

บทที่ 20 ฟิสิกส์นิวเคลียร์

ฟิสิกส์นิวเคลียร์ (Nuclear Physics) เป็นสาขาหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ที่ศึกษาสมบัติของนิวเคลียส และกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับนิวเคลียสที่เรียกว่า ปฏิกิริยานิวเคลียร์

20.1 การค้นพบกัมมันตภาพรังสี

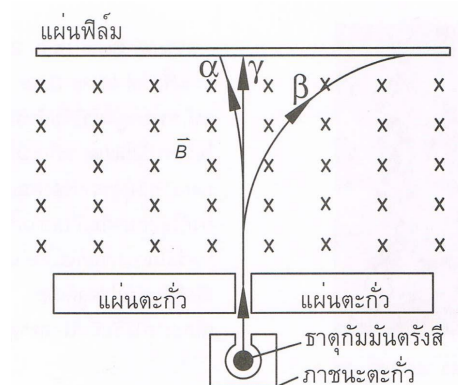
เบ็กเคอเรล นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ทดลองพบว่า ธาตุยูเรเนียมจะปล่อยรังสีออกมาจากธาตุยูเรเนียมตลอดเวลาแม้ไม่โดนแสงแดด และพบว่ารังสียังสามารถผ่านวัตถุทึบแสงออกมาภายนอกได้จากการทดลองพบว่าคุณสมบัติของธาตุยูเรเนียมมีสมบัติเหมือนรังสีเอกซ์ เช่น

1. สามารถวิ่งผ่านวัตถุต่าง ๆ ได้
2. ทำให้อากาศรอบนอกแตกตัวเป็นไอออน
3. เกิดการแผ่รังสีเกิดเองตลอดเวลาแต่รังสีเอกซ์เกิดเองไม่ได้

ปีแอร์และมารี คูรี นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้ทำการทดลองพบว่ายังมีธาตุอื่น เช่น ทอเรียม เรเดียม บอโรเรียม สามารถแผ่รังสีออกมาได้เช่นเดียวกัน

ปรากฏการณ์แผ่รังสีได้เองอย่างต่อเนื่องของธาตุ เรียกว่า กัมมันตภาพรังสี และธาตุที่สามารถแผ่รังสีเองได้ เรียกว่า ธาตุกัมมันตรังสี

ชนิดของกัมมันตภาพรังสี



รูป 20.1 แสดงการเคลื่อนที่ของรังสีทั้ง 3 ชนิด ผ่านสนามแม่เหล็ก

รังสีของธาตุกัมมันตรังสีแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. รังสีแอลฟา สัญลักษณ์ α หรือ ${}^4_2\text{He}$ (ประจุบวก) เป็นนิวเคลียสของฮีเลียม มีมวลประมาณ $4u$ มีประจุไฟฟ้า $+2e$ และมีพลังงานประมาณ $4 - 10 \text{ MeV}$ มีคุณสมบัติทำให้เนื้อสารแตกตัวเป็นไอออนได้จึงเคลื่อนที่ผ่านอากาศได้เพียง $3 - 5$ เซนติเมตร แต่ไม่สามารถทะลุผ่านแผ่นกระดาษบาง ๆ ได้
2. รังสีบีตา สัญลักษณ์ β หรือ ${}^0_{-1}e$ (ประจุลบ) เป็นอิเล็กตรอน มีประจุไฟฟ้า $-1e$ มีพลังงานประมาณ $0.025 - 3.5 \text{ MeV}$ สามารถเคลื่อนที่ผ่านอากาศได้ $1 - 3$ เมตร และสามารถทะลุผ่านแผ่นกระดาษได้
3. รังสีแกมมา สัญลักษณ์ γ (เป็นกลางทางไฟฟ้า) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า มีพลังงานประมาณ $0.04 - 3.2 \text{ MeV}$ สามารถทะลุผ่านแผ่นอลูมิเนียมที่หนาหลายเซนติเมตรได้ จึงเป็นรังสีที่มีอำนาจทะลุผ่านมากที่สุด

เปรียบเทียบสมบัติของ α, β และ γ

1. มวลและประจุไฟฟ้า $\alpha > \beta > \gamma$
2. พลังงาน $\alpha > \beta > \gamma$
3. การทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออน $\alpha > \beta > \gamma$
4. อำนาจทะลุผ่านอากาศ $\gamma > \beta > \alpha$

สัญลักษณ์ของชาติและอนุภาคบางอย่างที่ควรทราบ

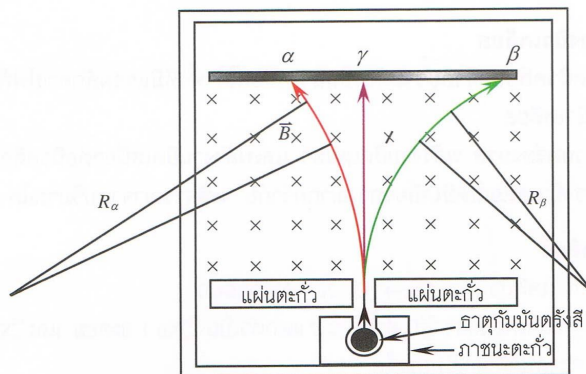
แอลฟา (α) = ${}^4_2\text{He}$	ไฮโดรเจนหรือโปรตอน = ${}^1_1\text{H}$
บีตา (β^-) = ${}^0_{-1}\text{e}$	ดิวเทรอน = ${}^2_1\text{H}$
บีตา (β^+) = ${}^0_{+1}\text{e}$	ทริตรอน = ${}^3_1\text{H}$
แกมมา (γ) = γ	นิวตรอน = ${}^1_0\text{n}$
ยูเรเนียม = ${}^{235}_{92}\text{U}$	ตะกั่ว = ${}^{206}_{82}\text{Pb}$

แบบฝึกหัดที่ 20.1

- 1.1** (มข.) คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของอนุภาคแอลฟา ก็คือ
ก. มีอำนาจทะลุผ่านสูง ข. มีพลังงานจลน์สูงกว่าอนุภาควิวอื่น
ค. ทำให้สารที่ผ่านแตกตัวเป็นไอออน ง. คล้ายกับรังสีเอกซ์ (X-ray)
- 1.2** (Ent) รังสีแอลฟามีอำนาจในการทะลุผ่านน้อยกว่ารังสีชนิดอื่นที่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีเนื่องจาก
ก. รังสีแอลฟามีพลังงานน้อยกว่ารังสีชนิดอื่น
ข. รังสีแอลฟามีคุณสมบัติในการทำให้อะตอมของสารที่รังสีผ่าน แตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่า
ค. รังสีแอลฟาไม่มีประจุไฟฟ้า ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข
- 1.3** (Ent) พิจารณาข้อความต่อไปนี้สำหรับรังสีแอลฟา บีตา และแกμμα
1. มีความสามารถในการทำให้อาหารแตกตัวเป็นไอออนได้ดีที่สุด
 2. ต้องใช้วัสดุที่มีความหนาแน่นมากในการกันรังสี
 3. เมื่อเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก แนวทางการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง
 4. อัตราส่วนประจุต่อมวลมีค่ามากที่สุด
- ข้อความใดเป็นสมบัติของรังสีบีตา
- ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 1 และ 3 ค. ข้อ 2 และ 4 **ง. ข้อ 3 และ 4**
- 1.4** (มช.) ข้อความต่อไปนี้อยู่ในข้อใดถูก
- ก. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีแกμμα แต่น้อยกว่ารังสีเอกซ์
ข. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีเอ็ก แต่ต่ำกว่ารังสีแอลฟา
ค. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีแอลฟา แต่น้อยกว่ารังสีแกμμα
ง. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีอื่น ๆ ทุกชนิด

- [illegible]

- 3.1 จากรูป ถ้าอนุภาคแอลฟาและบีตามีความเร็ว $0.05c$ และ $0.3c$ ตามลำดับและมวลของอนุภาคแอลฟามีค่าเป็น 7300 เท่าของอนุภาคบีตา อัตราส่วนระหว่างรัศมีมีความโค้งของแนวเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟา และอนุภาคบีตามีค่าเท่าใด (608.3)



20.2 การเปลี่ยนสภาพนิวเคลียส

นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี เป็นนิวเคลียสที่ไม่เสถียร นิวคลีออนภายในนิวเคลียสจะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยการปล่อยอนุภาคต่างๆ และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา เรียกว่า กัมมันตภาพรังสี และนิวเคลียสเดิมจะสลายไปเป็นนิวเคลียสของธาตุใหม่ที่มีเลขมวลและเลขอะตอมเปลี่ยนไปจากเดิม การสลายของนิวเคลียสที่ไม่เสถียรจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปลดปล่อยรังสีชนิดต่างๆ ออกมาจนกระทั่งนิวเคลียสตัวสุดท้ายเป็นนิวเคลียสของธาตุเสถียร เรียกว่า **อนุกรม**

เมื่อธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวจะเปลี่ยนเป็นธาตุใหม่ให้หลักการBalance สมการ

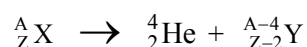
1. ผลบวกของเลขมวลตอนก่อน = ผลบวกของเลขมวลตอนหลัง

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

2. ผลบวกของเลขอะตอมตอนก่อน = ผลบวกของเลขอะตอมตอนหลัง

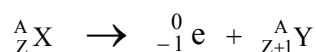
$$\Sigma Z_{\text{ตอนก่อน}} = \Sigma Z_{\text{ตอนหลัง}}$$

- 2.1. สมมติธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้แอลฟา(α) 1 ตัว



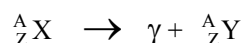
จะได้ธาตุเลขมวลลดลงจากเดิม 4 เลขอะตอมลดลง 2

- 2.2. สมมติธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้บีตา บีตา (β^-) 1 ตัว



จะได้ธาตุใหม่เลขมวลของธาตุเท่าเดิม แต่เลขอะตอมเพิ่มหนึ่ง

- 2.3. สมมติธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้แกมมา(γ) 1 ตัว



จะได้ธาตุตัวเดิม เลขอะตอม เลขมวลไม่เปลี่ยนแปลง

20.2.1 องค์ประกอบของนิวเคลียส

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 แทน เลขอะตอม (atomic number) คือ จำนวนของโปรตอนในนิวเคลียสนั้น

n แทน เลขนิวตรอน (neutron number) คือ จำนวนของนิวตรอนในนิวเคลียสนั้น

A แทน เลขมวล (mass number) คือ จำนวนนิวคลีออนทั้งหมดในนิวเคลียสนั้น

$$\text{หรือ } A = Z + n$$

X แทน สัญลักษณ์ทางเคมี (chemical symbol) คือ สัญลักษณ์ของธาตุทางเคมี

แบบฝึกหัดที่ 20.2

1.1 อะตอมของธาตุ ยูเรเนียม $^{235}_{92}\text{U}$ จงหา

ก. จำนวนนิวคลีออน ข. จำนวนอิเล็กตรอน ค. จำนวนโปรตอน ง. จำนวนนิวตรอน

1.2 (มข.) อะตอมของ $^{210}_{84}\text{Po}$ ข้อใดถูกต้อง

ก. มีจำนวนนิวคลีออน = 210 จำนวนนิวตรอน = 84

ข. มีจำนวนอิเล็กตรอน = 84 จำนวนนิวตรอน = 126

ค. มีจำนวนอิเล็กตรอน = 126 จำนวนโปรตอน = 84

ง. มีจำนวนนิวคลีออน = 210 จำนวนอิเล็กตรอน = 126

1.3 (Ent) จำนวนนิวตรอนในนิวเคลียส $^{27}_{13}\text{Al}$ คือ

ก. 13

ข. 14

ค. 27

ง. 40

1.4 (มข.) ดินุ๊กมีเลขอะตอม = 50 และเลขมวล 120 จะมีจำนวนนิวคลีออนเท่าไร

ก. 20

ข. 70

ค. 120

ง. 170

1.5 (มข.) อะตอมของธาตุ $^{196}_{78}\text{Pt}$ กับ $^{197}_{79}\text{Au}$ จะมีจำนวนอะไรเท่ากัน

ก. นิวคลีออน

ข. นิวตรอน

ค. โปรตอน

ง. อิเล็กตรอน

1.6 (Ent) ธาตุ A สลายเป็นธาตุ B โดยปล่อยรังสีบีตาออกมา ธาตุทั้งสองจะมีจำนวนใดเท่ากัน

ก. นิวตรอน

ข. โปรตอน

ค. ผลรวมของนิวตรอนและโปรตอน

ง. ผลต่างของนิวตรอนและโปรตอน

1.7 (Ent) เมื่อบิสมัท $^{214}_{83}\text{Bi}$ สลายตัวให้รังสีบีตาแลบ นิวเคลียสของธาตุใหม่คือ

ก. $^{210}_{82}\text{Pb}$

ข. $^{210}_{83}\text{Bi}$

ค. $^{214}_{85}\text{At}$

ง. $^{214}_{84}\text{Po}$

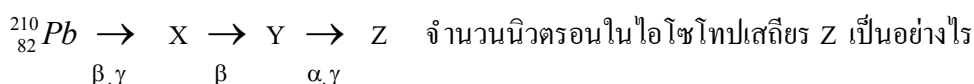
- 1.8 (Ent) จากธาตุไอโซโทปของยูเรเนียม $^{238}_{92}\text{U}$ สลายตัวแบบอนุกรมได้อนุภาคแอลฟา รวม 8 ตัว และอนุภาคบีตา รวม 6 ตัว และได้ไอโซโทปของธาตุใหม่อีก 1 ตัว อยากทราบว่าไอโซโทปของธาตุใหม่มีเลขมวลและเลขอะตอมตรงกับข้อใด

ก. 91, 324 ข. 92, 206 ค. 234, 91 ง. 206, 82

- 1.9 (Ent) ในการสลายตัวต่อ ๆ กันของธาตุกัมมันตรังสี โดยเริ่มจาก $^{238}_{92}\text{U}$ เมื่อสลายให้อนุภาคทั้งหมดเป็น α , 2β , และ 2γ จะทำให้ได้นิวเคลียสใหม่ มีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเท่าใด

ก. จำนวนโปรตอน 88 จำนวนนิวตรอน 140 ข. จำนวนโปรตอน 90 จำนวนนิวตรอน 140
ค. จำนวนโปรตอน 88 จำนวนนิวตรอน 142 ง. จำนวนโปรตอน 90 จำนวนนิวตรอน 142

- 1.10 (Ent) นิวเคลียส $^{210}_{82}\text{Pb}$ สลายตัวไอโซโทปเสถียรตามลำดับดังนี้



- 2.1 อนุภาคแอลฟาประกอบด้วยอนุภาคใดบ้าง
2.2 จงใช้ตารางธาตุในการเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียสของธาตุต่อไปนี้ คาร์บอน ทองแดง อะลูมิเนียม ทองคำ ตะกั่ว ซึ่งมีเลขมวล 12, 63, 27, 197, 207 ตามลำดับ
2.3 จงให้ชื่อที่มีความหมายต่อไปนี้
ก. จำนวนโปรตอนในนิวเคลียส
ข. จำนวนนิวตรอนและโปรตอนในนิวเคลียส
ค. โปรตอนและนิวตรอนที่รวมกันเป็นนิวเคลียส
ง. นิวคลีออนที่ไม่มีประจุไฟฟ้า

- 2.4 จากรูปเป็นอะตอมของธาตุชนิดหนึ่งประกอบด้วย โปรตอน (○) นิวตรอน (●) และอิเล็กตรอน (●) จงหา

ก. เลขมวล

ข. เลขอะตอม

ค. จำนวนนิวคลีออน

ง. ประจุไฟฟ้าของนิวเคลียสและของอะตอม



- 2.5 นิวเคลียสต่อไปนี้ มีจำนวนโปรตอน นิวตรอนและนิวคลีออนอย่างละเท่าใด

ก. ^1_1H ข. ^2_1H ค. ^4_2He ง. ^7_3Li จ. $^{13}_{15}\text{C}$ ฉ. $^{206}_{82}\text{Pb}$
ช. $^{208}_{82}\text{Pb}$ ซ. $^{234}_{90}\text{Th}$ ฅ. $^{238}_{92}\text{U}$

- 2.6 ธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งสลายให้รังสีบีตา เลขอะตอมและเลขมวลของธาตุใหม่เปลี่ยนไปจากธาตุเดิมเท่าใด

- 2.7 นิวเคลียสของธาตุชนิดหนึ่งคือ ^A_ZX เมื่อสลายให้รังสีแกมมาแล้ว นิวเคลียสของธาตุนั้น จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

- 2.8 อนุภาคที่ได้จากการสลายของ $^{14}_6\text{C}$ เป็น $^{14}_7\text{N}$ คืออะไร

2.9 มีการเปลี่ยนแปลงใดบ้างที่เกิดขึ้นในนิวเคลียส เมื่อนิวเคลียสปล่อย

- ก. อนุภาคแอลฟา ข. อนุภาคบีตา ค. รังสีแกมมา

2.10 นิวเคลียส $^{216}_{84}\text{Po}$ สลายให้ $^{212}_{82}\text{Pb}$

- ก. ในการสลายมีอนุภาคใดถูกปล่อยออกมา ข. จงเขียนสมการการสลาย

2.11 สมการต่อไปนี้แสดงการสลายของตะกั่ว $^{210}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^A_Z\text{X} + ^0_{-1}\text{e}$

- ก. A และ Z มีค่าเท่าใด ข. X เป็นนิวเคลียสของธาตุใด

2.12 เขียนสมการการสลายต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

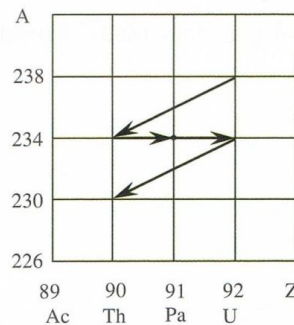
- ก. $^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow +\alpha$ ข. $^{239}_{92}\text{U} \rightarrow +\beta$

2.13 นิวเคลียสของ $^{232}_{90}\text{Th}$ สลายให้อนุภาคแอลฟาเกิดเป็นนิวเคลียสของธาตุใหม่ แล้วนิวเคลียสใหม่

มีการสลายให้อนุภาคบีตา จงเขียนสมการการเปลี่ยนสภาพนิวเคลียสที่เกิดขึ้นทั้งหมด

2.14 จากรูปเป็นแผนภาพแสดงบางส่วนของอนุกรม

การสลายอนุกรมหนึ่งจงเขียนสมการการสลายที่เกิดขึ้นทั้งหมด

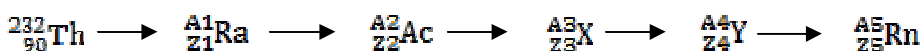


2.15 นิวเคลียสของ $^{232}_{90}\text{Th}$ สลายจนได้ $^{208}_{82}\text{Pb}$ ซึ่งเป็นธาตุเสถียร ในระหว่างการสลายมีการปล่อยอนุภาคแอลฟาและอนุภาคบีตา ถ้ามีอนุภาคบีตาเกิดขึ้น 4 ตัว จงหาจำนวนอนุภาคแอลฟาที่ถูกปล่อยออกมา

2.16 เมื่อนิวเคลียสของเรเดียม -226 สลายนิวเคลียสของเรดอน -222 จะให้รังสีชนิดใด

2.17 เมื่อนิวเคลียสของบิสมัท-210 สลายให้รังสีบีตา นิวเคลียสของบิสมัท-210 จะเปลี่ยนไปเป็นนิวเคลียสของธาตุใด

2.18 สมการการสลายต่อไปนี้ เป็นบางส่วนของอนุกรมการสลายของทอเรียม-232



20.3 การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

ริทเทอร์ฟอร์ดและชอดดิสได้ตั้งสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีไว้ดังนี้

1. ธาตุกัมมันตรังสีจะแตกตัวออกให้อนุภาคแอลฟาหรือบีตาได้สารใหม่ และสารใหม่ที่เกิดขึ้นนี้

อาจจะมีการแผ่กัมมันตรังสีต่อไปได้อีก

2. ในการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ไม่ขึ้นกับสภาพแวดล้อมภายนอกนิวเคลียส และไม่สามารถจะบอกได้ว่านิวเคลียสใดจะสลายก่อนหรือหลังแต่เราสามารถบอกได้เพียงว่านิวเคลียสทุกตัวมีความน่าจะเป็นที่จะสลายตัวเท่ากันหมดและอัตราการสลายจะขึ้นอยู่กับจำนวนนิวเคลียส (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

$$\therefore -\frac{\Delta N}{\Delta t} \propto N$$

$$-\frac{\Delta N}{\Delta t} = A = \lambda N \dots\dots\dots(20.4)$$

โดย λ แทน ค่าคงที่ของการสลายตัว

N แทน จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ขณะนั้น

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

หน่วยการวัดกัมมันตภาพ

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

ความสัมพันธ์ของอัตราการสลายตัวของกัมมันตภาพรังสีกับครึ่งชีวิต

$$\text{จาก} \quad \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

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

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \int_0^t -\lambda dt \dots\dots\dots 1$$

จากสมการ Integrate $\frac{dN}{N}$ จะได้ $\ln N$

$$\therefore \text{สมการ 1 เขียนใหม่ได้} \quad [\ln N] = [-\lambda t]_0^t$$

แทนค่าขีดจำกัดบน Upper Limit และขีดจำกัดล่าง Lower Limit จะได้

$$\ln N - \ln N_0 = -[\lambda t - 0]$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

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

$$\therefore N = N_0 e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(20.5)$$

โดย $N_0 =$ จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตภาพรังสีที่เวลา $t = 0$

$N =$ จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตภาพรังสีที่เวลา $t = t$

$e =$ ค่าคงที่ $= 2.718$

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

เมื่อเวลาผ่านไปครึ่งชีวิต $t = T$ จำนวนนิวเคลียสเหลือ $N = \frac{N_0}{2}$

$$\text{แทนค่า} \quad \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$$

$$2 = e^{\lambda T}$$

เขียนในรูปของ $\log$ จะได้

$$\log_e 2 = \lambda T$$

$$\therefore \log 2 = \frac{\log 2}{\log e} = \frac{\log 2}{\log 2.718} = 0.693 = \lambda T$$

$$T = \frac{0.693}{\lambda} \dots\dots\dots (20.6)$$

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 $N = \frac{N_0}{2^n} \dots\dots\dots (20.1)$

เวลาผ่านไป T วินาที คิดเป็น 1 ช่วงครึ่งชีวิต

เวลาผ่านไป t วินาที คิดเป็น $n = \frac{t}{T}$ ช่วงครึ่งชีวิต $\dots\dots\dots (20.2)$

แทน (20.2) ใน (20.1) จะได้ $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^n}$

$$\text{จะได้} \quad \frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} \dots\dots\dots (20.3)$$

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

การทดลองอุปมาอุปไมย การทอดลูกเต๋ากับการสลายของธาตุกัมมันตรังสี

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

เมื่อ N_0 คือ จำนวนลูกเต๋าดั้งเดิม

N คือ จำนวนลูกเต๋าคือที่เหลือ

t คือ จำนวนครั้งที่ทอดลูกเต๋า

T คือ จำนวนครั้งที่ทอดแล้วลูกเต๋าคือครึ่งหนึ่งของเดิม

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

เมื่อ T คือ จำนวนครั้งที่ทอดแล้วลูกเต๋าคือครึ่งหนึ่ง

λ คือ โอกาสหายหน้าแต้มสี่

โอกาสหายหน้าแต้มสี่ (λ) = จำนวนหน้าแต้มสี่ / จำนวนหน้าทั้งหมด

แบบฝึกหัดที่ 20.3

- 1.1 (Ent) ถ้ามี $^{226}_{88}\text{Ra}$ จำนวน N นิวเคลียส มีกัมมันตภาพ A มิลลิวูรี ค่าคงตัวของการสลายตัวต่อวินาทีคือข้อใด (กำหนดให้ 1 วูรีเท่ากับการสลาย 3.7×10^{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. $\frac{N}{3.7 \times 10^7 A}$
- 1.2 (Ent) ธาตุกัมมันตรังสีจำนวนหนึ่ง มีกัมมันตภาพ 1 ไมโครวูรี และมีครึ่งชีวิตเท่ากับ 1,000 นาที จำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีขณะนั้นเป็นเท่าใด (1 วูรี = 3.7×10^{10} เบ็คเคอเรล)
- ก. 3.7×10^7 ข. 5.3×10^7 ค. 3.7×10^9 ง. 5.3×10^9
- 1.3 (Ent) ค่าคงตัวของการสลายตัว ของ $^{232}_{90}\text{Th}$ เท่ากับ 1.6×10^{-18} (วินาที⁻¹) ถ้ามี $^{232}_{90}\text{Th}$ อยู่ 1 กิโลกรัม ให้หาอัตราการสลายตัวเป็นอะตอมต่อวินาที ($N_A = 6 \times 10^{23}$ ต่อโมล)
- ก. 4.1×10^3 ข. 9.6×10^5 ค. 4.1×10^6 ง. 9.6×10^8
- 1.4 (Ent) ไอโอดีน - 131 มีค่าคงตัวของการสลายตัวเท่ากับ 0.087 ต่อวัน ถ้ามีไอโอดีน - 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
- 1.5 (Ent) ถ้าธาตุ X มีจำนวนอะตอมเป็น 2 เท่าของธาตุ Y แต่มีกัมมันตภาพเป็น 3 เท่าของธาตุ Y ครึ่งชีวิตของธาตุ X จะเป็นกี่เท่าของธาตุ Y
- ก. $\frac{1}{6}$ เท่า ข. $\frac{2}{3}$ เท่า ค. $\frac{3}{2}$ เท่า ง. 6 เท่า
- 1.6 (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
- 1.7 (Ent) สารกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีค่ากัมมันตภาพ 256 วูรี พบว่าเวลาผ่านไป 6 นาที กัมมันตภาพลดลงเหลือ 32 วูรี จงหาครึ่งชีวิตและค่ากัมมันตภาพที่เหลืออยู่หลังจากเวลาผ่านไปอีก 8 นาที
- ก. 2 นาที 2 วูรี ข. 2 นาที 30 วูรี ค. 4 นาที 8 วูรี ง. 4 นาที 24 วูรี
- 1.8 (Ent) ไอโซโทปของโซเดียม $^{24}_{11}\text{Na}$ มีครึ่งชีวิต 15 ชั่วโมงจงหาว่าเวลาผ่านไป 75 ชั่วโมงนิวเคลียสของไอโซโทปนี้จะสลายไปแล้วประมาณกี่เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสารที่ตั้งต้น ถ้าตอนเริ่มแรกนิวเคลียสของไอโซโทปนี้มีค่า 5 วูรี
- ก. 75 % ข. 87 % ค. 94 % ง. 97 %
- 1.9 (Ent) สารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 สลายตัวให้รังสีบีตาและรังสีแกมมา โดยมีครึ่งชีวิต 5.3 ปี จงหาเปอร์เซ็นต์ของสารกัมมันตรังสีที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป 15.9 ปี
- ก. 6.25 % ข. 12.5 % ค. 18.75 % ง. 25 %
- 1.10 (Ent) ต้องใช้เวลานานเท่าใด ธาตุกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 30 ปี จึงจะมีปริมาณเหลือเพียงร้อยละ 10 ของของเดิม
- ก. 80 ปี ข. 100 ปี ค. 120 ปี ง. 240 ปี

- 1.11 (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
- 1.12 (Ent) ลูกเต๋า 16 หน้า แด้มสีไว้ที่หน้าหนึ่งจำนวน 100 ลูก นำมาทอดและคัดลูกที่หงายหน้าแต้มออก ทอดอีกครั้งจึงจะเหลือลูกเต๋า 50 ลูก
 ก. 8 ครั้ง ข. 9 ครั้ง ค. 10 ครั้ง ง. 11 ครั้ง
- 1.13 (Ent) ในการทดลองอุปมาอุปมัยของการทอดลูกเต๋ากับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี โดยการโยนลูกเต๋าแล้วคัดหน้าที่ไม่แต้มสีออกไป ถ้าลูกเต๋ามี 6 หน้า มีหน้าที่แต้มสี 2 หน้า และมีจำนวน 90 ลูก จงหาว่า ถ้าทำการโยนลูกเต๋าทั้ง 2 ครั้ง โดยสถิติจะเหลือจำนวนลูกเต๋าท่าใด
 ก. 10 ลูก ข. 30 ลูก ค. 40 ลูก ง. 56 ลูก
- 2.1 สารกัมมันตรังสีชนิดหนึ่ง สลายและมีปริมาณลดลงร้อยละ 10 ของจำนวนเริ่มต้นในเวลา 10 ปี อยากทราบว่าในช่วงเวลาอีก 10 ปีถัดไป จะมีสารกัมมันตรังสีสลายไปอีกร้อยละเท่าใดของปริมาณเริ่มต้น
- 2.2 เรเดียม-226 มีจำนวน 2.66×10^{21} อะตอม มีครึ่งชีวิต 1600 ปี จงคำนวณหาจำนวนอะตอมของเรเดียมที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป 8000 ปี
- 2.3 ในการทดลองอุปมาอุปมัยการทอดลูกบาศก์กับการสลายของธาตุกัมมันตรังสี ถ้าลูกบาศก์มี 10 หน้า และมีหน้าที่แต้มสีไว้ 3 หน้า
 ก. จงหาโอกาสที่ลูกบาศก์จะหงายหน้าที่แต้มสีไว้
 ข. ถ้าใช้ลูกบาศก์เดียวกันนี้จำนวน 200 ลูกมาทดลอง แล้วคัดลูกบาศก์ที่หงายหน้าแต้มสีออก จงหาจำนวนครั้งที่ของการทอดที่ทำให้ลูกบาศก์เหลือ 50 ลูก
- 2.4 ในการทดลองหาครึ่งชีวิตของสารกัมมันตรังสี โดยการตรวจนับกัมมันตภาพ ได้ผลการทดลองดังข้อมูลในตาราง ครึ่งชีวิตมีค่าเท่าใดโดยประมาณ
- | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|
| เวลานับจากเริ่มต้น(นาทีก) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| กัมมันตภาพที่นับได้(ต่อวินาที) | 116 | 96 | 80 | 69 | 58 | 50 | 44 |
- ก. 4 นาที ข. 6 นาที ค. 8 นาที ง. 10 นาที
- 2.5 $^{238}_{92}\text{U}$ มวล 1 กิโลกรัม สลายในอนุภาคแอลฟา โดยมีครึ่งชีวิต 4.5×10^9 ปี จงหาปริมาณของธาตุนี้
- 2.6 จงคำนวณหาระยะของนิวเคลียสต่อไปนี้ โดยใช้ λ_0 เท่ากับ 1.4×10^{-15} เมตร
 ก. $^{112}_{48}\text{Cd}$ ข. $^{238}_{92}\text{U}$
- 2.7 ถ้ามีลูกบาศก์ 20 หน้า ซึ่งมีหน้าที่แต้มสีไว้หน้าหนึ่ง จงหาโอกาสที่ลูกบาศก์หงายหน้าที่แต้มสีไว้ และถ้าใช้ลูกบาศก์ชนิดเดียวกันนี้จำนวน 100 ลูกมาทำการทดลอง แล้วคัดลูกที่หงายหน้าแต้มสีออก จงหาจำนวนครั้งที่ของการทอดที่ทำให้ลูกบาศก์เหลือ 5 ลูก (28)
- 2.8 ในการสลายธาตุกัมมันตรังสี พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป $t = nT_{\frac{1}{2}}$ นิวเคลียสที่เหลืออยู่ $N = \frac{N_0}{2^n}$ จงแสดงว่าเมื่อเวลาผ่านไป $nT_{\frac{1}{2}}$ จะได้ว่า $A = \frac{A_0}{2^n}$ และ $m = \frac{m_0}{2^n}$ (ไม่มีคำตอบ)

- 2.9 จากอนุกรมการสลายตัวของธาตุยูเรเนียม-238 ในตาราง 20.2 จงหาค่าคงตัวการสลายของ
เรเดียม -226 และพอโลเนียม -218 ($1.36 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}$, $3.79 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$)
- 2.10 ฟอสฟอรัส -32 มีครึ่งชีวิต 14 วัน จะใช้เวลานานเท่าใด จึงจะเหลือฟอสฟอรัสร้อยละ 25 (28 d)
- 2.11 เรเดียม -226 มีครึ่งชีวิต 1600 ปี จะใช้เวลานานเท่าใด จึงจะสลายไป $\frac{15}{16}$ เท่าของเรเดียมที่มีอยู่เดิม
(6400 yr)
- 2.12 ทริเทียม (^3_1H) เป็นธาตุกัมมันตรังสีซึ่งมีครึ่งชีวิต 2.5 ปี สลายให้อนุภาคบีตาออกมา
ก. หลังจากทริเทียมสลายแล้วจะกลายเป็นธาตุอะไร (ไม่มีคำตอบ)
ข. เมื่อเวลาผ่านไป 25 ปี จะเหลือทริเทียมร้อยละเท่าใดของปริมาณที่มีอยู่เดิม (25)
- 2.13 $^{214}_{82}\text{Pb}$ มวล 3×10^{-14} กิโลกรัม มีกัมมันตภาพ 1 มิลลิวูรี จงหาค่าคงตัวการสลาย ($4.38 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$)
- 2.14 ธาตุกัมมันตรังสี X มีจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น และมีครึ่งชีวิต 0 ปี สลายไปเป็นธาตุ Y ที่เสถียร
หลังจาก เริ่มสลายแล้ว 30 ปี ธาตุ X และ Y จะมีจำนวนนิวเคลียสเท่าใด ($x = 1 \times 10^{13}$, $y = 7 \times 10^{13}$)
- 2.15 ธาตุกัมมันตรังสี ชนิดหนึ่งมีครึ่งชีวิต 0 นาที มีจำนวนนิวเคลียสเริ่มแรกเท่ากับ 8.0×10^{20}
ก. ใน 10 นาที จำนวนนิวเคลียสที่สลายไปเท่าใด (4.0×10^{20})
ข. จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีเหลือเท่าใด เมื่อผ่านไป 1 ชั่วโมง (1.25×10^{19})
- 2.16 ครึ่งชีวิตของทอเรียม-234 เท่ากับ 24 วัน ตอนเริ่มแรกมีจำนวนนิวเคลียสของทอเรียม 4.0×10^{20}
ก. เมื่อเวลาผ่านไป 72 วัน จะเหลือจำนวนนิวเคลียสของทอเรียมเท่าใด (5.0×10^{15})
ข. จะใช้เวลาเท่าใด จึงจะเหลือจำนวนนิวเคลียสของทอเรียม 1.0×10^{20} อะตอม (48d)
- 2.17 ครึ่งชีวิตของ $^{131}_{53}\text{I}$ เท่ากับ 8 วัน ถ้าเริ่มต้นมีธาตุนี้ 0.5 กรัม
ก. เมื่อเวลาผ่านไป 10 วัน จะเหลือมวลเท่าใด (0.42g)
ข. ถ้านิวเคลียสสลายให้อนุภาคบีตา นิวเคลียสที่เกิดขึ้นเป็นนิวเคลียสของธาตุใด
- 2.18 ไอโอดีน-128 มีครึ่งชีวิต 25 นาที จะใช้เวลาเท่าใด กัมมันตภาพของไอโอดีน-128 จะลดลงจาก 3000
ต่อวินาที เป็น 300 ต่อวินาที (8.31 m)
- 2.19 สารกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีครึ่งชีวิต 20 วินาที มีกัมมันตรังสีเริ่มต้น 1.0×10^{12} เบ็กเคอเรล เมื่อเวลา
ผ่านไป 50 วินาที กัมมันตภาพเป็นเท่าใด ($1.24 \times 10^{12} \text{ Bq}$)
- 2.20 กากกัมมันตภาพรังสีจำนวนหนึ่งมีครึ่งชีวิต 80 ปี จะใช้เวลานานเท่าใด กัมมันตภาพจึงลดลงเหลือ
ร้อยละ 20 จากเดิม (185.8 yr)
- 2.21 โพแทสเซียม -44 ($^{44}_{19}\text{K}$) มีครึ่งชีวิต 20 นาที สลายให้ $^{44}_{20}\text{Ca}$ ซึ่งเป็นไอโซโทปเสถียร
ก. โพแทสเซียม-44 มวล 10 มิลลิกรัม มีกัมมันตภาพ (1.37×10^{20})
ข. กัมมันตภาพเริ่มแรกของโพแทสเซียม 44 มีค่าเท่าใด ($7.91 \times 10^{14} \text{ Bq}$)
ค. เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง กัมมันตภาพมีค่าเท่าใด ($9.82 \times 10^{15} \text{ Bq}$)
ง. เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชม. อัตราส่วนระหว่างอะตอมโพแทสเซียมต่ออะตอมแคลเซียมเป็นเท่าใด ($\frac{1}{7}$)
- 2.22 เรดอน -222 มีครึ่งชีวิต 3.82 วัน ถ้าเริ่มต้นมีเรดอน 1 มิลลิกรัม กัมมันตภาพของเรดอน มีค่าเท่าใด
($5.59 \times 10^{12} \text{ Bq}$)
- 2.23 เรเดียม -226 มวล 1 กรัม มีกัมมันตภาพ 1 คูรี ครึ่งชีวิตของเรเดียม 226 เป็นเท่าใด ($5.69 \times 10^{12} \text{ Bq}$)

2.24 พอลเนียม-210 มีครึ่งชีวิต 138 วัน มวลของพอลเนียม-210 เป็นเท่าใด จึงมีกัมมันตภาพ 10 มิลลิคูรี ($2.22 \times 10^{-7} \text{ kg}$)

20.4 ไอโซโทป (Isotope)

ไอโซโทป หมายถึง นิวเคลียสของธาตุชนิดเดียวกัน ที่มีเลขอะตอมเท่ากัน แต่เลขมวลต่างกัน เช่น ^1_1H ^2_1H $^{235}_{92}\text{U}$ $^{238}_{92}\text{U}$ $^{239}_{92}\text{U}$ ดังนั้น การวิเคราะห์ไอโซโทปของธาตุต่าง ๆ ต้องอาศัยสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน เช่น มีมวลต่างกัน การวิเคราะห์ไอโซโทปจึงสามารถทำได้โดยการจำแนกมวลมวลไอโซโทปของธาตุชนิดเดียวกัน ซึ่งมีความแตกต่างกันน้อยมาก การวิเคราะห์จึงต้องใช้เครื่องมือที่สามารถวัดมวลได้ละเอียดมาก เครื่องมือประเภทนี้ ได้แก่ **แมสสเปกโตรมิเตอร์** (mass spectrometer) โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ไอโซโทปแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. ไอโซโทปที่ไม่แผ่รังสี เรียกว่า **ไอโซโทปเสถียร**
2. ไอโซโทปที่แผ่รังสีได้ เรียกว่า **ไอโซโทปกัมมันตรังสี**

ในธรรมชาติ ส่วนมากเป็นไอโซโทปเสถียร

แบบฝึกหัด 20.4

1.1 (มข.) ไอโซโทป เป็นชื่อเรียกนิวเคลียสของธาตุที่มีลักษณะดังนี้

- ก. มีจำนวนนิวคลีออนเท่ากัน
- ข. มีจำนวนโปรตอนเท่ากับนิวตรอน
- ค. มีจำนวนโปรตอนต่างกัน แต่มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน
- ง. มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน

2.1 จากตาราง 20.4 เลขมวลและเลขอะตอมแต่ละไอโซโทปของแต่ละธาตุหนึ่งๆ มีความสัมพันธ์กันหรือไม่อย่างไร

2.2 เพราะเหตุใดไอโซโทปของธาตุชนิดเดียวกันมีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกัน แต่สมบัติทางกายภาพต่างกัน

2.3 แมสสเปกโตรมิเตอร์คืออะไร มีส่วนประกอบอะไรบ้าง และแต่ละส่วนมีหลักการทำงานอย่างไร

20.5 เสถียรภาพของนิวเคลียส

20.5.1 แรงนิวเคลียร์

จากการศึกษาสรุปได้ว่านิวเคลียสมีลักษณะเป็นทรงกลมและขนาดของนิวเคลียสขึ้นอยู่กับจำนวนนิวคลีออนในนิวเคลียสนั้น โดยมีขนาดเล็กกว่าขนาดของอะตอมประมาณแสนเท่า

ถ้า R เป็นรัศมีของนิวเคลียสที่มีเลขมวล A จะเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$R = r_0 A^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(20.7)$$

เมื่อ R แทน รัศมินิวเคลียส A แทน เลขมวล (จำนวนนิวคลีออนในนิวเคลียส)

r_0 แทน 1.2×10^{-15} เมตร ถึง 1.5×10^{-15} เมตร

เนื่องจากนิวคลีออนในนิวเคลียสมีความหนาแน่นมาก แสดงว่ามีแรงดึงดูดระหว่างนิวคลีออนมาก และมากกว่าแรงผลักระหว่างประจุไฟฟ้าของนิวคลีออน แรงดึงดูดระหว่างนิวคลีออนนี้ เรียกว่า **แรงนิวเคลียร์**

20.5.2 พลังงานยึดเหนี่ยว (B.E.)

พลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียสทำให้เกิดแรงนิวเคลียร์ ซึ่งเกิดจาก**มวลพร่อง** (Δm) ของนิวเคลียส เปลี่ยนเป็นพลังงานตามทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์ ($E = mc^2$)

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

การหามวลพร่อง

มวลพร่อง Δm = มวลของโปรตอน + มวลของนิวตรอน – มวลนิวเคลียส

มวลพร่อง Δm = มวลของไฮโดรเจน + มวลของนิวตรอน – มวลอะตอม

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

พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน (พลังงานยึดเหนี่ยวต่อเลขมวล)

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

แบบฝึกหัดที่ 20.5

1.1 (Ent) ถ้ารัศมีนิวเคลียสของธาตุไฮโดรเจนเป็น 1.4×10^{-15} เมตร รัศมีนิวเคลียสของธาตุ $^{27}_{11}\text{Al}$ จะเป็นกี่เมตร

ก. 4.2×10^{-15} เมตร ข. 5.6×10^{-15} เมตร ค. 12.6×10^{-15} เมตร ง. 27×10^{-15} เมตร

1.2 (Ent) รัศมีนิวเคลียสของ $^{238}_{92}\text{U}$ มีค่าประมาณกี่เท่าของรัศมีนิวเคลียสของ ^4_2He

ก. 4 เท่า ข. 8 เท่า ค. 16 เท่า ง. 60 เท่า

1.3 (Ent) ไอโซโทปของธาตุ $^{224}_{88}\text{Ra}$ มีรัศมีเป็นกี่เท่าของธาตุไอโซโทปของ $^{28}_{11}\text{Na}$

ก. 2 เท่า ข. 3 เท่า ค. 4 เท่า ง. 5 เท่า

1.4 (Ent) ถ้านิวเคลียสของธาตุ A มีมวล 4.0020 u และนิวเคลียสของธาตุ A นี้ประกอบขึ้นด้วยโปรตอนและนิวตรอนอย่างละ 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

1.5 (Ent) ธาตุตรีเทียมซึ่งมีเลขมวลอะตอมเป็น 1 เลขมวลเป็น 3 และมวลอะตอมเท่ากับ 3.016049 u

จะมีพลังงานยึดเหนี่ยวเท่ากับเท่าใด กำหนดให้ เลขมวลของไฮโดรเจน = 1.007825 u

มวลนิวตรอน = 1.008655 u และ 1 u = 930 MeV

2.1 เพราะเหตุใดนิวคลีออนจึงอยู่รวมกันเป็นนิวเคลียสได้ ทั้งที่มีแรงผลักทางไฟฟ้าระหว่างโปรตอนในนิวเคลียส

2.2 จงอธิบายส่วนพร่องมวล พลังงานยึดเหนี่ยว และพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน

2.3 ในการบอกว่านิวเคลียสใดมีเสถียรภาพมากกว่ากัน จะพิจารณาจากปริมาณใด

- 3.1 จงหาความหนาแน่นของนิวเคลียร์ $^{27}_{13}\text{Al}$ กำหนดให้ $r_0 = 1.2 \times 10^{-15}$ เมตร และมวลอะตอมของอะลูมิเนียมเท่ากับ 27.0u แล้วเปรียบเทียบผลที่คำนวณได้กับความหนาแน่นของอะลูมิเนียมซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.7×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($2.29 \times 10^{27} \text{ kg/m}^3, 8.48 \times 10^3$)
- 3.2 จงหาพลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียสฮีเลียม ^4_2He ซึ่งมีมวล 4.002604u ในหน่วยจูลและเมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ($4.4 \times 10^{-12} \text{ J}, 27.2 \text{ MeV}$)
- 3.3 พลังงานยึดเหนี่ยวของอะตอมแมกนีเซียม $^{24}_{12}\text{Mg}$ เท่ากับ 198.25 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ จงหามวลอะตอมของแมกนีเซียม (29.985052u)
- 3.4 แกลเลียม-70 ($^{70}_{31}\text{Ga}$) สลายให้เจอร์เมเนียม-70 ($^{70}_{32}\text{Ge}$) และอนุภาคบีตา
 ก. จงเขียนสมการการสลาย
 ข. พลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมามีค่าเท่าใด (1.656 MeV)
 กำหนดให้มวลอะตอมของแกลเลียม-70 (m_{Ga}) มวลอะตอมของเจอร์เมเนียม-70 (m_{Ge}) และมวลของอนุภาคบีตาเท่ากับ 69.926028u, 69.924250u และ 0.000549u ตามลำดับ
- 3.5 มวลอะตอมของ $^{238}_{92}\text{U}$ เท่ากับ 238.050788u จงหา
 ก. มวลพ่อง ($3.21 \times 10^{-27} \text{ kg}$)
 ข. พลังงานยึดเหนี่ยว (1801.7 MeV)
 ค. พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน (7.57 MeV)
- 3.6 มวลอะตอมของ $^{40}_{20}\text{Ca}$ เท่ากับ 39.96259u จงหา
 ก. พลังงานยึดเหนี่ยวของ $^{40}_{20}\text{Ca}$ (342.1 MeV)
 ข. พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของ $^{40}_{20}\text{Ca}$ (8.55 MeV)
- 3.7 จงหาพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของโพแทสเซียม-39 ($^{39}_{19}\text{K}$) กำหนดให้มวลนิวคลีออนของโพแทสเซียม-39 เท่ากับ 38.963710u (8.31 MeV)
- 3.8 นิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวสูงจะมีเสถียรภาพมากกว่านิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่ำกว่าหรือไม่ เพราะเหตุใด
- 3.9 นิวเคลียสใดมีเสถียรภาพมากกว่า เพราะเหตุใด
 ก. ^7_3Li หรือ ^8_3Li ข. $^{13}_6\text{C}$ หรือ $^{15}_6\text{C}$

20.6 ปฏิกิริยานิวเคลียร์

สำหรับการชนระหว่างนิวเคลียสกับนิวเคลียส หรือนิวเคลียสกับอนุภาคนั้น เขียนเป็นปฏิกิริยานิวเคลียสได้ดังนี้

สมการแบบเต็ม $x + a \longrightarrow y + b$

สมการแบบย่อ $x(a, b)y$

กำหนดให้ x แทน นิวเคลียสที่ใช้เป็นเป้า

a แทน อนุภาคที่วิ่งเข้ามาชนเป้า

y แทน นิวเคลียสของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้นภายหลังการชน

b แทน อนุภาคที่เกิดขึ้นภายหลังการชน

หลักการ Balance สมการ

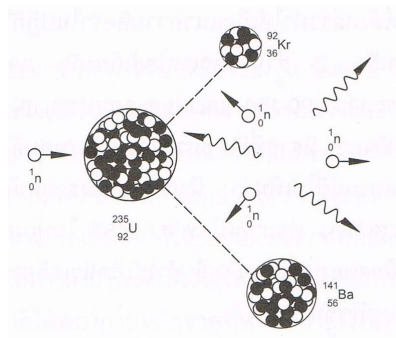
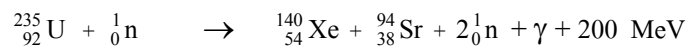
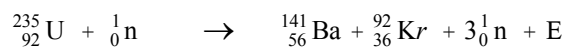
1. ผลบวกของเลขมวลตอนก่อน = ผลบวกของเลขมวลตอนหลัง

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

2. ผลบวกของเลขอะตอมตอนก่อน = ผลบวกของเลขอะตอมตอนหลัง

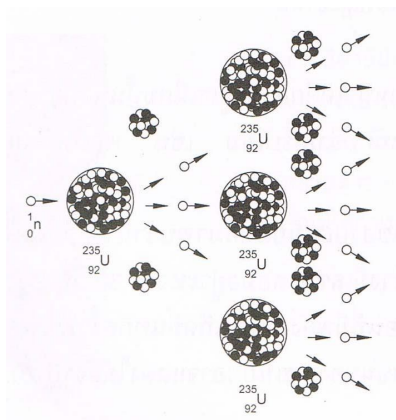
$$\Sigma Z_{\text{ตอนก่อน}} = \Sigma Z_{\text{ตอนหลัง}}$$

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



รูป 20.2 แสดงการเกิดฟิชชันของยูเรเนียม-235

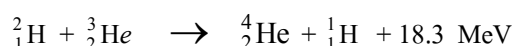
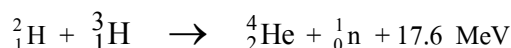
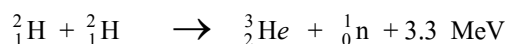
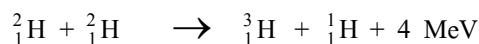
ปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain reaction) เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชันที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยนิวตรอนที่เกิดขึ้นเป็นตัวยิงนิวเคลียสของธาตุต่อไป



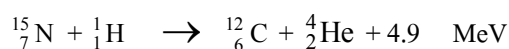
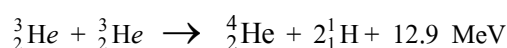
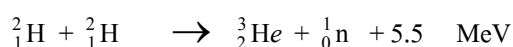
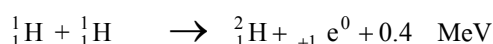
รูป 20.3 การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่

20.6.1 ปฏิกิริยาฟิวชัน (Fission reaction) เกิดจากธาตุเบาตั้งแต่สองธาตุรวมกันกลายเป็นธาตุหนัก ปฏิกิริยาฟิวชันเป็นปฏิกิริยาหลอมตัวของนิวเคลียสและมีพลังงานคายออกมาด้วย นิวเคลียสที่ใช้หลอมจะต้องเป็นนิวเคลียสเล็กๆ ($A < 20$) หลอมรวมกลายเป็นนิวเคลียสเบาที่ใหญ่กว่าเดิม

ตัวอย่างของปฏิกิริยาฟิวชันที่ทำได้ในห้องปฏิบัติการ



ตัวอย่างของปฏิกิริยาฟิวชันที่เกิดขึ้นบนดาวฤกษ์



ตาราง เปรียบเทียบ Fission และ Fusion

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

แบบฝึกหัดที่ 20.6

1.1 (Ent)จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ${}^2_1\text{H} + \text{X} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + \text{n}$ X ควรเป็นอนุภาคใด

ก. อิเล็กตรอน

ข. โปรตอน

ค. ดิวเทรอน

ง. ทริทอน

1.2 (Ent)จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \longrightarrow {}^{15}_7\text{N} + \text{X}$ X คืออนุภาคใด

ก. อิเล็กตรอน

ข. โปรตอน

ค. นิวตรอน

ง. โพซิตรอน

1.3 (Ent)จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ${}^{198}_{80}\text{Hg}(\text{n}, \text{y}) {}^{197}_{79}\text{Au}$ ถ้ามว่า y คืออนุภาคใด

ก. อนุภาคแอลฟา

ข. โปรตอน

ค. ดิวเทรอน

ง. ทริทอน

- 2.1 จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ${}^4_2\text{He} + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + X$ X คืออะไร
- 2.2 ยิงนิวตรอนพุ่งชนอะตอมของ ${}^{235}_{92}\text{U}$ ทำให้ ${}^{235}_{92}\text{U}$ แตกเป็น ${}^{139}_{54}\text{Xe}$ 1 อะตอมและ ${}^{94}_{38}\text{Sr}$ 1 อะตอม อนุภาคที่เกิดจากปฏิกิริยานี้คือข้อใด
- ก. $2 {}^1_0\text{n}$ ข. $3 {}^1_0\text{n}$ ค. ${}^4_2\text{He}$ ง. ${}^1_1\text{H}$
- 2.3 จงเติมนิวเคลียสที่เหมาะสมลงในวงเล็บ เพื่อให้ปฏิกิริยานิวเคลียร์สมดุล
- ก. ${}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow (\quad) + {}^1_1\text{H}$ ข. ${}^{23}_{11}\text{Na} + {}^4_2\text{He} \rightarrow (\quad) + {}^1_1\text{H}$
- ค. $(\quad) + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{35}_{11}\text{Cl} + {}^1_1\text{H}$ ง. $(\quad) + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{40}_{20}\text{Ca} + {}^1_1\text{H}$
- จ. ${}^9_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + (\quad)$ ฉ. ${}^9_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow (\quad) + {}^2_1\text{H}$
- 2.4 จงอธิบายความแตกต่างระหว่างฟิชชันและฟิวชัน
- 3.1 จงคำนวณพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ต่อไปนี้ (609 MeV)
- $${}^{14}_7\text{N} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{15}_7\text{N} + {}^1_1\text{H}$$
- กำหนดให้ ${}^{14}_7\text{N} = 14.003074\text{u}$ ${}^2_1\text{H} = 2.014102\text{u}$
- ${}^{15}_7\text{N} = 15.000108\text{u}$ ${}^1_1\text{H} = 1.007825\text{u}$
- 3.2 เมื่อนิวเคลียส ${}^{235}_{92}\text{U}$ เกิดฟิชชันจะให้พลังงานประมาณ 200 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ จงคำนวณว่าจะต้องเกิดฟิชชันกี่ครั้งต่อวินาที จึงจะทำให้ได้กำลังจิกะวัตต์ ($3.125 \times 10^{-14} \text{ s}^{-1}$)
- 3.3 ระเบิดทีเอ็นที 1 ตัน เมื่อเกิดการระเบิดจะปล่อยพลังงานประมาณ 4 จิกะจูล ถ้าระเบิดปรมาณูที่ทิ้งที่ฮิโรชิมา ปล่อยพลังงานเทียบได้กับระเบิดทีเอ็นที $\times 10^4$ ตัน จงคำนวณมวลของยูเรเนียม-235 ที่ใช้ทำระเบิด (0.975 kg)
- 3.4 ปฏิกิริยาฟิวชันในดวงอาทิตย์เปลี่ยนไฮโดรเจนจำนวนมากให้เป็นพลังงานแผ่ออกมาทุกๆ วินาที ถ้าแต่ละวินาทีพลังงานที่แผ่ออกมาเป็น 3.90×10^{26} จูล มวลของดวงอาทิตย์จะลดลงด้วยอัตราเท่าใด ($4.3 \times 10^9 \text{ kg/s}$)

20.7 ประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสี

1. **ทางการแพทย์** ใช้ปรับปรุงพันธุ์พืช วิจัยปุ๋ย (${}^{32}\text{P}$) วิจัยโคเคน (${}^{131}\text{I}$) การถนอมอาหาร หรือศึกษาการปรุงอาหารของพืช
2. **ทางการแพทย์** ใช้รักษาโรคมะเร็ง (${}^{60}\text{Co}$) ตรวจการไหลเวียนของโลหิต (${}^{24}\text{Na}$)
3. **ทางอุตสาหกรรม** ใช้หารอยร้าวของท่อ รอยร้าวของแผ่นโลหะ หรือใช้ควบคุมความหนาแน่นของแผ่นโลหะ
4. **การหาวัตถุโบราณ** หรือการหาอายุโลก จะใช้คาร์บอน-14 และยูเรเนียม (Uranium-lead dating)

แบบฝึกหัด 20.7

- 1.1 จงอธิบายการหาอายุของวัตถุโบราณโดยใช้คาร์บอน
- 1.2 จงอธิบายหน้าที่ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูในโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์

20.8 อันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

กัมมันตภาพรังสี เมื่อผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเนื้อเยื่อ ทำให้เนื้อเยื่อตายทันที หรือมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมทำให้เกิดโรคมะเร็ง

การป้องกันอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

1. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่เราได้รับขึ้นกับเวลา ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องเข้าไปใกล้บริเวณที่มีธาตุกัมมันตรังสี ควรใช้เวลาสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้
2. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีจะลดลง ถ้าบริเวณนั้นอยู่ห่างแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสีมากขึ้น ดังนั้นจึงควรอยู่ห่างบริเวณที่มีธาตุกัมมันตรังสีให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
3. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีชนิดต่าง ๆ มีอำนาจทะลุผ่านวัตถุได้ต่างกัน ดังนั้นจึงควรใช้วัตถุที่กัมมันตภาพรังสีผ่านได้ยากเป็นเครื่องกำบัง เช่น มักใช้ตะกั่ว คอนกรีต กำบังรังสีแกมมาและรังสีบีตาได้ นิยมใช้น้ำเป็นเครื่องกำบังนิวตรอน เป็นต้น

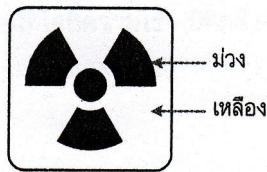
แบบฝึกหัด 20.8

1. บุคคลทั่วไปได้รับรังสีจากแหล่งใดบ้าง และเป็นอันตรายหรือไม่

แบบทดสอบบทที่ 20 เรื่อง ฟิสิกส์นิวเคลียร์ (O-NET)

1. (O-NET 49) คาร์บอนเป็นธาตุที่เป็นส่วนสำคัญของสิ่งมีชีวิตสัญลักษณ์นิวเคลียส $^{12}_6\text{C}$ แสดงว่านิวเคลียสของคาร์บอนนี้มีอนุภาคตามข้อใด
 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) ข้อใดต่อไปนี้เป็นวิธีการกำจัดกากกัมมันตรังสีที่ดีสุด
 1. เร่งให้เกิดการสลายตัวเร็วขึ้นโดยใช้ความดันสูงมาก
 2. เผาให้สลายตัวที่อุณหภูมิสูง
 3. ใช้ปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบอื่น
 4. ใช้คอนกรีตจริงให้แน่นแล้วฝังกลบใต้ภูเขา
3. (O-NET 49) ข้อใดถูกต้องสำหรับไอโซโทปของธาตุหนึ่ง ๆ
 1. มีเลขมวลเท่ากัน แต่เลขอะตอมต่างกัน
 2. มีจำนวนโปรตอนเท่ากันแต่จำนวนนิวตรอนต่างกัน
 3. มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน แต่จำนวนโปรตอนต่างกัน
 4. มีผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเท่ากัน
4. (O-NET 49) นักโบราณคดีตรวจพบเรือไม้โบราณลำหนึ่งว่ามีอัตราส่วนของปริมาณ C-14 ต่อ C-12 เป็น 25 % ของอัตราส่วนสำหรับสิ่งที่ยังมีชีวิตสันนิษฐานได้ว่าซากเรือนี้มีอายุประมาณกี่ปี กำหนดให้ครึ่งชีวิตของ C-14 เป็น 5,730 ปี
 1. 2,865
 2. 5,730
 3. 11,460
 4. 22,920

5. (O-NET 49) รังสีในข้อใดที่มีอำนาจในการทะลุทะลวงผ่านเนื้อสารได้น้อยที่สุด
 1. รังสีแอลฟา 2. รังสีบีตา 3. รังสีแกมมา 4. รังสีเอกซ์
6. (O-NET 49) ไอโอดีน-128 มีค่าครึ่งชีวิต 25 นาที ถ้าเริ่มต้นมีไอโอดีน-128 อยู่ 400 มิลลิกรัม ไอโอดีน-128 จะลดลงเหลือ 100 มิลลิกรัม เมื่อเวลาผ่านไปกี่นาที (50 นาที)
7. (O-NET 50) อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา รังสีแกมมา เมื่อเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ข้อใดไม่เกิดการเบน
 1. อนุภาคแอลฟา 2. อนุภาคบีตา
 3. รังสีแกมมา 4. อนุภาคแอลฟาและบีตา
8. (O-NET 50) กิจกรรมการศึกษาที่เปรียบเทียบการสลายกัมมันตรังสีกับการทอดลูกเต๋านั้น จำนวนลูกเต๋าคือลูกเต๋าคัดออกเทียบได้กับปริมาณใด
 1. เวลาครึ่งชีวิต 2. จำนวนนิวเคลียสตั้งต้น
 3. จำนวนนิวเคลียสที่เหลืออยู่ 4. จำนวนนิวเคลียสที่สลาย
9. (O-NET 50) อนุภาคใดในนิวเคลียส $^{236}_{92}\text{U}$ และ $^{234}_{90}\text{Th}$ ที่มีจำนวนเท่ากัน
 1. โปรตอน 2. อิเล็กตรอน
 3. นิวตรอน 4. นิวคลีออน
10. (O-NET 50) เครื่องหมายดังรูปแทนอะไร



1. เครื่องกำหนดไฟฟ้าโดยกัมมันตรังสี 2. การเตือนว่ามีอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี
 3. การเตือนว่ามีอันตรายจากสารเคมี 4. เครื่องกำหนดไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์
11. (O-NET 50) นิวเคลียสของเรเดียม-226 ($^{226}_{88}\text{Ra}$) มีการสลายโดยการปล่อยอนุภาคแอลฟา 1 ตัว และรังสีแกมมาออกมาจะทำให้ $^{226}_{88}\text{Ra}$ กลายเป็นธาตุใด
 1. $^{218}_{84}\text{Po}$ 2. $^{222}_{86}\text{Rn}$
 3. $^{230}_{90}\text{Th}$ 4. $^{234}_{94}\text{U}$
12. (O-NET 50) ในธรรมชาติธาตุคาร์บอนมี 3 ไอโซโทป คือ $^{12}_6\text{C}$ $^{13}_6\text{C}$ และ $^{14}_6\text{C}$ ข้อใดต่อไปนี้ถูก
 1. แต่ละไอโซโทปมีจำนวนอิเล็กตรอนต่างกัน
 2. แต่ละไอโซโทปมีจำนวนโปรตอนต่างกัน
 3. แต่ละไอโซโทปมีจำนวนนิวตรอนต่างกัน
 4. แต่ละไอโซโทปมีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนนิวตรอน
13. (O-NET 50) รังสีใดที่นิยมใช้ในการอาบรังสีผลไม้
 1. รังสีเอกซ์ 2. รังสีแกมมา
 3. รังสีบีตา 4. รังสีแอลฟา

14. (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
15. (O-NET 51) ธาตุกัมมันตรังสีใดที่ใช้ในการคำนวณหาอายุของโบราณวัตถุ
1. I-131
 2. Co-60
 3. C-14
 4. P-32
16. (O-NET 51) ข้อความใดต่อไปนี้เป็นข้อเท็จจริงเกี่ยวกับรังสีแอลฟา รังสีบีตาและรังสีแกมมา
1. รังสีแอลฟามีประจุ +4
 2. รังสีแอลฟามีมวลมากที่สุดและอำนาจทะลุทะลวงผ่านสูงที่สุด
 3. รังสีบีตามีมวลน้อยที่สุดและอำนาจทะลุทะลวงผ่านต่ำที่สุด
 4. รังสีแกมมามีอำนาจทะลุทะลวงสูงที่สุด
17. (O-NET 51) ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (fusion)
1. เกิดที่อุณหภูมิต่ำ
 2. ไม่สามารถทำให้เกิดบนโลกได้
 3. เกิดจากนิวเคลียสของธาตุเบาหลอมรวมกันเป็นธาตุหนัก
 4. เกิดจากการที่นิวเคลียสของธาตุหนักแตกตัวออกเป็นธาตุเบา
18. (O-NET 51) ในการสลายตัวของ $^{14}_6\text{C}$ นิวเคลียสของ C-14 ปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกหนึ่งตัว นิวเคลียสใหม่จะมีประจุเป็นกี่เท่าของประจุโปรตอน
1. 5
 2. 7
 3. 13
 4. 15
19. (O-NET 51) อัตราการสลายตัวของกลุ่มนิวเคลียสกัมมันตรังสี A ขึ้นกับอะไร
1. อุณหภูมิ
 2. ความดัน
 3. ปริมาณ
 4. จำนวนนิวเคลียส A ที่มีอยู่
20. (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
21. (O-NET 52) ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับไอโซโทปสองไอโซโทปของธาตุชนิดเดียวกัน
1. มีจำนวนนิวคลีออนเท่ากัน
 2. มีเลขมวลเท่ากัน
 3. มีเลขอะตอมเท่ากัน
 4. มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน
22. (O-NET 52) ธาตุหรือไอโซโทปในข้อใดที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่เกิดขึ้นที่ดวงอาทิตย์
1. ไฮโดรเจน
 2. คิวเทอเรียม
 3. ทริเทียม
 4. ฮีเลียม

23. (O-NET 52) รังสีในข้อใดใช้สำหรับฉายาเชื้อโรคในเครื่องมือทางการแพทย์
1. รังสีแกมมา
 2. รังสีบีตา
 3. รังสีอินฟราเรด
 4. รังสีแอลฟา
24. (O-NET 53) โปรตอนและนิวตรอนสามารถอยู่รวมกันเป็นนิวเคลียสได้ด้วยแรงใด
1. แรงดึงดูดระหว่างมวล
 2. แรงไฟฟ้า
 3. แรงแม่เหล็ก
 4. แรงนิวเคลียร์
25. (O-NET 53) ในทางการแพทย์ ไอโอดีน-131 นำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ตามข้อใด
1. ตรวจการไหลเวียนของโลหิตในร่างกาย
 2. ตรวจการทำงานของต่อมไทรอยด์
 3. รักษาโรคมะเร็ง
 4. รักษาเนื้องอกในสมอง
26. (O-NET 54) ข้อใดเป็นสมบัติของรังสีแอลฟา
1. เป็นอิเล็กตรอน
 2. เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
 3. เป็นนิวเคลียสของอะตอมฮีเลียม
 4. เป็นโปรตอน
27. (O-NET 54) ธาตุที่มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์ ${}^{40}_{19}\text{K}$ มักถูกเรียกชื่อย่อว่าอะไร
1. โพแทสเซียม-19
 2. โพแทสเซียม-21
 3. โพแทสเซียม-40
 4. โพแทสเซียม-59
28. (O-NET 54) เหตุใดโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปัจจุบันจึงต้องสร้างโกดังแหล่งน้ำธรรมชาติ
1. เพื่อให้มีน้ำเพียงพอต่อการดับไฟ กรณีไฟไหม้เตาปฏิกรณ์ปรมาณู
 2. ใช้น้ำปริมาณมากในการถ่ายเทความร้อนจากเตาปฏิกรณ์ไปยังกังหันไอน้ำ
 3. ใช้น้ำปริมาณมากในการทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของปฏิกิริยานิวเคลียร์
 4. ต้องใช้นิวตรอนจำนวนมากจากน้ำในการเริ่มปฏิกิริยานิวเคลียร์