยกว่า

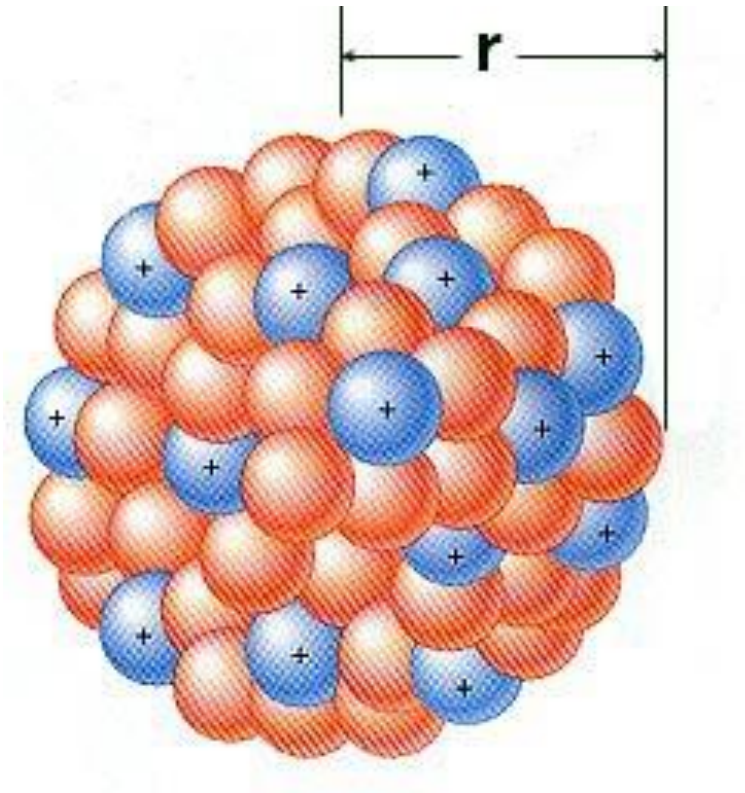


2 ไม่ขึ้นกับประจุไฟฟ้า

3 เป็นแรงกระทำระหว่างนิวคลีออนและเป็นอันตรกิริยาแบบ แรง

4 นิวคลีออนตัวหนึ่งๆจะมีแรงกระทำกับตัวที่อยู่ติดกันเท่านั้น ไม่มีแรงกระทำกับนิวคลีออนตัวที่อยู่ถัดไป

- ปริมาตรนิวเคลียสเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนนิวคลีออน(เลขมวล)ที่มีอยู่ในนิวเคลียสนั้นๆ



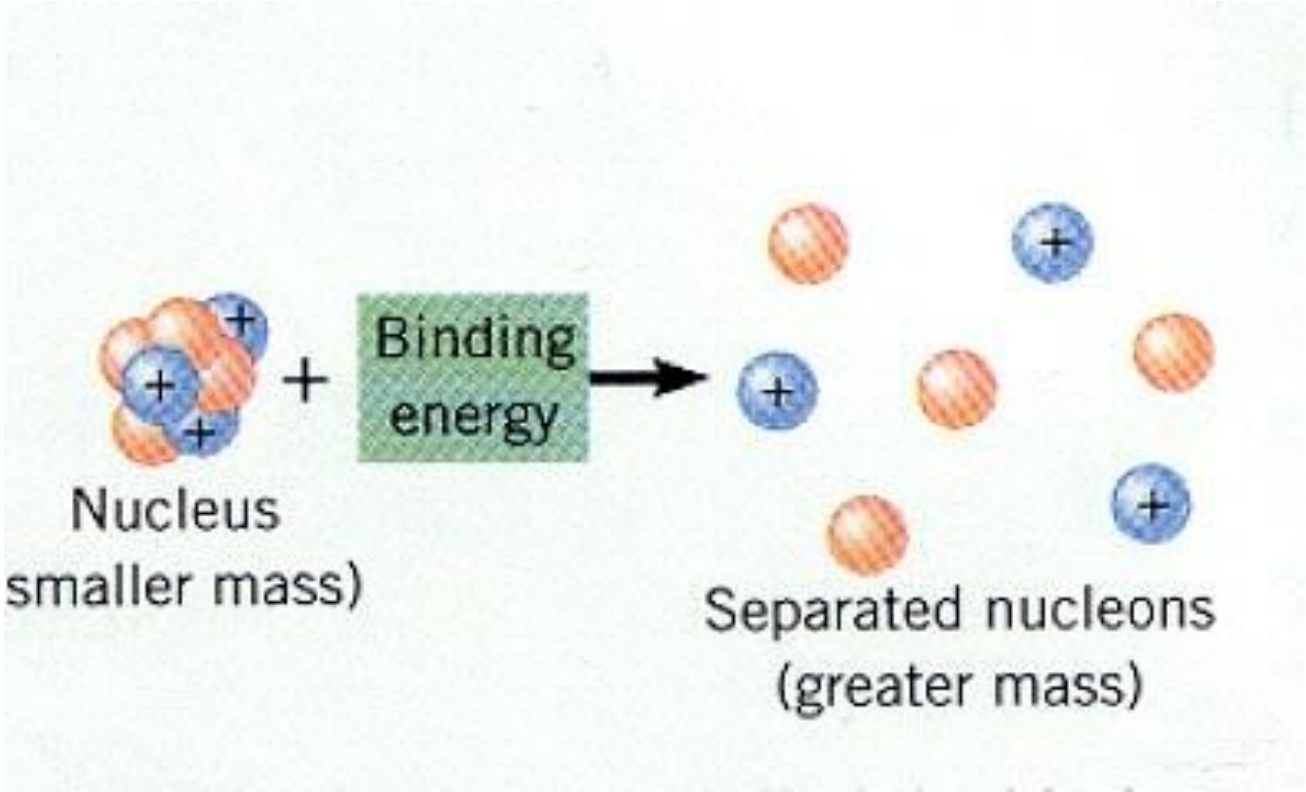
$$R \propto A^{\frac{1}{3}}$$

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$$

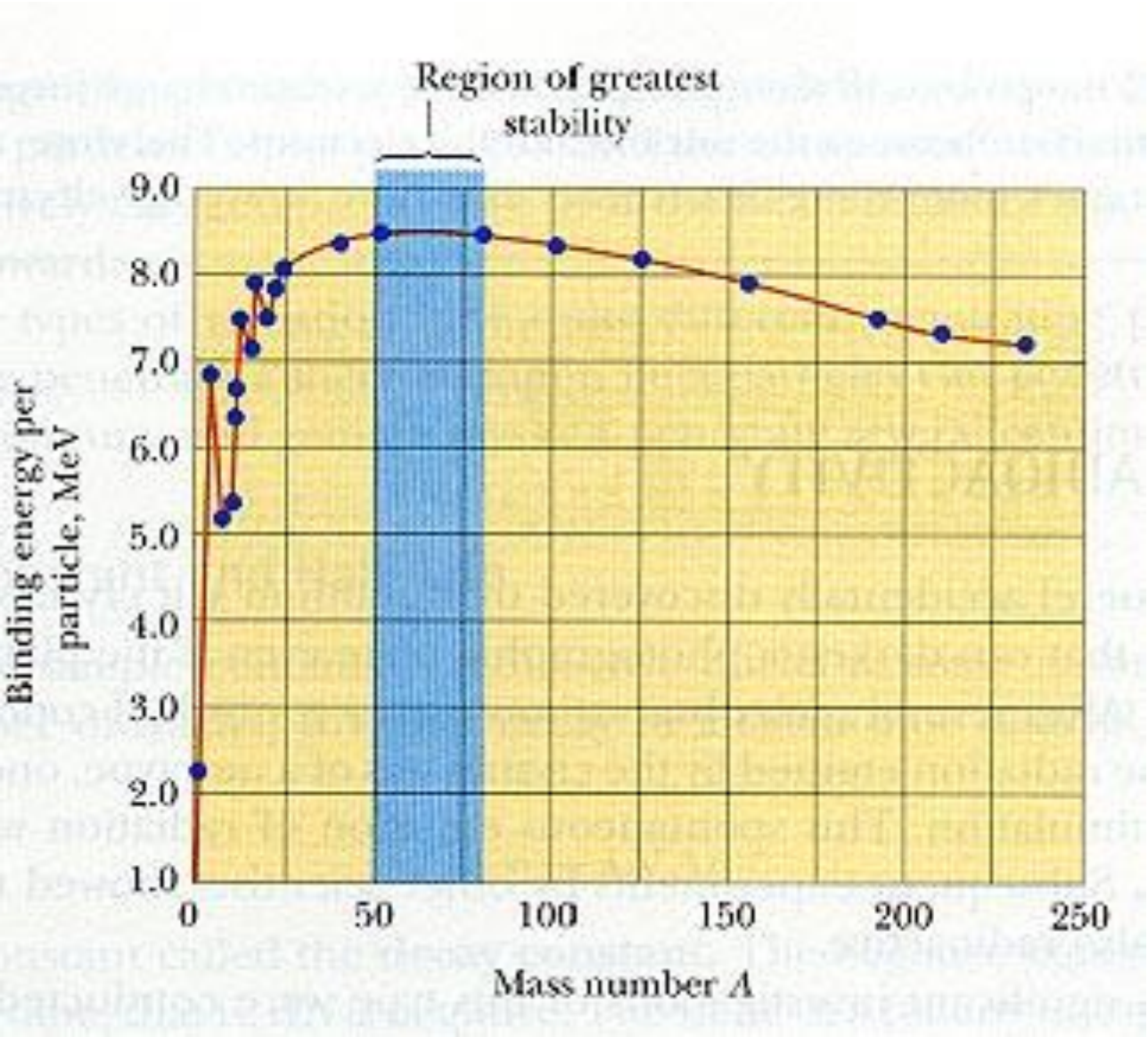
$$R_0 = 1.2 \times 10^{-15} \text{ เมตร}$$

พลังงานยึดเหนี่ยว(binding energy)

- เป็นพลังงานที่ยึดเหนี่ยวอนุภาคภายในนิวเคลียสให้อยู่รวมกันได้



พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน



- ค่าพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนสูงสุดประมาณ 8.75 *MeV*

ปฏิกิริยานิวเคลียร์(NUCLEAR REACTION)

- เมื่อนิวเคลียส สองตัวเคลื่อนที่ฝ่าแรงคูลอมบ์เข้ามาใกล้กันภายในระยะของแรงนิวเคลียร์ อาจทำให้เกิดการจัดระเบียบการเรียงตัวของนิวคลีออนภายในนิวเคลียสขึ้นใหม่ ผลที่ได้อาจกลายเป็นหนึ่งนิวเคลียสใหม่หรือมากกว่าก็ได้ เขียนปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้เป็น

$X + a \longrightarrow Y + b$ หรือ $X(a,b)Y$ ******

X = นิวเคลียสที่เป็นเป้า

a = อนุภาคที่ชนเป้า

Y = นิวเคลียสธาตุใหม่ที่เกิดขึ้นหลังการชน

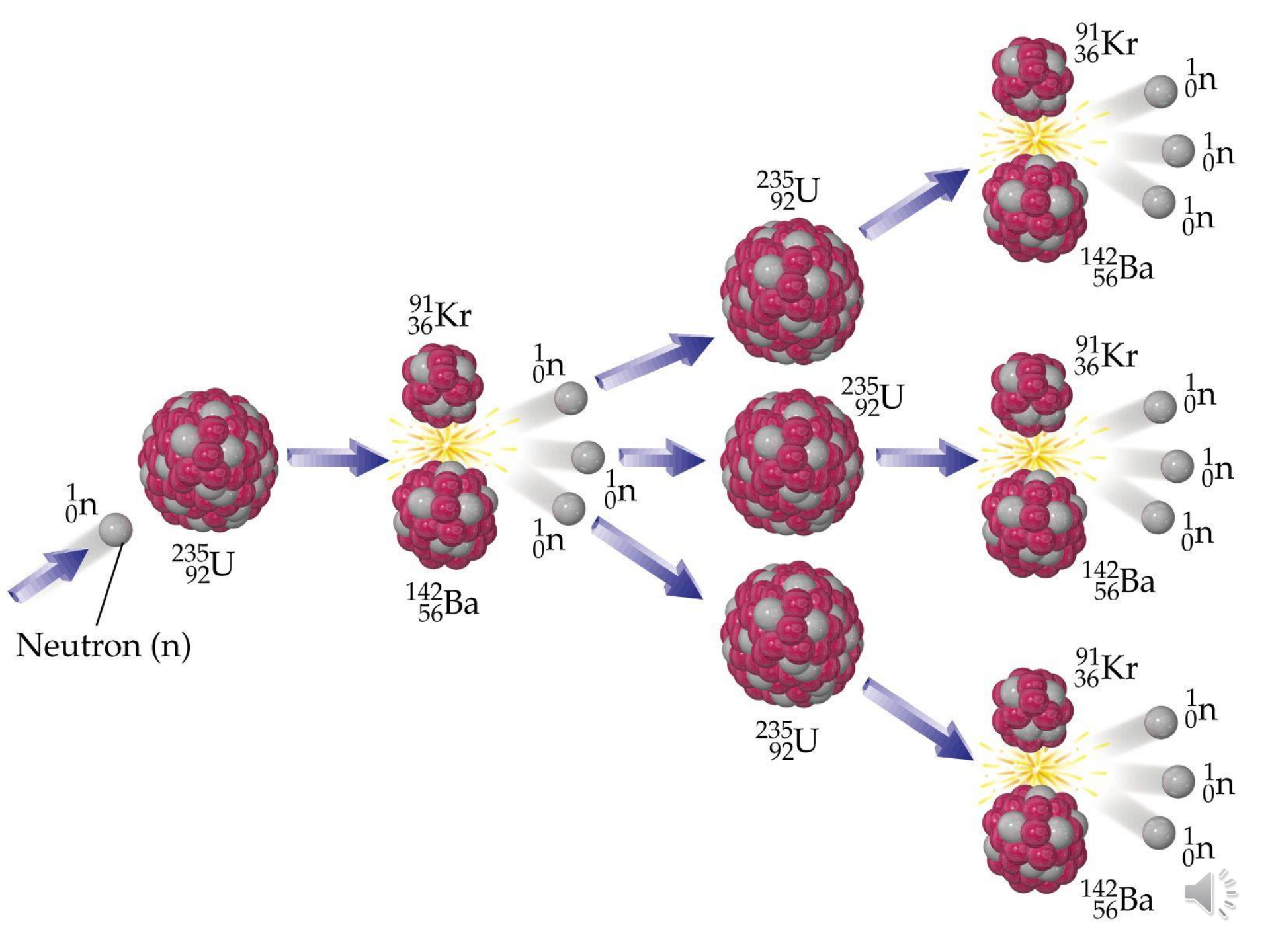
b = อนุภาคที่เกิดขึ้นหลังการชน

- รัทเทอร์ฟอร์ดเป็นคนแรกที่พบปฏิกิริยานิวเคลียร์ โดยใช้อนุภาคแอลฟา 7.68 *MeV* ยิงนิวเคลียสไนโตรเจน แล้วได้*กาซออกซิเจนกับโปรตอน*

$$\alpha + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H \qquad \Rightarrow \qquad {}^{14}_{7}N(\alpha, P){}^{17}_{8}O$$

หลักสำคัญปฏิกิริยานิวเคลียร์

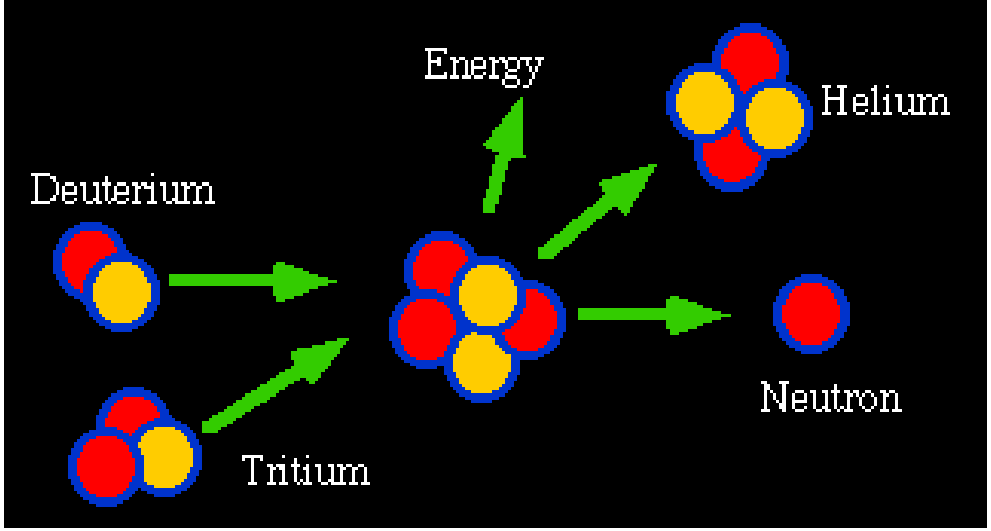
- ผลรวมของประจุไฟฟ้าและเลขมวลก่อนเกิดปฏิกิริยาและหลังปฏิกิริยาจะต้องเท่ากัน
- กฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้นและโมเมนตัมเชิงมุม
- หลักการสมมูลของมวลและพลังงาน ตามทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์ มวลสารและพลังงานทั้งหมดของระบบต้องคงตัว

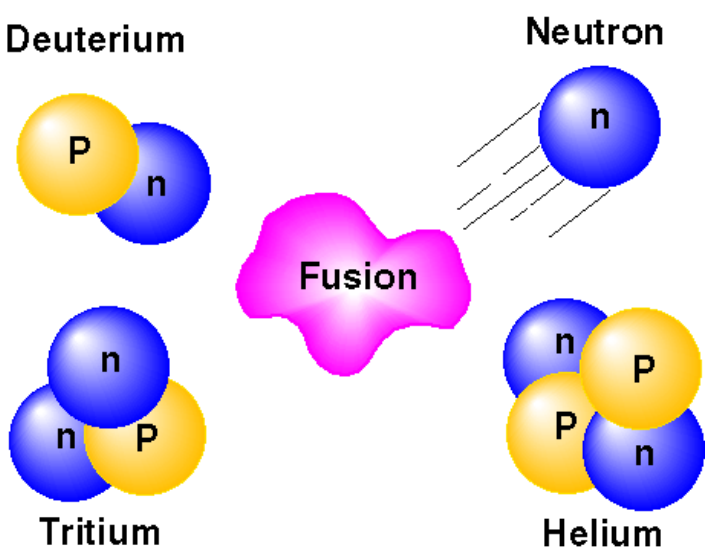

$^{1}_{0}n$
$^{235}_{92}U$
Neutron (n)
$^{91}_{36}Kr$
$^{142}_{56}Ba$
$^{1}_{0}n$
$^{1}_{0}n$
$^{1}_{0}n$
$^{235}_{92}U$
$^{235}_{92}U$
$^{235}_{92}U$
$^{91}_{36}Kr$
$^{142}_{56}Ba$
$^{1}_{0}n$
$^{1}_{0}n$
$^{1}_{0}n$
$^{91}_{36}Kr$
$^{142}_{56}Ba$
$^{1}_{0}n$
$^{1}_{0}n$
$^{1}_{0}n$
$^{91}_{36}Kr$
$^{142}_{56}Ba$
$^{1}_{0}n$
$^{1}_{0}n$
$^{1}_{0}n$

ขั้นตอนกระบวนการแบ่งแยกนิวเคลียส

- นิวเคลียสธาตุหนักจับนิวตรอน
- ผลของการจับนิวตรอนนิวเคลียสธาตุหนักอยู่ในสถานะกระตุ้น มีการสั่นอย่างรุนแรง
- แรงผลักระหว่างโปรตอนจะทำให้เกิดการบิดเบี้ยวยิ่งขึ้น
- นิวเคลียสแตกออกเป็นสองส่วน โดยมีนิวตรอนจำนวนหนึ่ง 2-3 ตัว และพลังงาน

- กระบวนการแบ่งแยกนิวเคลียสจะมีนิวตรอนจำนวนหนึ่ง 2-3 ตัวในแต่ละปฏิกิริยา ซึ่งนิวตรอนใหม่นี้อาจวิ่งชนนิวเคลียสของยูเรเนียมต่อไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่อง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเรียกว่าปฏิกิริยาลูกโซ่(chain reaction) ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในช่วงเวลาน้อยกว่า 10^{-6} วินาที จึงให้ค่าพลังงานมหาศาล





- *Hans Bethe* อธิบายว่า *การเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบหลอมนิวเคลียสเกิดจากการหลอมตัวของนิวเคลียสเบาสองนิวเคลียสแล้วกลายเป็นนิวเคลียสหนักหนึ่งนิวเคลียส และปล่อยพลังงานมหาศาลออกมา*
- กระบวนการหลอมนิวเคลียสเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 10 ล้านเคลวิน ภายใต้ความดันสูง

ประโยชน์ของธาตุกัมมันตรังสี

1. ด้านธรณีวิทยา มีการใช้ C-14 คำนวณหาอายุของวัตถุโบราณ หรืออายุของซากดึกดำบรรพ์ซึ่งหาได้ดังนี้ ในบรรยากาศมี C-14 ซึ่งเกิดจากไนโตรเจน รวมตัวกับนิวตรอนจากรังสีคอสมิกจนเกิดปฏิกิริยา แล้ว C-14 ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน แล้วผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช และสัตว์กินพืช คนกินสัตว์และพืช ในขณะที่พืชหรือสัตว์ยังมีชีวิตอยู่ C-14 จะถูกรับเข้าไปและขับออกตลอดเวลา เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง การรับ C-14 ก็จะสิ้นสุดลงและมีการสลายตัวทำให้ปริมาณลดลงเรื่อยๆ ตามครึ่งชีวิตของ C-14 ซึ่งเท่ากับ 5730 ปี

2. ด้านการแพทย์ ใช้รักษาโรคมะเร็ง ในการรักษาโรคมะเร็งบางชนิดกระทำได้โดยการฉายรังสีแกมมาที่ได้จาก โคบอลต์-60 เข้าไปทำลายเซลล์มะเร็ง ผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งในระยะแรกสามารถรักษาให้หายขาดได้ แล้วยังใช้โซเดียม-24 ที่อยู่ในรูปของ NaCl ฉีดเข้าไปในเส้นเลือด เพื่อตรวจการไหลเวียนของโลหิต โดย โซเดียม-24 จะสลายให้รังสีบีตา ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ และสามารถบอกได้ว่ามีการตีบตันของเส้นเลือดหรือไม่

3. ด้านเกษตรกรรม มีการใช้ธาตุกัมมันตรังสีติดตามระยะเวลาการหมุนเวียนแร่ธาตุในพืช โดยเริ่มต้นจากการดูดซึมที่รากจนกระทั่งถึงการคายออกที่ใบ หรือใช้ศึกษาความต้องการแร่ธาตุของพืช

โทษของธาตุกัมมันตภาพรังสี

รังสีมีอันตรายต่อมนุษย์ ผลของรังสีต่อมนุษย์สามารถแยกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. ผลทางพันธุกรรม
2. ความป่วยไข้จากรังสี

หลักในการป้องกันอันตรายจากรังสีมีดังนี้

- ใช้เวลาเข้าใกล้บริเวณที่มีกัมมันตภาพรังสีให้น้อยที่สุด
- พยายามอยู่ให้ห่างจากกัมมันตภาพรังสีให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
- ใช้ตะกั่ว คอนกรีต น้ำ หรือพาราฟิน เป็นเครื่องกำบังบริเวณที่มีการแผ่รังสี