

## ฟิสิกส์ บทที่ 19 ฟิสิกส์นิวเคลียร์

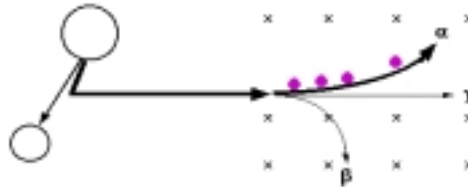
## ตอนที่ 1 กัมมันตภาพรังสี

## กัมมันตภาพรังสี

กัมมันตภาพรังสี เป็นปรากฏการณ์ที่นิวเคลียสของไอโซโทปที่ไม่เสถียรเกิดการปรับตัวเพื่อให้มีเสถียรภาพ โดยการปล่อยอนุภาคบางชนิด หรือ

พลังงานออกมาในรูปของรังสี และ ธาตุที่มีสมบัติในการแผ่รังสีได้เองนี้เรียกว่า **ธาตุกัมมันตรังสี**

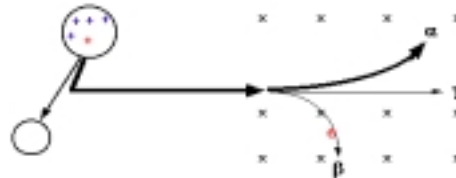
รังสีที่คายออกมา เมื่อนำไปแยกในสนามแม่เหล็กจะแยกได้ 3 ชนิด คือ

1. รังสีแอลฟา (Alpha particle,  $\alpha$ )

เป็นนิวเคลียสของอะตอมของธาตุฮีเลียม มีมวลเท่ากับ 4 และมีประจุไฟฟ้า +2 เขียนสัญลักษณ์จึงได้  ${}^4_2\text{He}$  โดยทั่วไปรังสีนี้มีพลังงาน 4 – 10 MeV

เนื่องจากมีมวลมาก  $\rightarrow$  ทำให้ตัวกลางแตกตัวมาก  $\rightarrow$  อัลฟาจะเสียพลังงานมาก  $\rightarrow$  ทำให้อำนาจในการเคลื่อนที่ทะลุทะลวงต่ำ (เคลื่อนได้ 3 – 5 Cm ในอากาศ)

รังสีแอลฟา อาจเรียกชื่อว่า อนุภาคแอลฟา

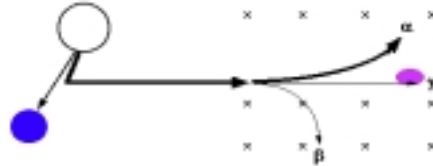
2. รังสีบีตา (Beta particle,  $\beta$ )

เป็นลำของอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงในช่วงประมาณ 0.025 – 3.5 MeV เขียนเป็นสัญลักษณ์จะได้  ${}^0_{-1}\text{e}$  เนื่องจากมีมวลน้อย  $\rightarrow$  ทำให้ตัวกลางแตกตัวน้อย  $\rightarrow$  บีตาจะเสียพลังงานน้อย  $\rightarrow$  ทำให้อำนาจในการเคลื่อนที่สูงกว่าอัลฟา

นอกจากนี้รังสีบีต่ายังเบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กได้มากกว่ารังสีแอลฟา เพราะอัตราเร็วของการเคลื่อนที่สูงกว่าอัลฟา

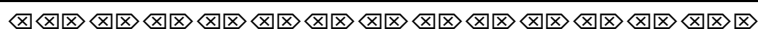
- ข้อควรทราบ**
- 1) เมื่อนิวตรอนให้นิวเคลียสเกิดการแตกตัว จะให้อิเล็กตรอนออกมา กลายเป็นรังสีบีตา ออกมานอกนิวเคลียส และยังจะให้โปรตรอนเหลืออยู่ในนิวเคลียสอีก 1 ตัว ทำให้นิวเคลียสมีโปรตรอนมากขึ้น แล้วเปลี่ยนเป็นนิวเคลียสของธาตุนิวคลีอิดอื่นไป
  - 2) เนื่องจากอิเล็กตรอนที่ออกมาจากนิวเคลียส มีมวลน้อย ดังนั้นมวลของนิวเคลียสจึงคงเดิม

**3. รังสีแกมมา (Gamma Rays  $\gamma$ )**



เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง จึงเป็นกลางทางไฟฟ้า เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของนิวเคลียส เพราะนิวเคลียสที่เกิดใหม่ในกัมมันตภาพรังสีนั้น จะอยู่ในภาวะ Excited Stated และ เมื่อนิวเคลียสลดระดับพลังงานลงมาอยู่ใน Ground Stated จะคายพลังงานออกมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในระดับของรังสีแกมมานั่นเอง เนื่องจากรังสีแกมมามีพลังงานสูงมากคือ ปริมาณ 0.04 – 3.2 MeV และทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนของตัวกลางที่ผ่านน้อยมาก ดังนั้น Gamma Rays จึงมีอำนาจในการทะลุผ่านสูงมาก

เมื่อเรียงลำดับตามมวลจะได้	อัลฟา > บีตา > แกมมา
เมื่อเรียงลำดับตามความสามารถทำให้ตัวกลางเกิดการแตกตัว จะได้	อัลฟา > บีตา > แกมมา
เมื่อเรียงลำดับตามการสูญเสียพลังงาน จะได้	อัลฟา > บีตา > แกมมา
เมื่อเรียงลำดับตามอำนาจในการเคลื่อนที่ทะลุทะลวงไปในตัวกลาง	แกมมา > บีตา > อัลฟา
เมื่อเรียงลำดับตามพลังงานที่มี จะได้	อัลฟา > บีตา > แกมมา



**6. การแผ่รังสีชนิดใดที่มีได้มีแหล่งกำเนิดจากนิวเคลียส**

- ก. แอลฟา                      ข. เบตา                      ค. แกมมา                      ง. รังสีเอกซ์

7. รั้งสีต่อไปนี้ รั้งสีใดมีประจุไฟฟ้า

- |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| 1. รั้งสีเอกซ์ | 2. รั้งสีแอลฟา | 3. รั้งสีแกมมา |
| 4. รั้งสีเบตา  | 5. รั้งสีคาโซด |                |

คำตอบที่ถูกต้องคือ

- |                |                |
|----------------|----------------|
| ก. ข้อ 1, 2, 3 | ข. ข้อ 2, 3, 4 |
| ค. ข้อ 3, 4, 5 | ง. ข้อ 2, 4, 5 |

8. การเรียงรั้งสีจากสารกัมมันตรังสี โดยคุณสมบัติการทะลุทะลวงจากมากไปน้อยคือ

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| ก. แอลฟา เบตา แกมมา | ข. แกมมา เบตา แอลฟา |
| ค. เบตา แอลฟา แกมมา | ง. เบตา แกมมา แอลฟา |
| จ. แอลฟา แกมมา เบตา |                     |

9. รั้งสีที่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กได้มากที่สุดคือ

- |                |            |          |
|----------------|------------|----------|
| ก. แอลฟา       | ข. เบตา    | ค. แกมมา |
| ง. รั้งสีเอกซ์ | จ. นิวตรอน |          |

10(มข 35) ถ้าให้รั้งสีบีตา แกมมา และแอลฟา เคลื่อนที่อยู่ในน้ำ และ รั้งสีบีตาทั้งสามชนิดมีพลังงานเท่ากัน เราจะพบว่ารั้งสีบีตาเคลื่อนที่ได้ระยะทาง

- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| ก. สั้นที่สุด                   | ข. ไกลที่สุด                    |
| ค. ไกลกว่าแกมมาแต่ใกล้กว่าแอลฟา | ง. ไกลกว่าแอลฟาแต่ใกล้กว่าแกมมา |

11. อนุภาคแอลฟามีพลังงานโดยเฉลี่ยสูงกว่าอนุภาคเบตา และรั้งสีแกมมาแต่เหตุใดจึงมี

อำนาจในการทะลุทะลวงได้น้อยกว่า

- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| ก. อนุภาคสูญเสียพลังงานเร็ว | ข. อนุภาคแอลฟามีมวลมาก |
| ค. อนุภาคแอลฟามีประจุมาก    | ง. อนุภาคแอลฟามีขนาดโต |
| จ. ไม่มีคำตอบถูก            |                        |

12(มข 38) กระบวนการที่เกิดขึ้นในนิวเคลียส ซึ่งมีลักษณะ คล้ายกับการปล่อยแสงของอะตอมที่อยู่ในสถานะกระตุ้น คือกระบวนการใด

- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| 1. การแผ่รั้งสีแกมมา   | 2. การปล่อยอนุภาคบีตา    |
| 3. การปล่อยอนุภาคอัลฟา | 4. การปล่อยอนุภาคนิวตรอน |

## ตอนที่ 2 สมการนิวเคลียร์

แนะนำให้ทราบถึงสัญลักษณ์บางอย่าง

$$\text{รังสีอัลฟา} = \alpha = {}_2^4 \text{He}$$

$$\text{รังสีบีตา} = \beta = {}_{-1}^0 \text{e}$$

$$\text{รังสีแกมมา} = \gamma$$

$$\text{โปรตรอน} = p = {}_1^1 \text{H}$$

$$\text{นิวตรอน} = n = {}_0^1 \text{n}$$

$$\text{โพซิตรอน} = e^+ = {}_1^0 \text{e}$$

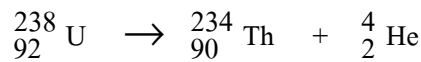
$$\text{ควิเทอร์อน} = {}_1^2 \text{H}$$

$$\text{ตรีตรอน} = {}_1^3 \text{H}$$

ตัวอย่าง กำหนด  ${}_{92}^{238} \text{U}$  สลายตัวให้รังสีอัลฟาออกมา จงเขียนสมการแสดงการแตกตัวนี้

วิธีทำ สมการเบื้องต้นอย่างง่าย

ตัวเริ่มต้น  $\rightarrow$  ตัวเกิดใหม่ + รังสีที่คาย



ในสมการนี้ ทุกตัวแสดงถึงนิวเคลียสของอะตอม สมการนี้จึงเรียกสมการนิวเคลียร์

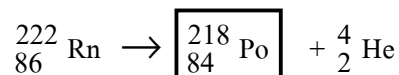
หลักในการเขียนสมการนิวเคลียร์

- 1) ผลรวมเลขมวล (เลขบน) ก่อนปฏิกิริยาและ ผลรวมเลขมวลหลังปฏิกิริยา ต้องมีค่าเท่ากัน
- 2) ผลรวมเลขอะตอม (เลขล่าง) ก่อนปฏิกิริยา และ ผลรวมเลขอะตอมหลังปฏิกิริยาต้องมีค่าเท่ากัน

ตัวอย่าง กำหนด  ${}_{86}^{222} \text{Rn}$  สลายตัวให้รังสีอัลฟาออกมา จงเขียนสมการแสดงการแตกตัวนี้

วิธีทำ สมการเบื้องต้นอย่างง่าย

ตัวเริ่มต้น  $\rightarrow$  ตัวเกิดใหม่ + รังสีที่คาย









27. จงหาจำนวนอนุภาคแอลฟา ( ${}^4_2\text{He}$ ) และอนุภาคบีตา ( ${}^0_{-1}\text{e}$ ) จากอนุกรมการสลายตัวของ นิวเคลียสต่อไปนี้  ${}^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{208}_{82}\text{Pb}$
28. จงหาจำนวนอนุภาคแอลฟา ( ${}^4_2\text{He}$ ) และอนุภาคบีตา ( ${}^0_{-1}\text{e}$ ) จากอนุกรมการสลายตัวของ นิวเคลียสต่อไปนี้  ${}^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{209}_{83}\text{Bi}$

☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒

**ตอนที่ 3 การสลายตัวของนิวเคลียส**

เมื่อนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวไป จำนวนที่เหลืออยู่ย่อมมีค่าลดลง เราสามารถหาปริมาณที่เหลือได้เสมอ โดยอาศัยสมการดังนี้

$$N = N_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T}} \quad \text{หรือ} \quad N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$m = m_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T}} \quad \text{หรือ} \quad m = m_0 e^{-\lambda t}$$

$$A = A_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T}} \quad \text{หรือ} \quad A = A_0 e^{-\lambda t}$$

เมื่อ  $N_0$  = จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีเริ่มแรกที่พิจารณา ( $t = 0$ )

$N$  = จำนวนนิวเคลียสที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป  $t$

$A_0$  = กัมมันตภาพขณะเริ่มต้น ( $t = 0$ )

$A$  = กัมมันตภาพเมื่อเวลา  $t$  ใด ๆ นับจากเริ่มต้น

$m_0$  = มวลขณะเริ่มต้น ( $t = 0$ )

$m$  = มวลเวลาผ่านไป  $t$

$e$  = 2.7182818

$T$  = ครึ่งชีวิต

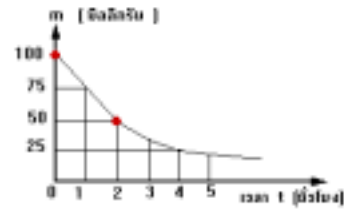
$\lambda$  = ค่าคงตัวการสลาย

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒ ☒☒☒☒

29. ธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่ง มีเวลาครึ่งชีวิต 10 วัน ถ้าเก็บธาตุนั้น จำนวน  $24 \times 10^{18}$  อะตอม ไว้ 30 วัน จะเหลือธาตุนั้นกี่อะตอม

30(En 41/2) ในการทดลองวัดปริมาณรังสีจากธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่ง เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลของธาตุกัมมันตรังสีที่เวลาผ่านไป  $t$  ใด ๆ กับเวลาที่ผ่านไป  $t$  จะได้ผลดังรูป แสดงว่าที่เวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง นับจากตอนต้นธาตุกัมมันตรังสีนี้จะเหลืออยู่ที่มิลลิกรัม



1. 6.25 mg                      2. 3.13 mg                      3. 1.56 mg                      4. 0.78 mg

31(มข 44) สารกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งขณะเริ่มต้น ( $t = 0$ ) มีกัมมันตภาพ 12800 เบ็กเคอเรล มีครึ่งชีวิต 6 วัน อยากทราบว่าเวลาผ่านไปเท่าใด กัมมันตภาพของสารนี้จะลดลงเหลือ 1600 เบ็กเคอเรล

1. 12 วัน                      2. 18 วัน                      3. 21 วัน                      4. 24 วัน

32. ทังนัวยูซึ่งเป็นสารกัมมันตรังสีไว้เป็นเวลานาน วัดกัมมันตภาพได้ 4200 ครั้ง/วินาที ถ้านัวยูนี้เป็นของใหม่ จะวัดกัมมันตรังสีได้ 16800 ครั้ง/วินาที ถ้าวัดครึ่งชีวิตของสารในนัวยูนี้เป็น 8 วัน จงหาว่าทังนัวยูไว้เป็นเวลานานเท่าใด

33(มข 35) ไอโซโทปกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีค่าครึ่งชีวิต 30 นาที อยากทราบว่าจะต้องใช้เวลากี่นาที จึงจะมีปริมาณลดลงเหลือเพียง  $1/10$  ของปริมาณเมื่อตอนเริ่มต้น

34. เศษไม้โบราณเมื่อนำไปวัดกัมมันตภาพจะได้ 12.5 ต่อนาทีต่อกรัม ของคาร์บอน  $-14$  แต่ไม้ชนิดเดียวกัน ซึ่งมีชีวิตและอบแห้งแล้วเป็นปริมาณเท่ากันวัดได้ 100 ต่อนาที อยากทราบว่าเศษไม้โบราณได้ตายมากี่ปีแล้ว กำหนดเวลาครึ่งชีวิตของ  $^{14}\text{C}$  เท่ากับ 5600 ปี

35(En 43/2) สารกัมมันตรังสีโคบอลต์  $-60$  สลายตัวให้รังสีเบตา และรังสีแกมมา โดยมีครึ่งชีวิต 5.30 ปี จงหาเปอร์เซ็นต์ของสารกัมมันตรังสีที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป 15.9 ปี

1. 6.25 %                      2. 12.5 %                      3. 18.75 %                      4. 25 %

36(En 34) ไอโอดีน  $-131$  มีค่าคงตัวของการสลายเท่ากับ 0.087 ต่อวัน ถ้ามีไอโอดีน  $-131$  อยู่ 10 กรัม ตอนเริ่มต้นเมื่อเวลาผ่านไป 24 วัน จะมีไอโอดีน  $-131$  เหลืออยู่เท่าไร (กำหนดให้  $\ln 2 = 0.693$ )

1. 0.63 กรัม                      2. 1.25 กรัม                      3. 2.50 กรัม                      4. 5.00 กรัม





44. จงหารัศมีของนิวเคลียส  ${}_{30}^{64}\text{Zn}$  กำหนด  $r_0 = 1.2 \times 10^{-15}$  เมตร

45(En 33) รัศมีนิวเคลียสธาตุไฮโดรเจนเป็น  $1.4 \times 10^{-15}$  เมตร รัศมีนิวเคลียสของธาตุ  ${}_{11}^{27}\text{Al}$  จะเป็นกี่เมตร

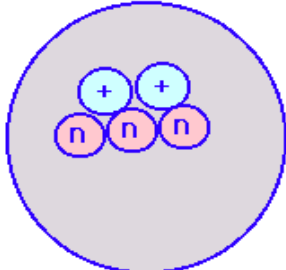
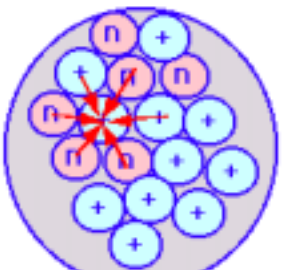
- |                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 1. $4.2 \times 10^{-15}$ เมตร  | 2. $5.6 \times 10^{-15}$ เมตร |
| 3. $12.6 \times 10^{-15}$ เมตร | 4. $27 \times 10^{-15}$ เมตร  |

46. ธาตุไอโซโทปของ  ${}_{88}^{224}\text{Ra}$  จะมีรัศมีเป็นกี่เท่าของธาตุไอโซโทปของ  ${}_{11}^{28}\text{Na}$

1. 2 เท่า                      2. 3 เท่า                      3. 4 เท่า                      4. 5 เท่า

☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒

แรงนิวเคลียร์

**แรงที่เกี่ยวข้องกับนิวคลีออนในนิวเคลียส**

- 1) แรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้า (มีค่ามาก)
- 2) แรงดึงดูดระหว่างมวล (มีค่าน้อย)
- 3) แรงนิวเคลียร์ คอยผูกมัดนิวคลีออนต่าง ๆ เอาไว้มิให้ฟุ้งกระจายออกมานอกนิวเคลียส (มีค่ามหาศาล เมื่อเทียบกับแรงผลักระจุ)

**ลักษณะของแรงนิวเคลียร์**

- 1) เป็นแรงดึงดูดระยะสั้น
- 2) ไม่เกี่ยวกับชนิดของประจุ
- 3) มีค่ามากกว่าแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้า

☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒ ☒☒☒

47(มข 33) ข้อต่อไปนี้เป็นข้อใดอธิบายธรรมชาติของแรงนิวเคลียร์ได้ถูกต้องที่สุด

ก. แรงนิวเคลียร์เป็นแรงระยะสั้น , ดึงดูด , ขึ้นอยู่กับระยะทางกำลังสองผกผันและไม่ขึ้นกับชนิดประจุไฟฟ้า

ข. แรงนิวเคลียร์เป็นแรงระยะสั้น , ดึงดูด , ขึ้นอยู่กับระยะทางกำลังสองผกผันและขึ้นกับชนิดประจุไฟฟ้า









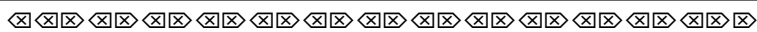
อย่างมหาศาล และให้นิวตรอนอีก 3 ตัว ซึ่งถ้านิวตรอนเหล่านี้มีพลังงานสูงพอ ก็จะวิ่งเข้าชนนิวเคลียสของยูเรเนียมอะตอมต่อ ๆ ไป ก่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่องที่เรียกว่า ปฏิกิริยาลูกโซ่เฟอร์มี เป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่สามารถควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ให้สม่ำเสมอได้ โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ซึ่งควบคุมอัตราการเกิดฟิชชันโดยการควบคุมจำนวนนิวตรอนที่เกิดขึ้น

**ฟิวชัน**

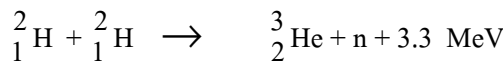
ฟิวชัน คือ ปฏิกิริยาที่เกิดจากการรวมตัวกันของธาตุเบา 2 ธาตุ แล้วยังผลให้เกิดธาตุซึ่งหนักกว่าและมีการปลดปล่อยพลังงานนิวเคลียร์ออกมาด้วย



จะเห็นว่าปฏิกิริยานี้เกิดจาก  ${}^1_1\text{H}$  4 ตัว รวมกันเป็น  ${}^4_2\text{He}$  1 ตัว แล้วมีการปล่อยอนุภาคที่มีประจุบวกและมีมวลใกล้เคียงกับอิเล็กตรอน เรียกว่า โพซิตรอนอีก 1 ตัว ปฏิกิริยานี้มีการปลดปล่อยพลังงานออกมามากมายเช่นกัน ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาที่เกิดบนดวงอาทิตย์ หรือ บนดาวฤกษ์ ที่มีพลังงานสูงทั้งหลาย สำหรับบนโลกเราปฏิกิริยาฟิวชันสามารถทำให้เกิดขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการ



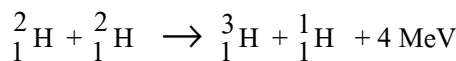
60(มข 40) จากการคำนวณพบว่าในน้ำทะเล 1 ลิตร ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำ จำนวน  $3.3 \times 10^{23}$  และพบว่าในทุกๆ 6600 โมเลกุล ของน้ำนี้จะมีดิวทีเรียมอยู่ 1 อะตอม เมื่อนำดิวทีเรียมทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ 1 ลิตรนี้ มาหลอมละลายเป็นปฏิกิริยาฟิวชันดังสมการ

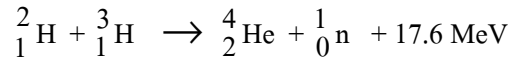


จะมีพลังงานปลดปล่อยออกมาทั้งหมดกี่เมกะจูล (MJ)

1. 0.48                      2. 6.6                      3. 13.2                      4. 26.4

61. ในการทำปฏิกิริยาฟิวชันโดยใช้ดิวเทอรอน ( ${}^2_1\text{H}$ ) พบว่ามีปฏิกิริยาดังนี้





อยากทราบว่าถ้าในน้ำทะเลมีดิวเทอเรียมประมาณ  $5 \times 10^{18}$  อะตอม ถ้านำมาทำให้เกิดฟิวชันทั้งหมดจะได้พลังงานเท่าใด

62(En 41) ปฏิกิริยาฟิชชันของธาตุชนิดหนึ่ง ให้มวลรวมของธาตุหลังเกิดปฏิกิริยาลดลง 0.025 u จงคำนวณว่าจะต้องเกิดฟิชชันกี่ครั้งต่อวินาที จึงจะทำให้กำลังงาน 930 วัตต์

กำหนดให้  $1 \text{ u} = 930 \text{ MeV}$  และ  $1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$

- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. $2.5 \times 10^{14}$ ครั้ง | 2. $5.0 \times 10^{14}$ ครั้ง |
| 3. $7.5 \times 10^{14}$ ครั้ง | 4. $1.0 \times 10^{15}$ ครั้ง |

63. วัตถุที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงปรมาณูในปัจจุบัน นอกจาก U-235 แล้ว ยังมี

- |           |           |
|-----------|-----------|
| ก. U-238  | ข. Au-198 |
| ค. Pu-239 | ง. Na-34  |

64(มข 37) ข้อความต่อไปนี้ ข้อความใดถูก

- เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ใช้ผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน ได้พลังงานจากฟิวชันไปทำให้น้ำกลายเป็นไอ ไอน้ำไปหมุนกังหัน ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา
- เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ใช้ผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันได้ พลังงานจากปฏิกิริยาที่นิวเคลียสของธาตุหนักแตกตัวออกเป็น 2 ส่วนขนาดใกล้เคียงกัน และปฏิกิริยาลูกโซ่
- เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จะสามารถทำงานได้ตลอดไป เนื่องจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดขึ้น จึงไม่ต้องมีการเติมแท่งเชื้อเพลิง
- ถ้าแท่งเชื้อเพลิงในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์คือ U-235 แล้วที่เกิดขึ้นหลังปฏิกิริยานิวเคลียร์เป็นสารเสถียรไม่อันตราย





6. จงหาจำนวนอนุภาคแอลฟา ( ${}^4_2\text{He}$ ) และอนุภาคบีตา ( ${}^0_{-1}\text{e}$ ) จากอนุกรมการสลายตัวของ นิวเคลียสต่อไปนี้  ${}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{207}_{82}\text{Pb}$
7. ไอโซโทปกัมมันตภาพรังสี  ${}^{24}\text{Na}$  มีเวลาครึ่งชีวิต 15 ชั่วโมง ได้ถูกส่งไปยังโรงพยาบาล จุฬา ถ้าเสียเวลาในการขนส่ง 3 ชั่วโมง ทางโรงพยาบาลจุฬาจะใช้กัมมันตภาพได้แรงที่สุดเท่าไร ถ้าเริ่มบรรจุมีกัมมันตภาพ 10 มิลลิวูรี (กำหนด  $2^{0.2} = 1.15$ )
8. สารกัมมันตรังสีจำนวนหนึ่งเมื่อทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ปรากฏว่าสลายไป  $\frac{15}{16}$  เท่าของของเดิม จงหาค่าครึ่งของการสลายตัวของสารนี้
- 9(En 31) ไอโซโทปของโซเดียม ( ${}^{24}_{11}\text{Na}$ ) มีครึ่งชีวิต 15 ชั่วโมง จงหาว่าเวลาผ่านไป 75 ชั่วโมง นิวเคลียสของไอโซโทปนี้จะสลายไปแล้วประมาณกี่เปอร์เซ็นต์ของจำนวนที่ ตั้งต้น ถ้าตอนเริ่มแรกนิวเคลียสของไอโซโทปนี้มีค่า 5 คูรี
1. 75 %                      2. 87.5 %                      3. 94 %                      4. 97 %
- 10(มข 32) สารกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีค่าครึ่งของการสลายตัว 0.077 ต่อปี จะต้องใช้เวลานานเท่าไร จึงจะมีมวลลดลงจาก 40 กรัม เหลือเพียง 2.5 กรัม
- ก. 3 ปี                      ข. 13 ปี                      ค. 36 ปี                      ง. 45 ปี
- 11(มข 31) ธาตุชนิดหนึ่งมีมวล 10 กรัม ใช้เวลา 20 วัน จึงจะมีมวลเหลืออยู่ 2.5 กรัม ค่าครึ่งของการสลายตัวมีค่าเป็น
- ก. 0.069 ต่อวัน                      ข. 0.035 ต่อวัน  
ค. 0.054 ต่อวัน                      ง. 0.015 ต่อวัน
- 12(มข 41) ไอโซโทปของพลูโตเนียม  ${}^{239}\text{Pu}$  มีเวลาครึ่งชีวิต 24 ปี สลายตัวโดยปลดปล่อยอนุภาคแอลฟา ( ${}^4_2\text{He}$ ) ถ้าเริ่มต้นมี  ${}^{239}\text{Pu}$  อยู่ 10 กรัม ถ้ามหาว่าเมื่อเวลาผ่านไป 48 ปี จะมี  ${}^4_2\text{He}$  ถูกปลดปล่อยออกมาคิดเป็นมวลกี่มิลลิกรัม
- 13(En 43/2) ในการทดลองทอดลูกเต๋าเพื่อเปรียบเทียบกับ การสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสี นักเรียนคนหนึ่งใช้ลูกเต๋า 6 หน้า จำนวน 600 ลูก โดยแต้มสีไว้หนึ่งหน้าทุกลูก และหยิบ

ลูกที่ขึ้นหน้าสีออกทุกครั้งทีทอด จงประมาณว่าหลังจากการทอดลูกเต๋าคั้งที่ 3 เมื่อหยิบลูกที่ขึ้นหน้าสีออกแล้ว น่าจะเหลือลูกเต๋าคั้ง

1. 250 ลูก                      2. 300 ลูก                      3. 350 ลูก                      4. 400 ลูก

14(En 41) ในการทดลองอุปมาอุปไมยการทอดลูกเต๋ากับการสลายของธาตุกัมมันตรังสี โดยการโยนลูกเต๋าคั้งแล้วคัดหน้าที่ไม่แต้มสีออกไป ถ้าลูกเต๋ามี 6 หน้า มีหน้าที่แต้มสี 2 หน้า และมีจำนวน 90 ลูก จงหาว่าถ้าทำการโยนลูกเต๋าคั้งทั้งหมด 2 คั้ง โดยสถิติจะเหลือจำนวนลูกเต๋าคั้งเท่าใด

1. 10 ลูก                      2. 30 ลูก                      3. 40 ลูก                      4. 56 ลูก

15(En42/2) ในการทอดลูกเต๋าคั้ง 6 หน้าที่มีการแต้มสี 1 หน้าเหมือนกันทุกลูก จำนวน 180 ลูก ถ้าทอดแล้วทำการคัดลูกเต๋าคั้งที่มีหน้าแต้มสีหงายขึ้นออกไปถ้าทำการทอด 2 คั้ง โดยเฉลี่ยจะคัดลูกเต๋าคั้งออกกี่ลูก

1. 60 ลูก                      2. 55 ลูก                      3. 30 ลูก                      4. 25 ลูก

16(En 36) ลูกเต๋าคั้ง 16 หน้า แต้มสีไว้ที่หน้าหนึ่งจำนวน 100 ลูก นำมาทอดและคัดลูกที่หงายหน้าแต้มสีออกทอดคั้งจึงจะเหลือลูกเต๋าคั้ง 50 ลูก

1. 8 คั้ง                      2. 9 คั้ง                      3. 10 คั้ง                      4. 11 คั้ง

17(En 40) ถ้ามี  $^{226}_{88}\text{Ra}$  จำนวน  $N$  นิวเคลียสมีกัมมันตภาพ  $A$  มิลลิวูรี ค่าคงตัวการสลายต่อวินาทีคือข้อใด (กำหนด  $1 \text{ วูรี} = 3.7 \times 10^{10}$  ต่อวินาที)

1.  $3.7 \times 10^7 \frac{A}{N}$                       2.  $\frac{A}{3.7 \times 10^7 N}$                       3.  $3.7 \times 10^7 \frac{N}{A}$                       4.  $\frac{N}{3.7 \times 10^7 A}$

18(En 35) ค่าคงที่ของการสลายตัวของธาตุซอเรียม  $-232$  เท่ากับ  $1.6 \times 10^{-18}$  ต่อวินาที ธาตุนี้จำนวน 464 กรัม จะสลายตัวกี่ล้านอะตอมต่อวินาที

19(En 40) ธาตุ  $A$  มีค่าคงตัวการสลาย  $\lambda$  จะมีค่าครึ่งชีวิตดังข้อใด

1.  $e^{-\lambda/2}$                       2.  $e^{\lambda/2}$                       3.  $\lambda \ln 2$                       4.  $\frac{\ln 2}{\lambda}$

20(En 32) ตะกั่วหนา 1 มิลลิเมตร สามารถกั้นรังสีแกมมาได้ 90% ถ้าใช้ตะกั่วหนา 3 มิลลิเมตร รังสีแกมมาจะทะลุออกไปได้กี่เปอร์เซ็นต์

1. 30                      2. 3.3                      3. 3.0                      4. 0.1

21(En 34) จงหาเลขมวลของนิวเคลียสซึ่งมีรัศมีเป็น  $\frac{2}{3}$  เท่าของนิวเคลียส  ${}_{13}^{27}\text{Al}$

1. 8

2. 9

3. 16

4. 18

22(มข 37) ค่าความเข้มข้น (จำนวนนิวคลีออน/ปริมาตร) และความหนาแน่นของนิวเคลียส  ${}_{79}^{197}\text{Au}$

โดยใช้  $r_0 = 1.4 \times 10^{-15}$  เมตร คือข้อใด

1. ความเข้มข้น =  $3.5 \times 10^{43}$  นิวคลีออน / เมตร<sup>3</sup>

ความหนาแน่น =  $1.5 \times 10^{17}$  กิโลกรัม / เมตร<sup>3</sup>

2. ความเข้มข้น =  $8.7 \times 10^{43}$  นิวคลีออน / เมตร<sup>3</sup>

ความหนาแน่น =  $1.5 \times 10^{17}$  กิโลกรัม / เมตร<sup>3</sup>

3. ความเข้มข้น =  $8.7 \times 10^{43}$  นิวคลีออน / เมตร<sup>3</sup>

ความหนาแน่น =  $0.6 \times 10^{17}$  กิโลกรัม / เมตร<sup>3</sup>

4. ความเข้มข้น =  $3.5 \times 10^{43}$  นิวคลีออน / เมตร<sup>3</sup>

ความหนาแน่น =  $0.6 \times 10^{17}$  กิโลกรัม / เมตร<sup>3</sup>

23(มข 35) ในปฏิกิริยา ( $n, \gamma$ ) ของนิวเคลียส  ${}_{47}\text{Ag}^{109}$  นิวเคลียสที่เกิดใหม่คือ

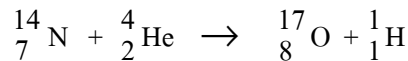
ก.  ${}_{47}\text{Ag}^{100}$

ข.  ${}_{47}\text{Ag}^{108}$

ค.  ${}_{46}\text{Pd}^{100}$

ง.  ${}_{45}\text{Rh}^{206}$

24(มข 44) ยิงอนุภาคแอลฟาพลังงาน 2.5 MeV เข้าชนเป้า  ${}_{7}^{14}\text{N}$  เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ดังนี้



อนุภาคโปรตอนมีพลังงานจลน์เท่าใด ให้คิดว่า  ${}_{8}^{17}\text{O}$  ไม่มีการเคลื่อนที่

${}_{7}^{14}\text{N}$  มีมวลอะตอม 14.00307 u

${}_{8}^{17}\text{O}$  มีมวลอะตอม 16.99913 u

${}_{2}^{4}\text{He}$  มีมวลอะตอม 4.00260 u

${}_{1}^{1}\text{H}$  มีมวลอะตอม 1.00781 u

1. 1.19 MeV

2. 1.31 MeV

3. 2.5 MeV

4. 3.69 MeV

25(มข 33) จงคำนวณหาค่าพลังงานน้อยที่สุด (ในหน่วยล้านอิเล็กตรอนโวลต์) ในการแยกเอาอนุภาค

นิวตรอนหนึ่งตัวออกจากนิวเคลียสของธาตุ  ${}_{20}\text{Ca}^{40}$

**กำหนด :** มวล  ${}_{20}^{40}\text{Ca} = 39.962589$  u      มวล  ${}_{20}^{39}\text{Ca} = 38.970691$  u

มวลนิวตรอน 1 ตัว = 1.008665 amu      และ มวล 1 u = 931.5 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์

ก. 12.6

ข. 13.6

ค. 14.6

4. 15.6

26(En 37) นิวเคลียสกัมมันตรังสี x มีเลขมวลเท่ากับ 200 มีค่าพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนประมาณ 7 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ เกิดการแตกตัวออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน แต่แต่ละส่วนมีเลขมวลเท่ากับ 100 และมีค่าพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนประมาณ 8 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ จงหาพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาในการแตกตัวของนิวเคลียส x หนึ่งตัว

1. 200 MeV                      2. 1,400 MeV                      3. 1,600 MeV                      4. 3,000 MeV

27(En 43/2) ถ้าพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของ C<sup>12</sup> และ C<sup>13</sup> เท่ากับ 7.7 และ 7.5 MeV ต่อนิวคลีออนตามลำดับ จงหาพลังงานอย่างน้อยในหน่วย MeV ที่ต้องใช้ในการดึงนิวตรอนตัวหนึ่งออกจาก C<sup>13</sup>

28(En 44/1) ถ้าพบว่าปฏิกิริยานิวเคลียร์ X (a, b) Y เป็นปฏิกิริยาที่มีมวลรวมหลังปฏิกิริยามากกว่ามวลรวมก่อนปฏิกิริยา เมื่อประมาณว่านิวเคลียส X และ Y มีพลังงานจลน์น้อยมาก ข้อสรุปใด ไม่ถูกต้อง

1. ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน
2. อนุภาค a มีพลังงานจลน์มากกว่าอนุภาค b
3. ปฏิกิริยานี้ไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้
4. ถ้าอนุภาค a และ b ไม่มีพลังงานยึดเหนี่ยวนิวเคลียส Y จะมีพลังงานยึดเหนี่ยวมากกว่านิวเคลียส X

29(มข 38) เครื่องยนต์ที่มีกำลัง 1000 กิโลวัตต์ ใช้พลังงานจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่มีประสิทธิภาพ 30% เครื่องหนึ่ง ถ้าใช้งานวันละ 12 ชั่วโมง จะต้องใช้เชื้อเพลิงยูเรเนียม <sup>235</sup>U วันละเท่าใด เมื่อการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ของยูเรเนียม 1 ครั้ง ให้พลังงานออกมา 200 MeV

30(มข 38) ปฏิกิริยานิวเคลียร์  $^{222}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} + ^4_2\text{He}$  ให้พลังงานออกมา 4.74 MeV โดยที่ <sup>222</sup>Rn ไม่เคลื่อนที่ ถ้าให้อนุภาคอัลฟาจากปฏิกิริยานี้วิ่งตรงเข้าหานิวเคลียสของทองคำ อนุภาคอัลฟาจะเข้าใกล้นิวเคลียสของทองคำได้มากที่สุดเท่าใด (เลขอะตอมของทองคำเท่ากับ 79)

1.  $1.0 \times 10^{-14}$  เมตร                      2.  $2.0 \times 10^{-14}$  เมตร  
3.  $3.0 \times 10^{-14}$  เมตร                      4.  $4.0 \times 10^{-14}$  เมตร

