

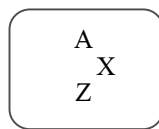
## บทที่ 20 ฟิสิกส์นิวเคลียร์

ฟิสิกส์นิวเคลียร์ (Nuclear Physics) เป็นสาขาหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ที่ศึกษาสมบัติของนิวเคลียส และกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับนิวเคลียสที่เรียกว่า ปฏิกิริยานิวเคลียร์

**นิวเคลียสของอะตอม** คือ อนุภาคที่อยู่ตรงกลางของอะตอม ประกอบด้วยอนุภาค 2 ชนิด คือ โปรตอน (proton) และนิวตรอน (neutron)

**นิวคลีออน (Nucleon)** คือ อนุภาคที่เป็นองค์ประกอบของนิวเคลียส = จำนวนโปรตอน + จำนวนนิวตรอน

สัญลักษณ์ของนิวเคลียร์ (nuclear symbol) หรือที่เรียกว่านิวไคลด์ (nuclide) ชนิดหนึ่งของธาตุ จะใช้จำนวนโปรตอนและนิวตรอนในการระบุชนิดของนิวไคลด์ ดังต่อไปนี้



โดย  $Z$  แทนเลขอะตอม (atomic number) คือ จำนวนของโปรตอนในนิวเคลียสนั้น

$n$  แทนเลขนิวตรอน (neutron number) คือ จำนวนของนิวตรอนในนิวเคลียสนั้น

$A$  แทนเลขมวล (mass number) คือ จำนวนนิวคลีออนทั้งหมดในนิวเคลียสนั้น

$$\text{หรือ } A = Z + n$$

$X$  แทนสัญลักษณ์ทางเคมี (chemical symbol) คือ สัญลักษณ์ของธาตุทางเคมี

### ไอโซโทป (Isotope)

**ไอโซโทป** หมายถึง นิวเคลียสของธาตุชนิดเดียวกัน ที่มีเลขอะตอม  $Z$  เท่ากัน แต่เลขมวล  $A$  ต่างกัน เช่น  ${}^1_1\text{H}$   ${}^2_1\text{H}$   ${}^{235}_{92}\text{u}$   ${}^{238}_{92}\text{u}$   ${}^{239}_{92}\text{u}$  แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. ไอโซโทปที่ไม่แผ่รังสี เรียกว่า **ไอโซโทปเสถียร**

2. ไอโซโทปที่แผ่รังสีได้ เรียกว่า **ไอโซโทปกัมมันตรังสี**

ในธรรมชาติ ส่วนมากเป็นไอโซโทปเสถียร

### แบบฝึกหัดที่ 20.1

1. (O-NET 49) คาร์บอนเป็นธาตุที่เป็นส่วนสำคัญของสิ่งมีชีวิตสัญลักษณ์นิวเคลียส  ${}^{12}_6\text{C}$  แสดงว่า นิวเคลียสของคาร์บอนนี้มีอนุภาคตามข้อใด

1. โปรตอน 12 ตัว นิวตรอน 6 ตัว
2. โปรตอน 6 ตัว นิวตรอน 12 ตัว
3. โปรตอน 6 ตัว อิเล็กตรอน 6 ตัว
4. โปรตอน 6 ตัว นิวตรอน 6 ตัว

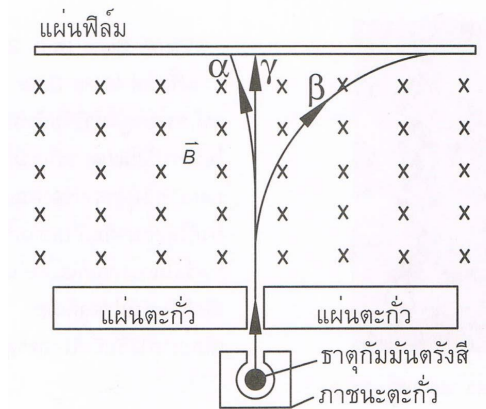
2. (O-NET 49) ข้อใดถูกต้องสำหรับไอโซโทปของธาตุหนึ่ง ๆ

1. มีเลขมวลเท่ากัน แต่เลขอะตอมต่างกัน
2. มีจำนวนโปรตอนเท่ากันแต่จำนวนนิวตรอนต่างกัน
3. มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน แต่จำนวนโปรตอนต่างกัน
4. มีผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเท่ากัน

3. (O-NET 50) อนุภาคใดในนิวเคลียส  $^{236}_{92}U$  และ  $^{234}_{90}Th$  ที่มีจำนวนเท่ากัน
1. โปรตอน
  2. อิเล็กตรอน
  3. นิวตรอน
  4. นิวคลีออน
4. (O-NET 50) ในธรรมชาติธาตุคาร์บอนมี 3 ไอโซโทป คือ  $^{12}_6C$   $^{13}_6C$  และ  $^{14}_6C$  ข้อใดต่อไปนี้ถูก
1. แต่ละไอโซโทปมีจำนวนอิเล็กตรอนต่างกัน
  2. แต่ละไอโซโทปมีจำนวนโปรตอนต่างกัน
  3. แต่ละไอโซโทปมีจำนวนนิวตรอนต่างกัน
  4. แต่ละไอโซโทปมีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนนิวตรอน
5. (O-NET 52) ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับไอโซโทปสองไอโซโทปของธาตุชนิดเดียวกัน
1. มีจำนวนนิวคลีออนเท่ากัน
  2. มีเลขมวลเท่ากัน
  3. มีเลขอะตอมเท่ากัน
  4. มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน
6. (O-NET 54) ธาตุที่มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์  $^{40}_{19}K$  มักถูกเรียกขื่อย่อว่าอะไร
1. โปแตสเซียม-19
  2. โปแตสเซียม-21
  3. โปแตสเซียม-40
  4. โปแตสเซียม-59
7. (มช.) อะตอมของ  $^{210}_{84}Po$  ข้อใดถูกต้อง
- ก. มีจำนวนนิวคลีออน = 210 จำนวนนิวตรอน = 84
  - ข. มีจำนวนอิเล็กตรอน = 84 จำนวนนิวตรอน = 126
  - ค. มีจำนวนอิเล็กตรอน = 126 จำนวนโปรตอน = 84
  - ง. มีจำนวนนิวคลีออน = 210 จำนวนอิเล็กตรอน = 126
8. (Ent) จำนวนนิวตรอนในนิวเคลียส  $^{27}_{13}Al$  คือ
- ก. 13
  - ข. 14
  - ค. 27
  - ง. 40
9. (มช.) ดินุกมีเลขอะตอม = 50 และเลขมวล 120 จะมีจำนวนนิวคลีออนเท่าไร
- ก. 20
  - ข. 70
  - ค. 120
  - ง. 170
10. (มช.) อะตอมของธาตุ  $^{196}_{78}Pt$  กับ  $^{197}_{79}Au$  จะมีจำนวนอะไรเท่ากัน
- ก. นิวคลีออน
  - ข. นิวตรอน
  - ค. โปรตอน
  - ง. อิเล็กตรอน
11. (มช.) ไอโซโทป เป็นชื่อเรียกนิวเคลียสของธาตุที่มีลักษณะดังนี้
- ก. มีจำนวนนิวคลีออนเท่ากัน
  - ข. มีจำนวนโปรตอนเท่ากับนิวตรอน
  - ค. มีจำนวนโปรตอนต่างกัน แต่มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน
  - ง. มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน

**การค้นพบกัมมันตภาพรังสี**

เบ็กเคอเรล	ปีแอร์และมารี คูรี
ค้นพบว่าธาตุยูเรเนียมสามารถปล่อยรังสีออกมาได้โดยบังเอิญ	พบว่าธาตุอื่นสามารถปล่อยรังสีออกมาได้ เช่น ทอเรียม พอลโลเนียม เรเดียม



รูป 4.1 แสดงการเคลื่อนที่ของรังสีทั้ง 3 ชนิด ผ่านสนามแม่เหล็ก

**รังสีแบ่งออกเป็น 3 ชนิด**

1. รังสีแอลฟา สัญลักษณ์  $\alpha$  หรือ  ${}^4_2\text{He}$  (ประจุบวก)
2. รังสีบีตา สัญลักษณ์  $\beta$  หรือ  ${}^0_{-1}e$  (ประจุลบ)
3. รังสีแกมมา สัญลักษณ์  $\gamma$  (เป็นกลางทางไฟฟ้า)

**เปรียบเทียบสมบัติของ  $\alpha, \beta$  และ  $\gamma$**

- |                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| 1. มวลและประจุไฟฟ้า             | $\alpha > \beta > \gamma$ |
| 2. พลังงาน                      | $\alpha > \beta > \gamma$ |
| 3. การทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออน | $\alpha > \beta > \gamma$ |
| 4. อำนาจทะลุทะลวงผ่านอากาศ      | $\gamma > \beta > \alpha$ |

**สัญลักษณ์ของธาตุและอนุภาคบางอย่างที่ควรทราบ**

แอลฟา ( $\alpha$ ) = ${}^4_2\text{He}$	ไฮโดรเจนหรือโปรตอน = ${}^1_1\text{H}$
บีตา ( $\beta^-$ ) = ${}^0_{-1}e$	ดิวเทรียม = ${}^2_1\text{H}$
บีตา ( $\beta^+$ ) = ${}^0_{+1}e$	ทริตรียม = ${}^3_1\text{H}$
แกมมา ( $\gamma$ ) = $\gamma$	นิวตรอน = ${}^1_0n$
ยูเรเนียม = ${}^{235}_{92}\text{U}$	ตะกั่ว = ${}^{206}_{82}\text{Pb}$

**แบบฝึกหัดที่ 20.2**

1. (O-NET 49) รังสีในข้อใดที่มีอำนาจในการทะลุทะลวงผ่านเนื้อสารได้น้อยที่สุด

1. รังสีแอลฟา                      2. รังสีบีตา                      3. รังสีแกมมา                      4. รังสีเอกซ์

2. (O-NET 50) อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา รังสีแกมมา เมื่อเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ข้อใดไม่เกิดการเบน
1. อนุภาคแอลฟา
  2. อนุภาคบีตา
  3. รังสีแกมมา
  4. อนุภาคแอลฟาและบีตา
3. (O-NET 51) ข้อความใดต่อไปนี้เป็นข้อเท็จจริงเกี่ยวกับรังสีแอลฟา รังสีบีตาและรังสีแกมมา
1. รังสีแอลฟามีประจุ +4
  2. รังสีแอลฟามีมวลมากที่สุดและอำนาจทะลุทะลวงผ่านสูงที่สุด
  3. รังสีบีตามีมวลน้อยที่สุดและอำนาจทะลุทะลวงผ่านต่ำที่สุด
  4. รังสีแกมมามีอำนาจทะลุทะลวงสูงที่สุด
4. (O-NET 54) ข้อใดเป็นสมบัติของรังสีแอลฟา
1. เป็นอิเล็กตรอน
  2. เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
  3. เป็นนิวเคลียสของอะตอมฮีเลียม
  4. เป็นโปรตอน
5. (มข.) ธาตุกัมมันตรังสี หมายถึงธาตุที่มีสมบัติในการแผ่รังสีได้เอง และรังสีที่แผ่ออกมาจะต้องเป็นรังสีต่อไปนี้เสมอ
- ก. รังสีแอลฟา
  - ข. รังสีบีตา รังสีแกมมา
  - ค. รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา
  - ง. เป็นรังสีชนิดใดก็ได้
6. (มข.) คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของอนุภาคแอลฟา ก็คือ
- ก. มีอำนาจทะลุทะลวงสูง
  - ข. มีพลังงานจลน์สูงกว่าอนุภาคตัวอื่น
  - ค. ทำให้สารที่ผ่านแตกตัวเป็นไอออน
  - ง. คล้ายกับรังสีเอกซ์ (X-ray)
7. (Ent) รังสีแอลฟามีอำนาจในการทะลุผ่านน้อยกว่ารังสีชนิดอื่นที่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีเนื่องจาก
- ก. รังสีแอลฟามีพลังงานน้อยกว่ารังสีชนิดอื่น
  - ข. รังสีแอลฟามีคุณสมบัติในการทำให้สารที่รังสีผ่าน แตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่า
  - ค. รังสีแอลฟาไม่มีประจุไฟฟ้า
  - ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข
8. (มข.) ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูก
- ก. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีแกมมา แต่น้อยกว่ารังสีเอกซ์
  - ข. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีเอ็ก แต่น้อยกว่ารังสีแอลฟา
  - ค. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีแอลฟา แต่น้อยกว่ารังสีแกมมา
  - ง. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีอื่น ๆ ทุกชนิด
9. (Ent) พิจารณาข้อความต่อไปนี้สำหรับรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา
1. มีความสามารถในการทำให้ก๊าซแตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่า
  2. ต้องใช้วัสดุที่มีความหนาแน่นมากในการกั้นรังสี
  3. เมื่อเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง
  4. อัตราส่วนประจุต่อมวลมีค่ามากที่สุด
- ข้อความใดเป็นสมบัติของรังสีบีตา
- ก. ข้อ 1 และ 2
  - ข. ข้อ 1 และ 3
  - ค. ข้อ 2 และ 4
  - ง. ข้อ 3 และ 4

10. (มข.) ถ้าวรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา เคลื่อนที่อยู่ในน้ำ และรังสีทั้งสามชนิดมีพลังงานเท่ากัน เราจะพบว่ารังสีบีตาเคลื่อนที่ได้ระยะทาง
- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| ก. สั้นที่สุด                   | ข. โกลที่สุด                    |
| ค. โกลกว่าแกมมาแต่ใกล้กว่าแอลฟา | ง. โกลกว่าแอลฟาแต่ใกล้กว่าแกมมา |
11. (Ent) อนุภาคแอลฟาประกอบไปด้วย
- |                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| ก. 2 โปรตอน               | ข. 2 โปรตอน กับ 2 อิเล็กตรอน |
| ค. 2 โปรตอน กับ 2 นิวตรอน | ง. 4 โปรตอน                  |

### การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

เมื่อธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวจะเปลี่ยนเป็นธาตุใหม่ให้หลักการBalance สมการ

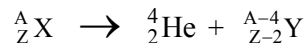
1. ผลบวกของเลขมวลตอนก่อน = ผลบวกของเลขมวลตอนหลัง

$$\sum A_{\text{ตอนก่อน}} = \sum A_{\text{ตอนหลัง}}$$

2. ผลบวกของเลขอะตอมตอนก่อน = ผลบวกของเลขอะตอมตอนหลัง

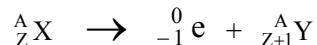
$$\sum Z_{\text{ตอนก่อน}} = \sum Z_{\text{ตอนหลัง}}$$

- 2.1. สมมติธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้แอลฟา( $\alpha$ ) 1 ตัว



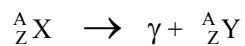
จะได้ธาตุเลขมวลลดลงจากเดิม 4 เลขอะตอมลดลง 2

- 2.2. สมมติธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้บีตา บีตลบ( $\beta^-$ ) 1 ตัว



จะได้ธาตุใหม่เลขมวลของธาตุเท่าเดิม แต่เลขอะตอมเพิ่มหนึ่ง

- 2.3. สมมติธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้แกมมา( $\gamma$ ) 1 ตัว



จะได้ธาตุตัวเดิม เลขอะตอม เลขมวลไม่เปลี่ยนแปลง

### แบบฝึกหัดที่ 20.3

1. (O-NET 50) นิวเคลียสของเรเดียม-226 ( ${}_{88}^{226} Ra$ ) มีการสลายโดยการปล่อยอนุภาคแอลฟา 1 ตัว และรังสีแกมมาออกมาจะทำให้  ${}_{88}^{226} Ra$  กลายเป็นธาตุใด
- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. ${}_{84}^{218} Po$ | 2. ${}_{86}^{222} Rn$ |
| 3. ${}_{90}^{230} Th$ | 4. ${}_{94}^{234} U$  |
2. (O-NET 51) ในการสลายตัวของ  ${}_{6}^{14} C$  นิวเคลียสของ C-14 ปล่อยอิเล็กตรอนออกหนึ่งตัว นิวเคลียสใหม่จะมีประจุเป็นกี่เท่าของประจุโปรตอน
- |       |       |
|-------|-------|
| 1. 5  | 2. 7  |
| 3. 13 | 4. 15 |

3. (O-NET 51) อัตราการสลายตัวของกลุ่มนิวเคลียสกัมมันตรังสี A ขึ้นกับอะไร
1. อุณหภูมิ
  2. ความดัน
  3. ปริมาณ
  4. จำนวนนิวเคลียส A ที่มีอยู่
4. (O-NET 51) นิวเคลียสของเรเดียม-226 มีการสลายดังสมการข้างล่าง x คืออะไร
- $${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + x$$
1. รังสีแกมมา
  2. อนุภาคบีตา
  3. อนุภาคนิวตรอน
  4. อนุภาคแอลฟา
5. (Ent) ธาตุ A สลายเป็นธาตุ B โดยปล่อยรังสีบีตาออกมา ธาตุทั้งสองจะมีจำนวนใดเท่ากัน
- ก. นิวตรอน
  - ข. โปรตอน
  - ค. ผลรวมของนิวตรอนและโปรตอน
  - ง. ผลต่างของนิวตรอนและโปรตอน
6. (Ent) จากธาตุไอโซโทปของยูเรเนียม  ${}^{238}_{92}\text{U}$  สลายตัวแบบอนุกรมได้อนุภาคแอลฟา รวม 8 ตัว และอนุภาคบีตา รวม 6 ตัว และได้ไอโซโทปของธาตุใหม่อีก 1 ตัว อยากทราบว่าไอโซโทปของธาตุใหม่มีเลขมวลและเลขอะตอมตรงกับข้อใด
- ก. 91, 324
  - ข. 92, 206
  - ค. 234, 91
  - ง. 206, 82
7. (Ent) ในการสลายตัวต่อ ๆ กันของธาตุกัมมันตรังสี โดยเริ่มจาก  ${}^{238}_{92}\text{U}$  เมื่อสลายให้อนุภาคทั้งหมดเป็น  $2\alpha$ ,  $2\beta$ , และ  $2\gamma$  จะทำให้ได้นิวเคลียสใหม่ มีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเท่าใด
- ก. จำนวนโปรตอน 88 จำนวนนิวตรอน 140
  - ข. จำนวนโปรตอน 90 จำนวนนิวตรอน 140
  - ค. จำนวนโปรตอน 88 จำนวนนิวตรอน 142
  - ง. จำนวนโปรตอน 90 จำนวนนิวตรอน 142
8. (Ent) เมื่อบิสมัท  ${}^{214}_{83}\text{Bi}$  สลายตัวให้รังสีบีตาลบ นิวเคลียสของธาตุใหม่คือ
- ก.  ${}^{210}_{82}\text{Pb}$
  - ข.  ${}^{210}_{83}\text{Bi}$
  - ค.  ${}^{214}_{85}\text{At}$
  - ง.  ${}^{214}_{84}\text{Po}$

### เวลาครึ่งชีวิต (Half Life)

ตอนแรกมีมวลเริ่มต้น  $N_0$  เมื่อเวลาผ่านไป 1 ช่วงครึ่งชีวิตเหลือ  $N = \frac{N_0}{2^1}$

ตอนแรกมีมวลเริ่มต้น  $N_0$  เมื่อเวลาผ่านไป 2 ช่วงครึ่งชีวิตเหลือ  $N = \frac{N_0}{2^2}$

ตอนแรกมีมวลเริ่มต้น  $N_0$  เมื่อเวลาผ่านไป n ช่วงครึ่งชีวิตเหลือ  $N = \frac{N_0}{2^n}$  .....(4.1)

เวลาผ่านไป T วินาที คิดเป็น 1 ช่วงครึ่งชีวิต

เวลาผ่านไป t วินาที คิดเป็น  $n = \frac{t}{T}$  ช่วงครึ่งชีวิต ..... (4.2)

แทน (4.2) ใน (4.1) จะได้  $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^n}$   
 จะได้  $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}}$  ..... (4.3)

เมื่อ  $N_0$  คือ มวลเริ่มต้น  $N$  คือ มวลที่เหลือ  $t$  คือ เวลาผ่านไป  $T$  คือ เวลาครึ่งชีวิต

#### แบบฝึกหัดที่ 20.4

- (O-NET 49) นักโบราณคดีตรวจพบเรือไม้โบราณลำหนึ่งว่ามีอัตราส่วนของปริมาณ C-14 ต่อ C-12 เป็น 25 % ของอัตราส่วนสำหรับสิ่งที่ยังมีชีวิต สันนิษฐานได้ว่าซากเรือนี้มีอายุประมาณกี่ปี กำหนดให้ครึ่งชีวิตของ C-14 เป็น 5,730 ปี
 

1. 2,865	2. 5,730	3. 11,460	4. 22,920
----------	----------	-----------	-----------
  
- (O-NET 49) ไอโอดีน-128 มีค่าครึ่งชีวิต 25 นาที ถ้าเริ่มต้นมีไอโอดีน-128 อยู่ 400 มิลลิกรัม ไอโอดีน-128 จะลดลงเหลือ 100 มิลลิกรัม เมื่อเวลาผ่านไปกี่นาที ( 50 นาที )
  
- (O-NET 51) ไอโซโทปกัมมันตรังสีของธาตุไอโอดีน- 128 มีครึ่งชีวิต 25 นาที ถ้ามีไอโอดีน-128 ทั้งหมด 256 กรัม จะใช้เวลาเท่าไรจึงจะเหลือไอโอดีน-128 อยู่ 32 กรัม
 

1. 50 นาที	2. 1 ชั่วโมง 15 นาที	3. 1 ชั่วโมง 40 นาที	4. 3 ชั่วโมง 20 นาที
------------	----------------------	----------------------	----------------------
  
- (O-NET 51) ธาตุกัมมันตรังสีใดที่ใช้ในการคำนวณหาอายุของโบราณวัตถุ
 

1. I-131	2. Co-60	3. C-14	4. P-32
----------	----------	---------	---------
- (Ent) ธาตุไอโอดีน - 126 มีครึ่งชีวิต 12 วัน นาย ข ได้รับธาตุไอโอดีน - 126 เข้าไปในร่างกาย 16 กรัม เป็นเวลานานกี่วันไอโอดีน- 126 ในร่างกายของนาย ข จึงลดลงเหลือ 2 กรัม
 

ก. 12 วัน	ข. 24 วัน	ค. 36 วัน	ง. 48 วัน
-----------	-----------	-----------	-----------
  
- (Ent) ไอโซโทปของโซเดียม  $^{24}_{11}\text{Na}$  มีครึ่งชีวิต 15 ชั่วโมง จงหาว่าเวลาผ่านไป 75 ชั่วโมงนิวเคลียสของไอโซโทปนี้ จะสลายไปแล้วประมาณกี่เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสัที่ดั้งเดิม ถ้าตอนเริ่มแรกนิวเคลียสของไอโซโทปนี้มีค่า 5 คูรี
 

ก. 75 %	ข. 87 %	ค. 94 %	ง. 97 %
---------	---------	---------	---------

7. (Ent) สารกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีค่ากัมมันตภาพ 256 คูรี พบว่าเวลาผ่านไป 6 นาที กัมมันตภาพลดลงเหลือ 32 คูรี จงหาครึ่งชีวิตและค่ากัมมันตภาพที่เหลืออยู่หลังจากเวลาผ่านไปอีก 8 นาที
- ก. 2 นาที 2 คูรี      ข. 2 นาที 30 คูรี      ค. 4 นาที 8 คูรี      ง. 4 นาที 24 คูรี
8. (Ent) สารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 สลายตัวให้รังสีบีตาและรังสีแกมมา โดยมีครึ่งชีวิต 5.3 ปี จงหาเปอร์เซ็นต์ของสารกัมมันตรังสีที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป 15.9 ปี
- ก. 6.25 %      ข. 12.5 %      ค. 18.75 %      ง. 25 %
9. (Ent) ต้องใช้เวลานานเท่าใด ธาตุกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 30 ปี จึงจะมีปริมาณเหลือเพียงร้อยละ 10 ของของเดิม
- ก. 80 ปี      ข. 100 ปี      ค. 120 ปี      ง. 240 ปี
10. (Ent) ในการหาอายุของวัตถุโบราณชิ้นหนึ่งโดยการวัดปริมาณของคาร์บอน - 14 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 5,570 ปี พบว่ามีปริมาณคาร์บอน - 14 ที่เหลืออยู่ในปัจจุบันเท่ากับ  $\frac{1}{8}$  เท่าของปริมาณที่มีอยู่ในตอนแรก วัตถุโบราณชิ้นนี้มีอายุเท่าไร
- ก. 11,140 ปี      ข. 16,710 ปี      ค. 22,280 ปี      ง. 44,560 ปี

### การสลายตัวของนิวเคลียสกับกัมมันตรังสี

รัทเธอร์ฟอร์ดและซอดดีได้ตั้งสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายการสลายตัวของธาตุกัมมันตภาพรังสีไว้ดังนี้

1. ธาตุกัมมันตรังสีจะแตกตัวออกให้อนุภาคแอลฟาหรือบีตาได้สารใหม่ และสารใหม่ที่เกิดขึ้นนี้อาจจะมีการแผ่กัมมันตภาพรังสีต่อไปได้อีก
  2. ในการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี เราไม่สามารถจะบอกได้ว่านิวเคลียสใดจะสลายก่อนหรือหลังแต่เราสามารถบอกได้เพียงว่านิวเคลียสทุกตัวมีความน่าจะเป็นที่จะสลายตัวเท่ากันหมดและอัตราการสลายจะขึ้นอยู่กับจำนวนนิวเคลียส (นิวเคลียสที่พร้อมจะสลาย) ในขณะนั้น
- ถ้าที่เวลา  $t_1$  ให้ธาตุกัมมันตรังสีมีจำนวนนิวเคลียสอยู่  $N_1$   
และที่เวลา  $t_2$  ให้ธาตุกัมมันตรังสีมีจำนวนนิวเคลียสอยู่  $N_2$



$$\therefore \text{อัตราการลดของนิวเคลียส} = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{N_2 - N_1}{t_2 - t_1}$$

โดย  $\Delta N = N_2 - N_1$  = การเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียส

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \text{เวลาที่ผ่านไป}$$

จากสมมติฐานข้อ 2 จะได้อธิบายอัตราการสลายขึ้นอยู่กับจำนวนนิวเคลียสที่มีอยู่ขณะนั้น

$$\begin{aligned} \therefore -\frac{\Delta N}{\Delta t} &\propto N \\ -\frac{\Delta N}{\Delta t} = A &= \lambda N \dots\dots\dots(4.4) \end{aligned}$$

โดย  $\lambda$  = ค่าคงที่ของการสลายตัว

$N$  = จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ขณะนั้น

$-\frac{\Delta N}{\Delta t} = A$  = อัตราการสลายตัวของนิวเคลียส มีเครื่องหมายเป็นลบแสดงว่าเป็นอัตราการลด

**หน่วยกัมมันตรังสี**

$$1 \text{ คูรี (ci)} = 3.7 \times 10^{10} \text{ เบ็กเคอเรล (Bq)}$$

**ความสัมพันธ์ของอัตราการสลายตัวของกัมมันตภาพรังสีกับครึ่งชีวิต**

กัมมันตภาพ (อัตราการสลายตัว A)	จำนวนนิวเคลียสของ ธาตุกัมมันตรังสีที่เหลืออยู่	เวลาครึ่งชีวิต (T)
$A = \lambda N$	$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$	$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$ $T = \frac{0.693}{\lambda}$
	$\frac{g}{m} = \frac{N_0}{N_A}$	

กำหนดให้    A แทน กัมมันตภาพ                                     $\lambda$  แทน ค่าคงที่ของการสลายตัว  
                   N แทน จำนวนนิวเคลียสที่เหลืออยู่                     $N_0$  แทน จำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น  
                   t แทน เวลาที่ผ่านไป                                            T แทน เวลาครึ่งชีวิต

**แบบฝึกหัดที่ 20.5**

1. (Ent) ถ้ามี  $^{226}_{88}\text{Ra}$  จำนวน N นิวเคลียส มีกัมมันตภาพ A มิลลิวูรี ค่าคงตัวของอัตราการสลายตัวต่อวินาที คือข้อใด (กำหนดให้ 1 คูรีเท่ากับการสลาย  $3.7 \times 10^{10}$  ต่อวินาที)

- ก.  $3.7 \times 10^7 \frac{A}{N}$                     ข.  $3.7 \times 10^7 \frac{N}{A}$                     ค.  $\frac{A}{3.7 \times 10^7 N}$                     ง.  $\frac{N}{3.7 \times 10^7 A}$

2. (Ent) ธาตุกัมมันตรังสีจำนวนหนึ่ง มีกัมมันภาพ ไมโครคูรี และมีครึ่งชีวิตเท่ากับ 1,000 วินาที จำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีขณะนั้นเป็นเท่าใด1 คูรี =  $3.7 \times 10^{10}$  เบ็กเคอเรล)  
 ก.  $3.7 \times 10^7$                       ข.  $5.3 \times 10^7$                       ค.  $3.7 \times 10^9$                       ง.  $5.3 \times 10^9$
3. (Ent) ค่าคงที่ของการสลายตัว ของ  $^{232}_{90}\text{Th}$  เท่ากับ  $1.6 \times 10^{-18}$  (วินาที<sup>-1</sup>) ถ้ามี  $^{232}_{90}\text{Th}$  อยู่ 1 กิโลกรัม ให้หาอัตราการสลายตัวเป็นอะตอมต่อวินาที ( $N_A = 6 \times 10^{23}$  ต่อโมล)  
 ก.  $4.1 \times 10^3$                       ข.  $9.6 \times 10^5$                       ค.  $4.1 \times 10^6$                       ง.  $9.6 \times 10^8$
4. (Ent) ไอโอดีน - 131 มีค่าคงตัวของสลายตัวเท่ากับ 0.087 ต่อวัน ถ้ามี ไอโอดีน - 131 อยู่ 10 กรัม ตอนเริ่มต้นเมื่อเวลาผ่านไป 24 วัน จะมี ไอโอดีน- 131 เหลืออยู่เท่าใด  
 ก. 0.63 กรัม                      ข. 1.25 กรัม                      ค. 2.50 กรัม                      ง. 5.00 กรัม

**การทดลองอุปมาอุปมัย การทอดลูกเต๋ากับการสลายของธาตุกัมมันตรังสี**

ลูกเต๋าคือเหลือ	ครึ่งชีวิต(ลูกเต๋า)	โอกาสหงายหน้าที่แต้มสี่
$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$	$T = \frac{0.693}{\lambda}$	$\lambda = \frac{\text{จำนวนหน้าที่แต้มสี่}}{\text{จำนวนหน้าที่ทั้งหมด}}$

เมื่อ  $N_0$  แทน จำนวนลูกเต๋าคอนแรก       $N$  แทน จำนวนลูกเต๋าคือเหลือ  
 $t$  แทน จำนวนครั้งที่ทอดลูกเต๋า       $\lambda$  แทน โอกาสหงายหน้าที่แต้มสี่  
 $T$  แทน จำนวนครั้งที่ทอดแล้วลูกเต๋าคือเหลือครึ่งหนึ่งของเดิม

**แบบฝึกหัดที่ 20.6**

1. (O-NET 50) กิจกรรมการศึกษาที่เปรียบเทียบการสลายกัมมันตรังสีกับการทอดลูกเต๋านั้น จำนวนลูกเต๋าคือถูกคัดออกเทียบได้กับปริมาณใด
1. เวลาครึ่งชีวิต
  2. จำนวนนิวเคลียสตั้งต้น
  3. จำนวนนิวเคลียสที่เหลืออยู่
  4. จำนวนนิวเคลียสที่สลาย

2. (Ent) ลูกเต๋า 16 หน้า แต้มสีไว้ที่หน้าหนึ่งจำนวน 100 ลูก นำมาทอดและคัดลูกที่หงายหน้าแต้มสีออกทอดกี่ครั้งจึงจะเหลือลูกเต๋า 50 ลูก  
 ก. 8 ครั้ง                      ข. 9 ครั้ง                      ค. 10 ครั้ง                      ง. 11 ครั้ง

3. (Ent) ในการทดลองอุปมาอุปมัยของการทอดลูกเต๋ากับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี โดยการโยนลูกเต๋าลแล้วคัดหน้าที่ไม่แต้มสีออกไป ถ้าลูกเต๋ามี 6 หน้า มีหน้าที่แต้มสี 2 หน้า และมีจำนวน 90 ลูก จงหาว่าถ้าทำการโยนลูกเต๋าทิ้ง 2 ครั้ง โดยสถิติจะเหลือจำนวนลูกเต๋าท่าใด  
 ก. 10 ลูก                      ข. 30 ลูก                      ค. 40 ลูก                      ง. 56 ลูก

**รัศมีนิวเคลียส**

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

$$\text{จะได้ } R = r_0 A^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(4.5)$$

เมื่อ R แทน รัศมีนิวเคลียส    A แทน เลขมวล     $r_0$  แทน  $1.2 \times 10^{-15}$  เมตร

**แบบฝึกหัดที่ 20.7**

1. (Ent) ถ้ารัศมีนิวเคลียสของธาตุไฮโดเจนเป็น  $1.4 \times 10^{-15}$  เมตร รัศมีนิวเคลียสของธาตุ  $^{27}Al$  จะเป็นกี่เมตร  
 ก.  $4.2 \times 10^{-15}$  เมตร    ข.  $5.6 \times 10^{-15}$  เมตร    ค.  $12.6 \times 10^{-15}$  เมตร    ง.  $27 \times 10^{-15}$  เมตร

2. (Ent) รัศมีนิวเคลียสของ  $^{238}U$  มีค่าประมาณกี่เท่าของรัศมีนิวเคลียสของ  $^4He$   
 ก. 4 เท่า                      ข. 8 เท่า                      ค. 16 เท่า                      ง. 60 เท่า

3. (Ent) ไอโซโทปของธาตุ  $^{224}_{88}Ra$  มีรัศมีเป็นกี่เท่าของธาตุไอโซโทปของ  $^{28}_{11}Na$   
 ก. 2 เท่า                      ข. 3 เท่า                      ค. 4 เท่า                      ง. 5 เท่า

### พลังงานยึดเหนี่ยว (B.E.)

มวลของนิวเคลียส เกิดจากมวลของโปรตอนและนิวตรอนรวมกัน แต่จากการทดลองพบว่า มวลของนิวเคลียส  $\neq$  มวลของโปรตอน + มวลของนิวตรอน มีมวลหายไปบางส่วนเรียกว่า **มวลพร่อง**  
**สูตรมวลพร่อง**

$$\text{มวลพร่อง } \Delta m = \text{มวลของโปรตอน} + \text{มวลของนิวตรอน} - \text{มวลนิวเคลียส}$$

$$\text{มวลพร่อง } \Delta m = \text{มวลของไฮโดรเจน} + \text{มวลของนิวตรอน} - \text{มวลอะตอม}$$

$$\Delta E = \Delta m \times 931 \quad \text{หรือ} \quad \Delta E = \Delta m \times 930 \quad \text{หน่วย MeV}$$

พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน (พลังงานยึดเหนี่ยวต่อเลขมวล)

$$\frac{BE}{A} = \frac{\Delta m \times 931}{A} \quad \text{มีหน่วยเป็น MeV}$$

เพิ่มเติม

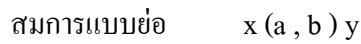
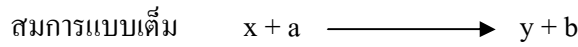
$\Delta E = +$ เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบคายพลังงาน
$\Delta E = -$ เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบดูดพลังงาน
$\Delta E =$ มวลรวมก่อนปฏิกิริยา - มวลรวมหลังเกิดปฏิกิริยา
$\Delta E =$ ผลรวมพลังงานยึดเหนี่ยวหลัง - ผลรวมของพลังงานยึดเหนี่ยวก่อน
$\Delta E =$ พลังงานจลน์ตอนหลัง - พลังงานจลน์ตอนก่อน

### แบบฝึกหัดที่ 20.8

- (Ent) ถ้านิวเคลียสของธาตุ A มีมวล 4.0020 u และนิวเคลียสของธาตุ A นี้ ประกอบขึ้นด้วยโปรตอน และนิวตรอนอย่างละ 2 ตัว (มวลของโปรตอน = 1.0073 U, มวลของนิวตรอน = 1.0087 u มวล 1 u เทียบเท่ากับพลังงาน 930 MeV) พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของธาตุ A มีค่า  
 ก. 2 MeV                      ข. 7 MeV                      ค. 14 MeV                      ง. 28 MeV
- (Ent) ธาตุตรีเทียมซึ่งมีเลขมวลอะตอมเป็น 1 เลขมวลเป็น 3 และมวลอะตอมเท่ากับ 3.016049 u จะมีพลังงานยึดเหนี่ยวเท่ากับเท่าใด กำหนดให้ เลขมวลของไฮโดรเจน = 1.007825 u มวลนิวตรอน = 1.008655 u และ 1 u = 930 MeV

### ปฏิกิริยานิวเคลียร์

สำหรับการชนระหว่างนิวเคลียสกับนิวเคลียส หรือนิวเคลียสกับอนุภาคนั้น เขียนเป็นปฏิกิริยานิวเคลียสได้ดังนี้



กำหนดให้ x แทน นิวเคลียสที่ใช้เป็นเป้า y แทน นิวเคลียสของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้นภายหลังการชน  
 a แทน อนุภาคที่วิ่งเข้ามาชนเป้า b แทน อนุภาคที่เกิดขึ้นภายหลังการชน

หลักการ Balance สมการ

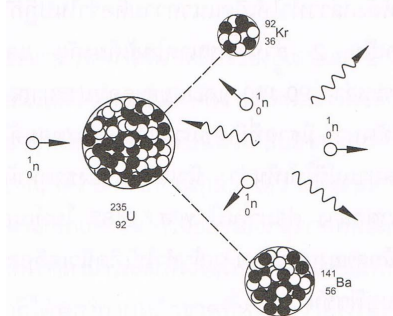
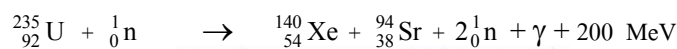
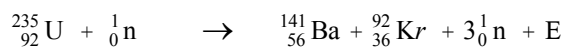
1. ผลบวกของเลขมวลตอนก่อน = ผลบวกของเลขมวลตอนหลัง

$$\sum A_{\text{ตอนก่อน}} = \sum A_{\text{ตอนหลัง}}$$

2. ผลบวกของเลขอะตอมตอนก่อน = ผลบวกของเลขอะตอมตอนหลัง

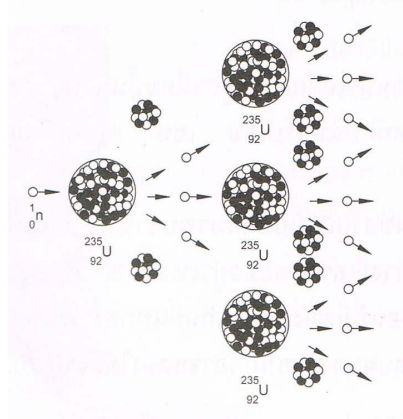
$$\sum Z_{\text{ตอนก่อน}} = \sum Z_{\text{ตอนหลัง}}$$

**ปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission reaction)** เกิดจากธาตุหนักถูกยิงด้วยนิวตรอน แล้วแตกเป็นธาตุเบา ปฏิกิริยาฟิชชันเป็นปฏิกิริยาแยกตัวของนิวเคลียส โดยมีนิวตรอนเป็นตัววิ่งเข้าชนนิวเคลียสหนัก ( $A > 230$ ) เป็นผลทำให้นิวเคลียสที่มีขนาดปานกลาง และมีนิวตรอนที่มีความเร็วสูงเกิดขึ้นประมาณ 2-3 ตัว ทั้งมีการคายพลังงานออกมาด้วย ดังตัวอย่างปฏิกิริยาต่อไปนี้



รูป 4.2 แสดงการเกิดฟิชชันของยูเรเนียม-235

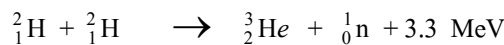
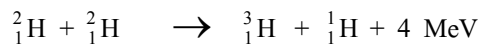
**ปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain reaction)** เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชันที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยนิวตรอนที่เกิดขึ้นเป็นตัวยิงนิวเคลียสของธาตุต่อไป



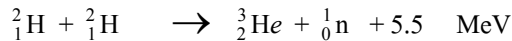
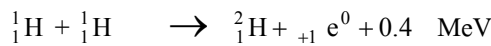
รูป 4.3 การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่

**ปฏิกิริยาฟิวชัน (Fission reaction)** เกิดจากธาตุเบาตั้งแต่สองธาตุรวมกันกลายเป็นธาตุหนัก ปฏิกิริยาฟิวชันเป็นปฏิกิริยาหลอมตัวของนิวเคลียสและมีพลังงานคายออกมาด้วย นิวเคลียสที่ใช้หลอมจะต้องเป็นนิวเคลียสเล็ก ๆ ( $A < 20$ ) หลอมรวมกลายเป็นนิวเคลียสเบาที่ใหญ่กว่าเดิม

ตัวอย่างของปฏิกิริยาฟิวชันที่ทำได้ในห้องปฏิบัติการ



ตัวอย่างของปฏิกิริยาฟิวชันที่เกิดขึ้นบนดาวฤกษ์



**ตาราง เปรียบเทียบ Fission และ Fusion**

แบบฟิชชัน	แบบฟิวชัน
1. เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน	1. เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน
2. เป็นการแตกตัวนิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากได้ 2 เล็ยง	2. เป็นการหลอมรวมนิวเคลียสของธาตุที่มีเลขน้อยสองธาตุ
3. เกิดที่อุณหภูมิปกติได้	3. เกิดที่อุณหภูมิสูงมาก เช่น เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์
4. ให้พลังงานต่อปฏิกิริยามากกว่าแบบฟิวชัน	4. ให้พลังงานต่อปฏิกิริยาน้อยกว่าแบบฟิชชัน
5. ให้พลังงานต่อมวลน้อยกว่าแบบฟิวชัน	5. ให้พลังงานต่อมวลมากกว่าแบบฟิชชัน
6. สามารถควบคุมให้เกิดฟิชชันและปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ เครื่องมือผลิตพลังงานนิวเคลียร์ที่สามารถควบคุมอัตราการเกิดฟิชชันและปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ เรียกว่า เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Nuclear Reactor)	6. ยังไม่สามารถควบคุมปฏิกิริยาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้

### แบบฝึกหัดที่ 20.9

- (O-NET 51) ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (fusion)
  - เกิดที่อุณหภูมิต่ำ
  - ไม่สามารถทำให้เกิดบนโลกได้
  - เกิดจากนิวเคลียสของธาตุเบาหลอมรวมกันเป็นธาตุหนัก
  - เกิดจากการที่นิวเคลียสของธาตุหนักแตกตัวออกเป็นธาตุเบา
- (O-NET 52) ธาตุหรือไอโซโทปใดที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่เกิดขึ้นที่ดวงอาทิตย์
  - ไฮโดรเจน
  - ดิวเทอเรียม
  - ทริเทียม
  - ฮีเลียม
- (O-NET 53) โปรตอนและนิวตรอนสามารถอยู่รวมกันเป็นนิวเคลียสได้ด้วยแรงใด
  - แรงดึงดูดระหว่างมวล
  - แรงไฟฟ้า
  - แรงแม่เหล็ก
  - แรงนิวเคลียร์
- (O-NET 54) เหตุใดโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปัจจุบันจึงต้องสร้างใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ
  - เพื่อให้มีน้ำเพียงพอต่อการดับไฟ กรณีไฟไหม้เตาปฏิกรณ์ปรมาณู
  - ใช้น้ำปริมาณมากในการถ่ายเทความร้อนจากเตาปฏิกรณ์ไปยังกังหันไอน้ำ
  - ใช้น้ำปริมาณมากในการทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของปฏิกิริยานิวเคลียร์
  - ต้องใช้นิวตรอนจำนวนมากกักน้ำในการเริ่มปฏิกิริยานิวเคลียร์
- (Emt) จากปฏิกิริยานิวเคลียร์  ${}^2_1\text{H} + \text{X} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + n$  X ควรเป็นอนุภาคใด
  - อิเล็กตรอน
  - โปรตอน
  - ดิวเทอรอน
  - ทริทอน
- (Emt) จากปฏิกิริยานิวเคลียร์  ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \longrightarrow {}^{15}_7\text{N} + \text{X}$  X คืออนุภาคใด
  - อิเล็กตรอน
  - โปรตอน
  - นิวตรอน
  - โพซิตรอน
- (Emt) จากปฏิกิริยานิวเคลียร์  ${}^{198}_{80}\text{Hg} (n, y) {}^{197}_{79}\text{Au}$  ถามว่า y คืออนุภาคใด
  - อนุภาคแอลฟา
  - โปรตอน
  - ดิวเทอรอน
  - ทริทอน

#### ประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสี

- ทางอุตสาหกรรม ใช้หารอยร้าวของท่อ รอยร้าวของแผ่นโลหะ หรือใช้ควบคุมความหนาแน่นของแผ่นโลหะ
- ทางการเกษตร ใช้ปรับปรุงพันธุ์พืช วิจัยปุ๋ย ( ${}^{32}_{15}\text{P}$ ) วิจัยโคสม ( ${}^{131}_{53}\text{I}$ ) การถนอมอาหาร หรือศึกษาการปรุงอาหารของพืช
- ทางการแพทย์ ใช้รักษาโรคมะเร็ง ( ${}^{60}_{27}\text{Co}$ ) ตรวจการไหลเวียนของโลหิต ( ${}^{24}_{11}\text{Na}$ )
- การหาวัตถุโบราณ หรือการหาอายุโลก จะใช้คาร์บอน-14 และยูเรเนียม (Uranium-lead dating)

### อันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

กัมมันตภาพรังสี เมื่อผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเนื้อเยื่อ ทำให้เนื้อเยื่อตายทันที หรือมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมทำให้เกิดโรคมะเร็ง

### การป้องกันอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

1. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่เราได้รับขึ้นอยู่กับเวลา ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องเข้าไปใกล้บริเวณที่มีธาตุกัมมันตรังสี ควรใช้เวลาสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้
2. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีจะลดลง ถ้าบริเวณนั้นอยู่ห่างแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสีมากขึ้น ดังนั้นจึงควรอยู่ห่างบริเวณที่มีธาตุกัมมันตรังสีให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
3. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีชนิดต่าง ๆ มีอำนาจทะลุผ่านวัตถุได้ต่างกัน ดังนั้นจึงควรใช้วัตถุที่กัมมันตภาพรังสีผ่านได้ยากเป็นเครื่องกำบัง เช่น มักใช้ตะกั่ว คอนกรีต กำบังรังสีแกมมาและรังสีบีตาได้ นิยมใช้น้ำ เป็นเครื่องกำบังนิวตรอน เป็นต้น

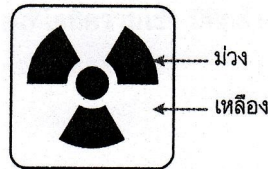
### แบบฝึกหัดที่ 20.10

1. (O-NET 49) ข้อใดต่อไปนี้เป็นวิธีการกำจัดกากกัมมันตรังสีที่ดีที่สุด

1. เร่งให้เกิดการสลายตัวเร็วขึ้นโดยใช้ความดันสูงมาก
2. เผาให้สลายตัวที่อุณหภูมิสูง
3. ใช้ปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบอื่น
4. ใช้คอนกรีตจริงให้แน่นแล้วฝังกลบใต้ภูเขา

2. (O-NET 50) เครื่องหมายดังรูปแทนอะไร

1. เครื่องกำหนดไฟฟ้าโดยกัมมันตรังสี
2. การเตือนว่ามีอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี
3. การเตือนว่ามีอันตรายจากสารเคมี
4. เครื่องกำหนดไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์



3. (O-NET 50) รังสีใดที่นิยมใช้ในการอาบรังสีผลไม้

1. รังสีเอกซ์
2. รังสีแกมมา
3. รังสีบีตา
4. รังสีแอลฟา

4. (O-NET 52) รังสีในข้อใดใช้สำหรับฉายฆ่าเชื้อโรคในเครื่องมือทางการแพทย์

1. รังสีแกมมา
2. รังสีบีตา
3. รังสีอินฟราเรด
4. รังสีแอลฟา

5. (O-NET 53) ในทางการแพทย์ไอโอดีน-131 นำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ตามข้อใด

1. ตรวจการไหลเวียนของโลหิตในร่างกาย
2. ตรวจการทำงานของต่อมไทรอยด์
3. รักษาโรคมะเร็ง
4. รักษาเนื้องอกในสมอง