# ธาตุกัมมันตรังสี
# และปฏิกิริยานิวเคลียร์

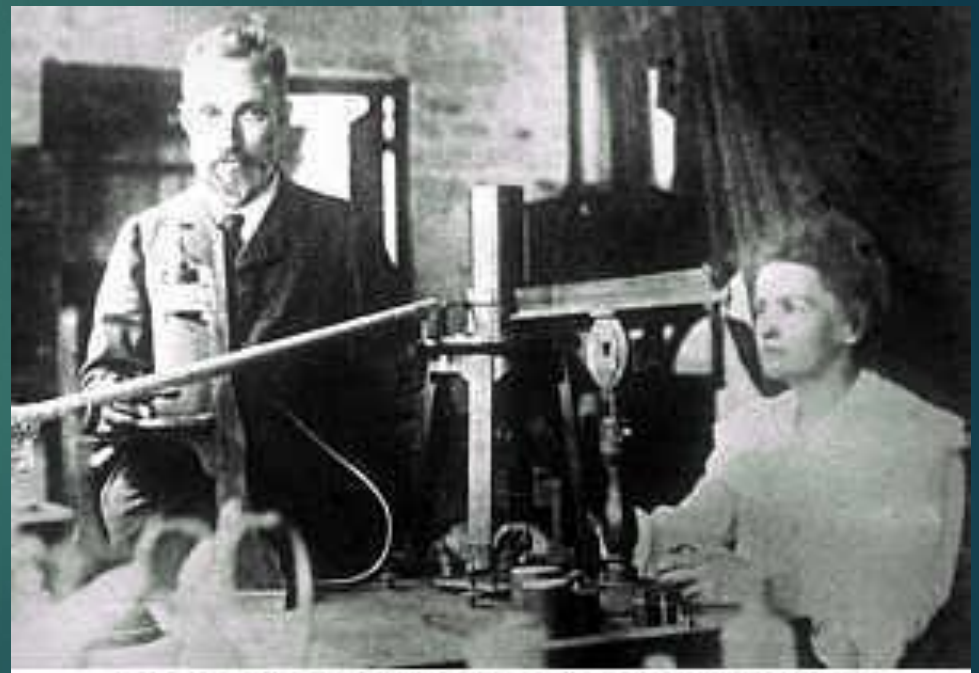
# ธาตุกัมมันตรังสี

- ในปี พ.ศ.2439 **ออองตวน ออองรี เบ็กเคอเรล พบว่า** เมื่อเก็บแผ่นฟิล์มที่หุ้มด้วยกระดาษสีดำไว้กับสารประกอบของยูเรเนียม ฟิล์มจะมีลักษณะเหมือนถูกแสง และเมื่อทำการทดลองกับสารประกอบของยูเรเนียมชนิดอื่นๆ ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน จึง **สรุปว่าน่าจะมีรังสีแผ่ออกมาจากธาตุ**

Henri Becquerel (CIE 1998)

# ธาตุกัมมันตรังสี

- ต่อมาปีแอร์ และมารี กูรี พบว่าธาตุพอโลเนียม เรเดียม และทอเรียม สามารถแผ่รังสีได้เช่นเดียวกัน
- ปรากฏการณ์ที่ธาตุแผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่องเรียกว่า กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)
- ธาตุที่มีสมบัติแผ่รังสีได้ เรียกว่า ธาตุกัมมันตรังสี



Pierre & Marie Curie (IBM Worldbook 1999)

# ชนิดและสมบัติของการแผ่รังสี

## 1. รังสีแอลฟา

- สัญลักษณ์ คือ $\alpha$ หรือ ${}^{4}_{2}He$
- เป็นอนุภาคที่มีโปรตอน และนิวตรอนอย่างละ 2 อนุภาค
- มีประจุไฟฟ้า +2 มีเลขมวล 4
- มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำมาก ไม่สามารถผ่านแผ่นกระดาษหรือโลหะบางๆ ได้
- เบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้าโดยเบนเข้าหาขั้วลบ

# ชนิดและสมบัติของการแผ่รังสี

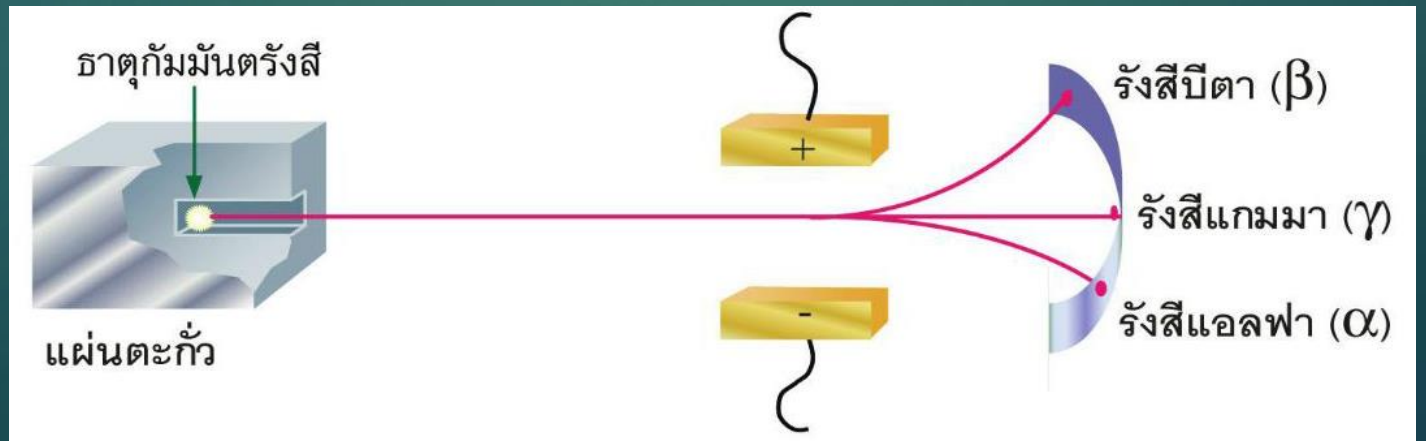
## 2. รังสีบีตา

- สัญลักษณ์ คือ $\beta$ หรือ ${}^{0}_{-1}e$
- มีประจุไฟฟ้า -1 มีมวลเท่ากับมวลของอิเล็กตรอน
- มีอำนาจทะลุทะลวงสูงกว่ารังสีแอลฟาถึง 100 เท่า
- สามารถผ่านแผ่นโลหะบางๆ เช่นแผ่นตะกั่วหนา 1 mm หรือแผ่นอะลูมิเนียมหนา 5 mm
- มีความเร็วใกล้เคียงความเร็วแสง
- เบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้าโดยเบนเข้าหาขั้วบวก

# ชนิดและสมบัติของการแผ่รังสี

## 3. รังสีแกมมา

- เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก
- ไม่มีประจุ และไม่มีมวล
- มีอำนาจทะลุทะลวงสูงมากสามารถทะลุผ่านแผ่นตะกั่วหนา 8 mm หรือผ่านแผ่นคอนกรีตหนา ๆ ได้



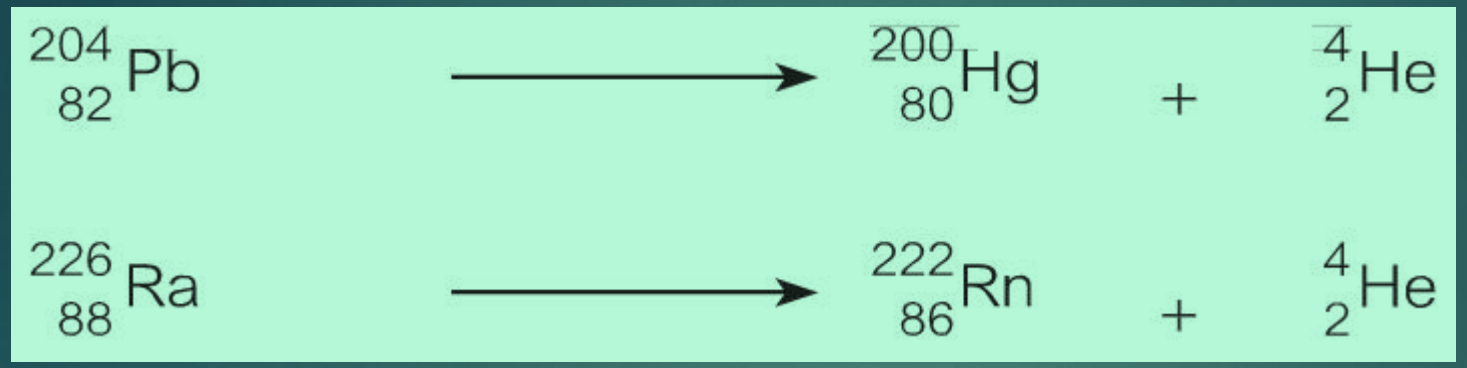
# ชนิดและสมบัติของการแผ่รังสี

## รังสีชนิดอื่น ๆ

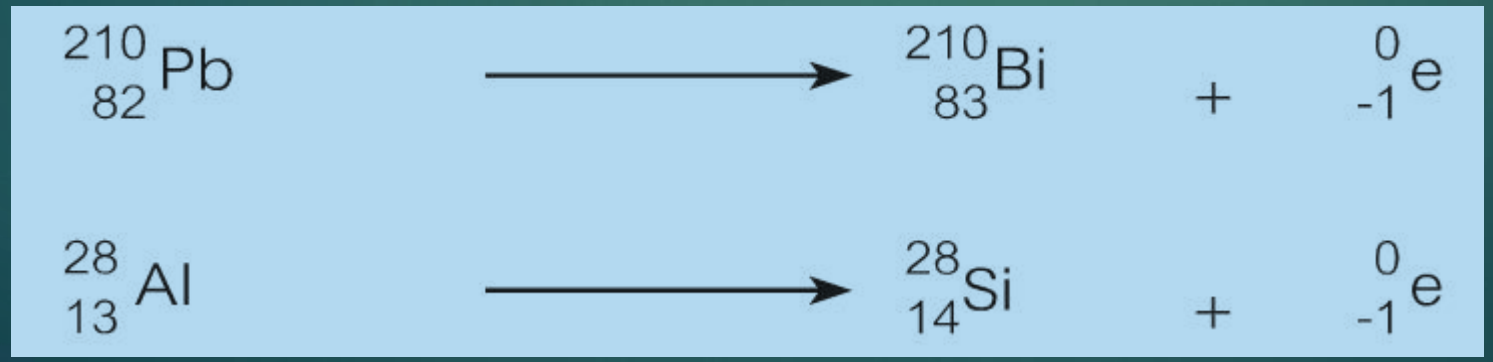
- โพซิตรอน ($\beta^+$) สัญลักษณ์ คือ ${}^{0}_{+1}e$
- โปรตอน (p) สัญลักษณ์ คือ ${}^{1}_{1}H$
- ดิวเทอรอน (D) สัญลักษณ์ คือ ${}^{2}_{1}H$
- ทริทอน (T) สัญลักษณ์ คือ ${}^{3}_{1}H$
- นิวตรอน (n) สัญลักษณ์ คือ ${}^{1}_{0}n$

# การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

## 1. รังสีแอลฟา

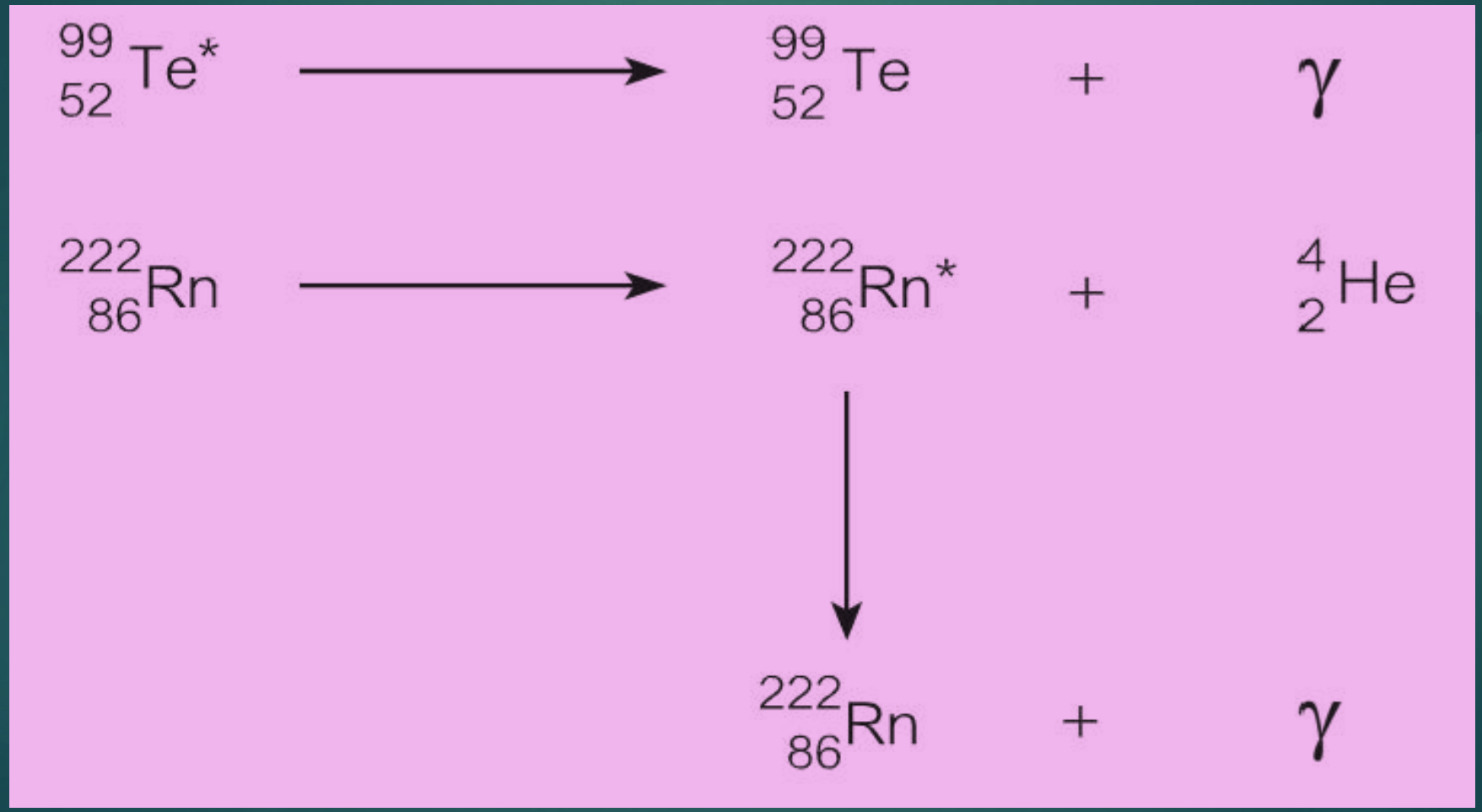



## 2. รังสีบีตา



# การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

## 3. รังสีแกมมา



# ปฏิกิริยานิวเคลียร์

## 1. ปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission reaction)

- นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่าเมื่อยิงอนุภาคนิวตรอนไปยังนิวเคลียสของ U-235 นิวเคลียสจะแตกออกเป็นนิวเคลียสของธาตุที่เบากว่าดังตัวอย่าง เช่น

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{142}_{56}Ba + {}^{91}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + \text{พลังงาน} $$

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{137}_{52}Te + {}^{97}_{40}Zr + 2\,{}^{1}_{0}n + \text{พลังงาน} $$

# ปฏิกิริยานิวเคลียร์

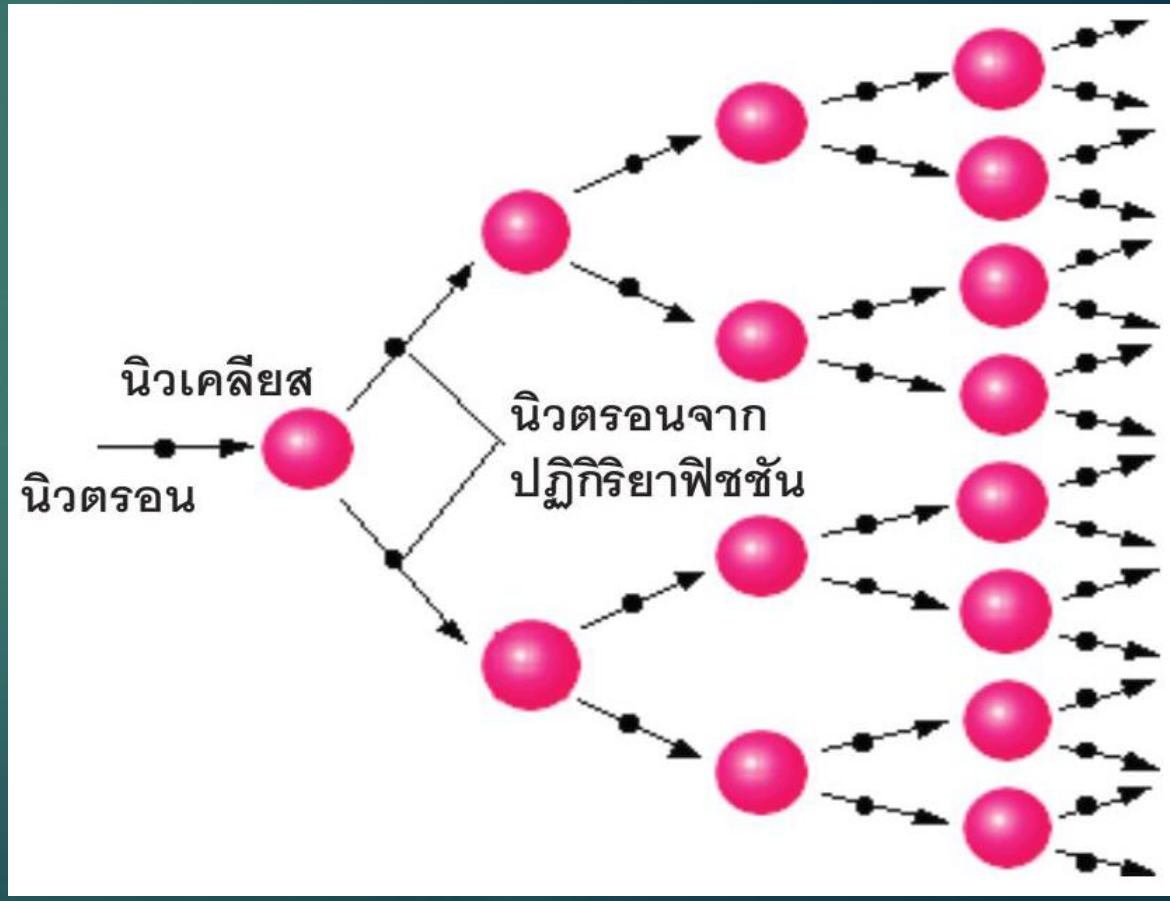
## 1. ปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission reaction)

- กระบวนการที่นิวเคลียสของธาตุหนักบางชนิดแตกออกเป็นไอโซโทปของธาตุที่เบากว่า เรียกว่า ปฏิกิริยาฟิชชัน (fission reaction)
- ธาตุอื่นที่สามารถเกิดปฏิกิริยาฟิชชันได้ เช่น U-238 หรือ Pu-239
- การเกิดปฏิกิริยาฟิชชันแต่ละครั้งจะคายพลังงานออกมาจำนวนมาก และได้ไอโซโทปกัมมันตรังสีหลายชนิด
- การเกิดปฏิกิริยาฟิชชันต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ เรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction)

# ปฏิกิริยานิวเคลียร์

## 1. ปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission reaction)

- ปฏิกิริยาฟิชชันที่เกิดขึ้นภายใต้ภาวะที่เหมาะสมจะได้จำนวนนิวตรอนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ปฏิกิริยาฟิชชันดำเนินไปอย่างรวดเร็วและปล่อยพลังงานออกมาจำนวนมหาศาล ถ้าไม่สามารถควบคุมปฏิกิริยาได้อาจเกิดการระเบิดอย่างรุนแรง



# ปฏิกิริยานิวเคลียร์

## 2. ปฏิกิริยาฟิวชัน (Fusion reaction)

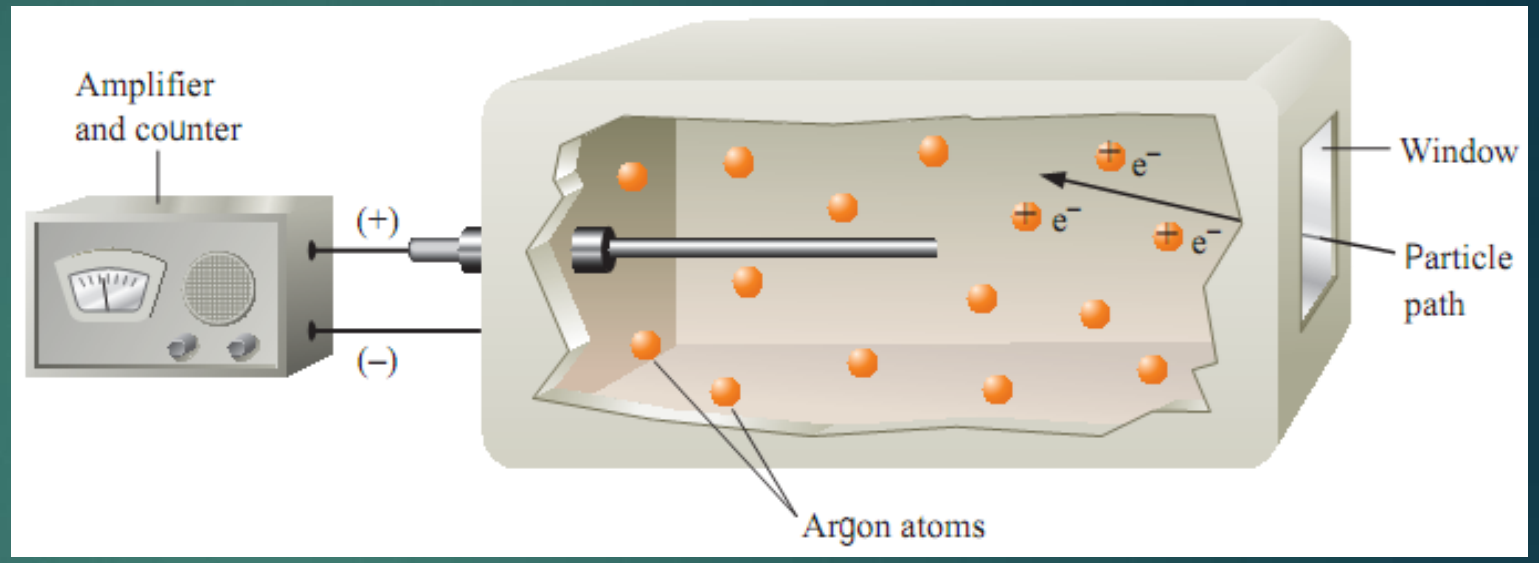
- ในกรณีที่นิวเคลียสของธาตุเบาสองชนิดหลอมรวมกันเกิดเป็นนิวเคลียสใหม่ที่มีมวลสูงกว่าเดิมและให้พลังงานปริมาณมากดังตัวอย่าง

- กระบวนการนี้เรียกว่า ปฏิกิริยาฟิวชัน (fusion reaction)

# วิธีตรวจสอบการแผ่รังสีของสาร

1. ใช้ฟิล์มถ่ายรูปหุ้ม

2. ใช้สารที่เรืองแสง




3. ใช้เครื่องมือไกเกอร์มูลเลอร์เคาน์เตอร์ตรวจสอบ

4. ใช้เครื่องวัดรังสีห้องหมอก (Cloud Chamber)

# ประโยชน์ของธาตุกัมมันตรังสี

1. ด้านธรณีวิทยา

- ใช้คาร์บอน -14 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 5730 ปี หาอายุของวัตถุโบราณที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ กระดูก หรือสารอินทรีย์อื่น ๆ

# ประโยชน์ของธาตุกัมมันตรังสี

2. ด้านการแพทย์

- ไอโอดีน-131 ใช้ดูความผิดปกติของต่อมไทรอยด์
- ไอโอดีน-132 ใช้ติดตามดูภาพสมอง
- โซเดียม-24 ฉีดเข้าเส้นเลือดโดยตรงเพื่อดูระบบการไหลเวียนของเลือด
- เทคนีเชียม-99 รับประทานเมื่อต้องการดูภาพหัวใจ ตับ ปอด
- โคบอลต์-60 หรือ เรเดียม-226 ใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง

# ประโยชน์ของธาตุกัมมันตรังสี

3. ด้านการเกษตรกรรม

- ฟอสฟอรัส-32 ใช้จำนวนเล็กน้อยผสมกับฟอสฟอรัสที่ไม่มีรังสีเพื่อทำปุ๋ย แล้วใช้เครื่องไกเกอร์ มูลเลอร์ เคาน์เตอร์ตรวจวัดรังสีที่ใบของพืช
- ใช้รังสีเพื่อการปรับปรุงเมล็ดพันธุ์พืชให้ได้พันธุกรรมตามต้องการโดยการนำเมล็ดพันธุ์พืชมาอาบรังสีนิวตรอนในปริมาณและระยะเวลาที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการกลายพันธุ์

# ประโยชน์ของธาตุกัมมันตรังสี

4. ด้านอุตสาหกรรม

- ใช้ตรวจหารอยตำหนิในโลหะหรือรอยรั่วของท่อขนส่งของเหลว
- ใช้วัดความหนาของวัตถุเนื่องจากรังสีแต่ละชนิดทะลุวัตถุได้ดีไม่เท่ากัน

# ประโยชน์ของธาตุกัมมันตรังสี

4. ด้านอุตสาหกรรม

- โคบอลต์-60 ใช้ซึ่งจะให้รังสีแกมมาที่ไม่มีผลตกค้าง และรังสีจะทำลายแบคทีเรีย จึงช่วยเก็บรักษาอาหารไว้ได้นานหลายวันหลังจากการผ่านรังสีเข้าไปในอาหารแล้ว

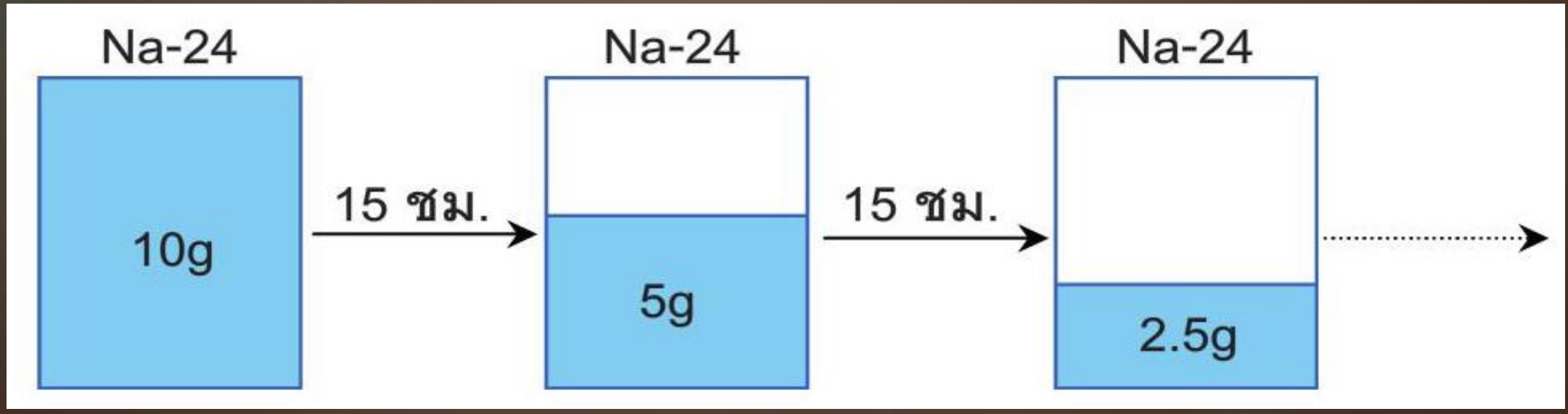
# ครึ่งชีวิตของ ธาตุคัมมันตรังสี

# ครึ่งชีวิต

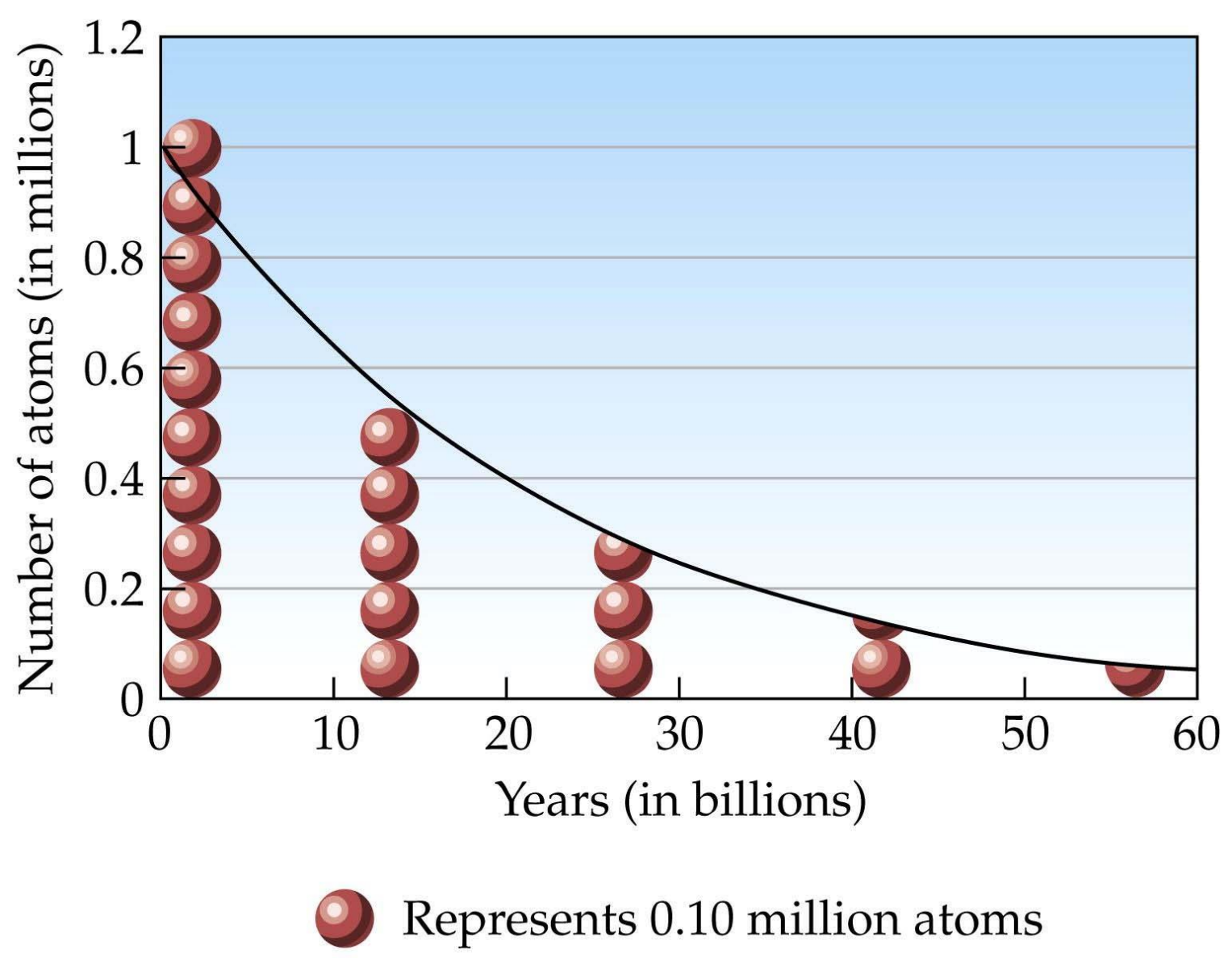
- ครึ่งชีวิต หมายถึง ระยะเวลาที่นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวจนเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม
- ใช้สัญลักษณ์ คือ $t_{1/2}$
- เช่น Na-24 มีครึ่งชีวิต 15 ชั่วโมง หมายความว่า ถ้าเริ่มต้นมี Na-24 10 กรัม นิวเคลียสนี้จะสลายตัวให้รังสีออกมาจนกระทั่งเวลาผ่านไปครบ 15 ชั่วโมง จะมี Na-24 เหลือ 5 กรัม และเมื่อเวลาผ่านไปอีก 15 ชั่วโมงจะมี Na-24 เหลืออยู่ 2.5 กรัม และเวลาผ่านไปทุก ๆ 15 ชั่วโมง Na-24 จะสลายตัวไปเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม

# ครึ่งชีวิต

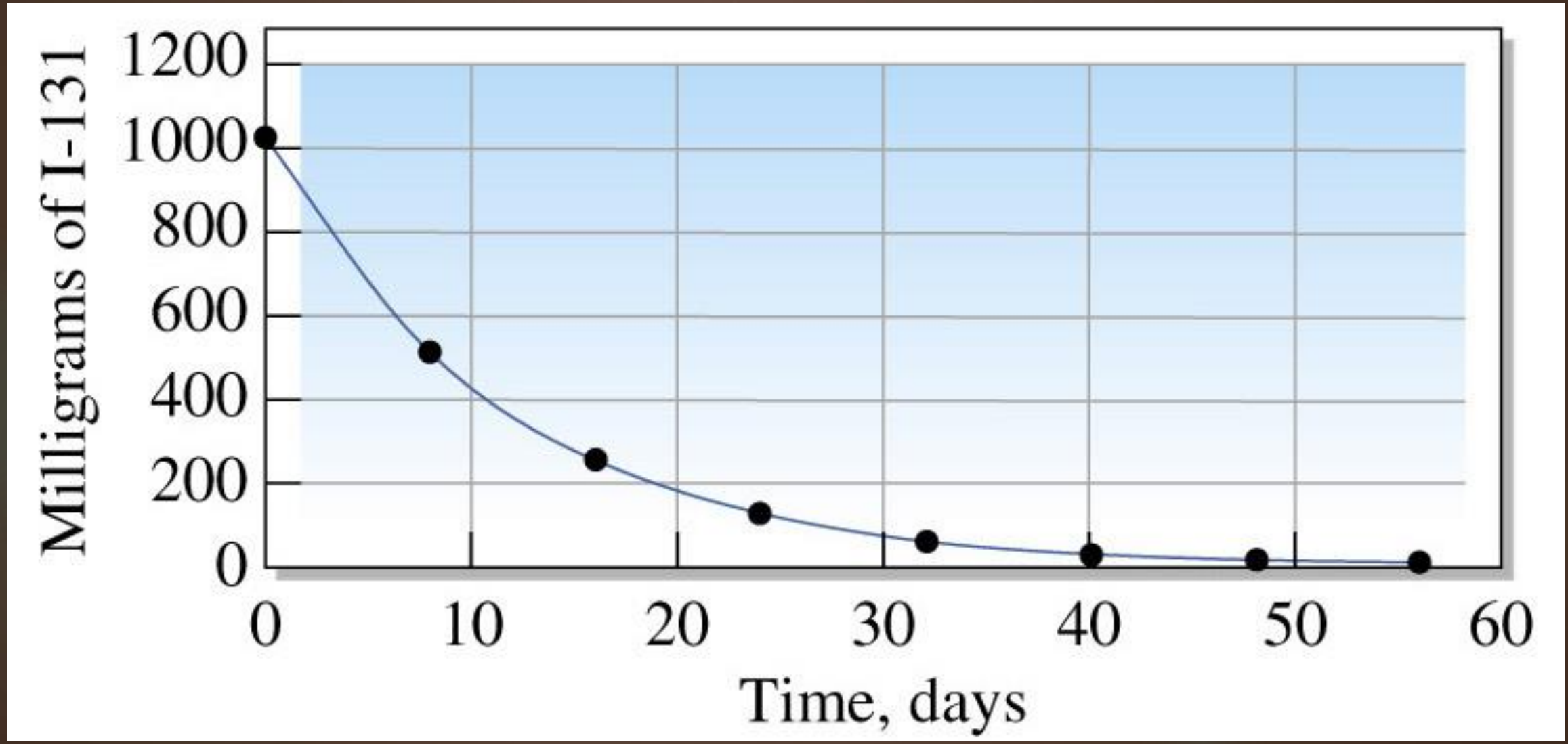
- เช่น Na-24 มีครึ่งชีวิต 15 ชั่วโมง หมายความว่า ถ้าเริ่มต้นมี Na-24 10 กรัม นิวเคลียสนี้จะสลายตัวให้รังสีออกมาจนกระทั่งเวลาผ่านไปครบ 15 ชั่วโมง จะมี Na-24 เหลือ 5 กรัม และเมื่อเวลาผ่านไปอีก 15 ชั่วโมงจะมี Na-24 เหลืออยู่ 2.5 กรัม และเวลาผ่านไปทุก ๆ 15 ชั่วโมง Na-24 จะสลายตัวไปเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม



# ครึ่งชีวิต


Number of atoms (in millions)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
10
20
30
40
50
60
Years (in billions)
Represents 0.10 million atoms

# กราฟครึ่งชีวิตของ I-131



# ครึ่งชีวิตของธาตุบางชนิด

**Half-lives of Representative Radioactive Nuclides**

| Nuclide | Half-life[a] | Typical Use |
|---|---|---|
| Hydrogen-3 | 12.26 y | Biochemical tracer |
| Carbon-11 | 20.39 min | PET scans |
| Carbon-14 | 5730 y | Dating of artifacts |
| Sodium-24 | 14.659 h | Tracer, cardiovascular system |
| Phosphorus-32 | 14.3 d | Biochemical tracer |
| Potassium-40 | $1.25 \times 10^9$ y | Dating of rocks |
| Iron-59 | 44.496 d | Tracer, red blood cell lifetime |
| Cobalt-60 | 5.271 y | Radiation treatment of cancer |
| Strontium-90 | 28.5 y | No present use |
| Iodine-131 | 8.040 d | Tracer, thyroid studies |
| Radium-226 | $1.60 \times 10^3$ y | Radiation therapy for cancer |
| Uranium-238 | $4.51 \times 10^9$ y | Dating of rocks and Earth's crust |

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

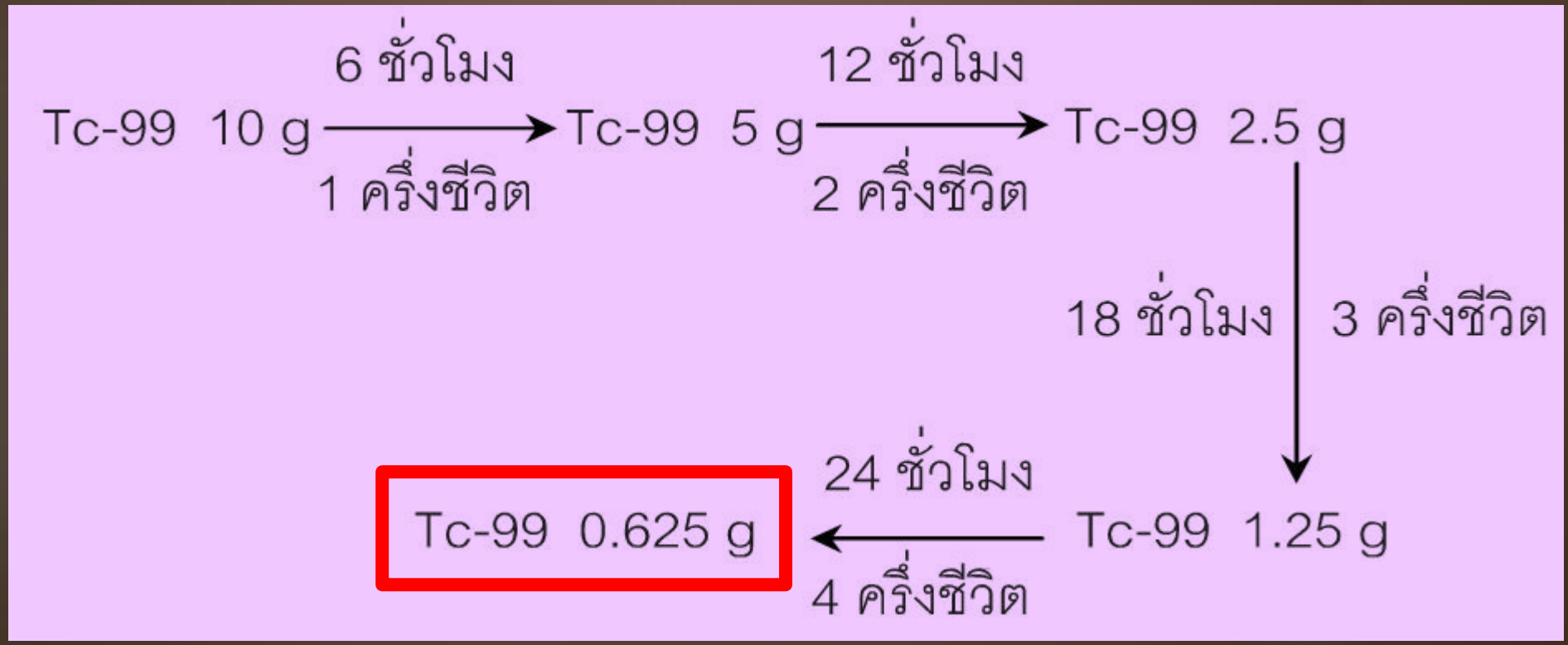
# ครึ่งชีวิตของธาตุบางชนิด

ตัวอย่างครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสีบางชนิด

| ไอโซโทปกัมมันตรังสี | ครึ่งชีวิต | รังสีที่แผ่ออก |
|---|---|---|
| $^{214}_{84}Po$ | $1.6 \times 10^{-4}$ วินาที | $\alpha$ |
| $^{131}_{53}I$ | 8.1 วัน | $\beta$ |
| $^{60}_{27}Co$ | 5.3 ปี | $\beta$ |
| $^{226}_{88}Ra$ | 1600 ปี | $\alpha$ และ $\gamma$ |
| $^{14}_{6}C$ | 5730 ปี | $\beta$ |
| $^{238}_{92}U$ | $4.5 \times 10^{9}$ ปี | $\alpha$ |

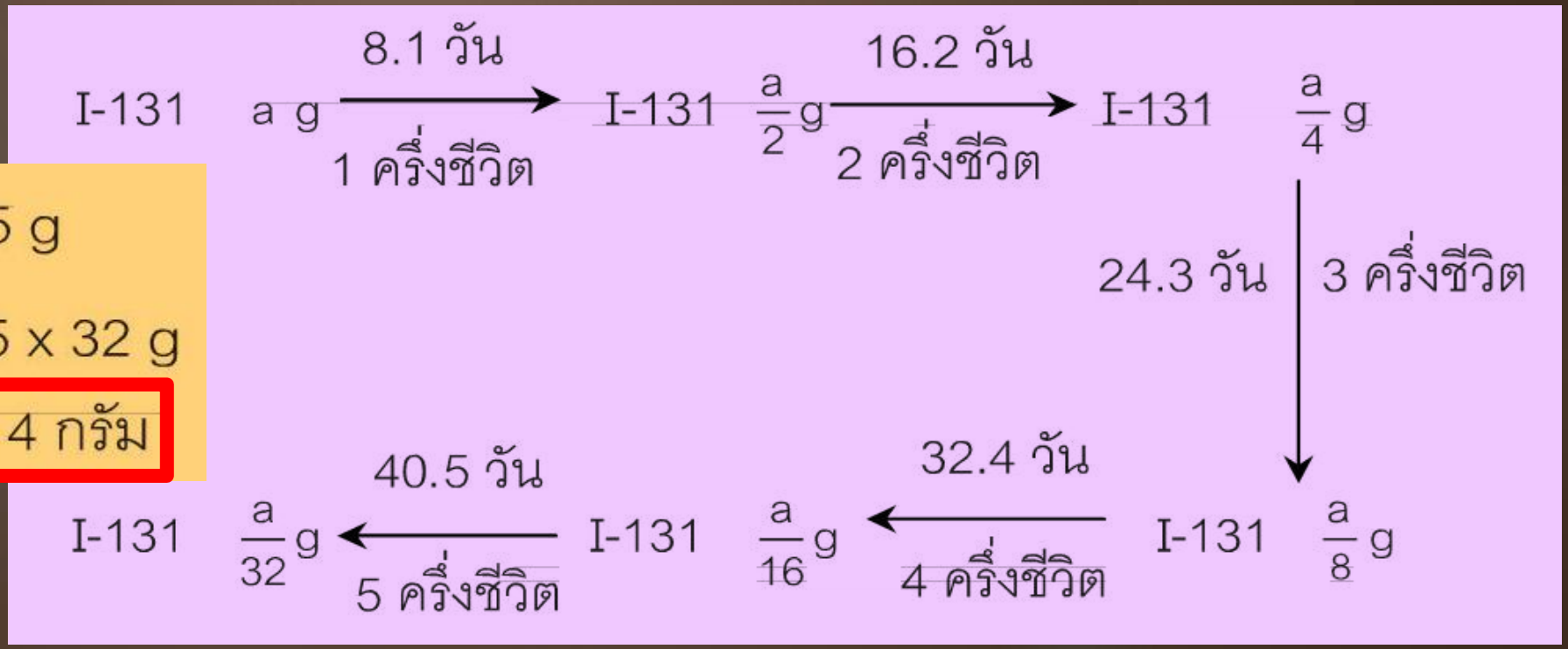
# การคำนวณครึ่งชีวิตของธาตุ

ตัวอย่างที่ 1 จงหาปริมาณของ Tc-99 ที่เหลือเมื่อวาง Tc-99 จำนวน 10 กรัม ไว้นาน 24 ชั่วโมง และ Tc-99 มีครึ่งชีวิต 6 ชั่วโมง



# การคำนวณครึ่งชีวิตของธาตุ

**ตัวอย่างที่ 2** จงหาปริมาณ I-131 เริ่มต้น เมื่อนำ I-131 จำนวนหนึ่งมาวางไว้เป็นเวลา 40.5 วัน ปรากฏว่ามีมวลเหลือ 0.125 กรัม ครึ่งชีวิตของ I-131 เท่ากับ 8.1 วัน




$$\frac{a}{32} = 0.125 \text{ g}$$

$$a = 0.125 \times 32 \text{ g}$$

I-131 เริ่มต้นมีมวล 4 กรัม