

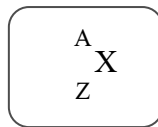
บทที่ 20 ฟิสิกส์นิวเคลียร์

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

20.1 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) คาร์บอนเป็นธาตุที่เป็นส่วนสำคัญของสิ่งมีชีวิต สัญลักษณ์นิวเคลียส ${}^{12}_6\text{C}$ 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

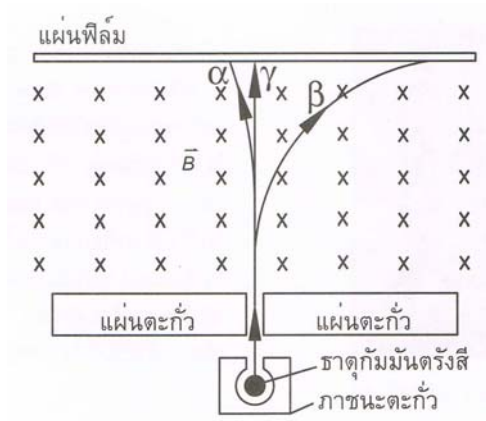
2. (O-NET 49) ข้อใดถูกต้องสำหรับไอโซโทปของธาตุหนึ่ง ๆ

1. มีเลขมวลเท่ากัน แต่เลขอะตอมต่างกัน
2. มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่จำนวนนิวตรอนต่างกัน
3. มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน แต่จำนวนโปรตอนต่างกัน
4. มีผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเท่ากัน

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

20.2 การค้นพบกัมมันตภาพรังสี

เบ็กเคอเรล	ปีแอร์และมารี กูรี
ค้นพบว่าธาตุยูเรเนียมสามารถปล่อยรังสีออกมาได้โดยบังเอิญ	พบว่าธาตุอื่นสามารถปล่อยรังสีออกมาได้ เช่น ทอเรียม พอลโลเนียม เรเดียม



รูป 20.1 แสดงการเคลื่อนที่ของรังสีทั้ง 3 ชนิด ผ่านสนามแม่เหล็ก

รังสีแบ่งออกเป็น 3 ชนิด

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

เปรียบเทียบสมบัติของ α , β และ γ

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

สัญลักษณ์ของธาตุและอนุภาคบางอย่างที่ควรทราบ

แอลฟา (α) = ${}^4_2\text{He}$	ไฮโดรเจนหรือโปรตอน = ${}^1_1\text{H}$
บีตา (β^-) = ${}^0_{-1}e$	ดิวเทรียม = ${}^2_1\text{H}$
บีตา (β^+) = ${}^0_{+1}e$	ทริตรียม = ${}^3_1\text{H}$
แกมมา (γ) = γ	นิวตรอน = ${}^1_0\text{n}$
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) ข้อความใดต่อไปนี้อยู่เกี่ยวกับรังสีแอลฟา 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
1. รังสีแอลฟา
 2. รังสีบีตา รังสีแกมมา
 3. รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา
 4. เป็นรังสีชนิดใดก็ได้
6. (มข.) คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของอนุภาคแอลฟา ก็คือ
1. มีอำนาจทะลุทะลวงสูง
 2. มีพลังงานจลน์สูงกว่าอนุภาคตัวอื่น
 3. ทำให้สารที่ผ่านแตกตัวเป็นไอออน
 4. คล้ายกับรังสีเอกซ์ (X-ray)
7. (Ent) รังสีแอลฟามีอำนาจในการทะลุผ่านน้อยกว่ารังสีชนิดอื่นที่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีเนื่องจาก
1. รังสีแอลฟามีพลังงานน้อยกว่ารังสีชนิดอื่น
 2. รังสีแอลฟามีคุณสมบัติในการทำให้สารที่รังสีผ่าน แตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่า
 3. รังสีแอลฟาไม่มีประจุไฟฟ้า
 4. ถูกทั้งข้อ 1 และ 2
8. (มข.) ข้อความต่อไปนี้อยู่เกี่ยวกับ
1. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีแกมมา แต่น้อยกว่ารังสีเอกซ์
 2. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีเอ็ก แต่น้อยกว่ารังสีแอลฟา
 3. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีแอลฟา แต่น้อยกว่ารังสีแกมมา
 4. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีอื่น ๆ ทุกชนิด
9. (Ent) พิจารณาข้อความต่อไปนี้อยู่สำหรับรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา
1. มีความสามารถในการทำให้ก๊าซแตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่า
 2. ต้องใช้วัสดุที่มีความหนาในการกั้นรังสี
 3. เมื่อเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง
 4. อัตราส่วนประจุต่อมวลมีค่ามากที่สุด
- ข้อความใดเป็นสมบัติของรังสีบีตา
1. ข้อ 1 และ 2
 2. ข้อ 1 และ 3
 3. ข้อ 2 และ 4
 4. ข้อ 3 และ 4

10. (มข.) ถ้ารังสีแอลฟา บีตา และแกมมา เคลื่อนที่อยู่ในน้ำ และรังสีทั้งสามชนิดมีพลังงานเท่ากัน เราจะพบว่ารังสีบีตาเคลื่อนที่ได้ระยะทาง
1. สั้นที่สุด
 2. กลางที่สุด
 3. ไกลที่สุด
 4. ไกลกว่าแอลฟาแต่ใกล้กว่าแกมมา
11. (Ent) อนุภาคแอลฟาประกอบไปด้วย
1. 2 โปรตอน
 2. 2 โปรตอน กับ 2 อิเล็กตรอน
 3. 2 โปรตอน กับ 2 นิวตรอน
 4. 4 โปรตอน

20.3 การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

เมื่อธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวจะเปลี่ยนเป็นธาตุใหม่ใช้หลักการ Balance สมการ

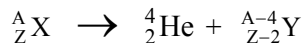
1. ผลบวกของเลขมวลตอนก่อน = ผลบวกของเลขมวลตอนหลัง

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

2. ผลบวกของเลขอะตอมตอนก่อน = ผลบวกของเลขอะตอมตอนหลัง

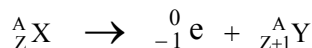
$$\sum Z_{\text{ตอนก่อน}} = \sum Z_{\text{ตอนหลัง}}$$

- 2.1. สมมติธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้แอลฟา (α) 1 ตัว



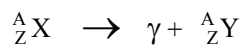
จะได้ธาตุเลขมวลลดลงจากเดิม 4 เลขอะตอมลดลง 2

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



จะได้ธาตุใหม่เลขมวลของธาตุเท่าเดิม แต่เลขอะตอมเพิ่มขึ้นหนึ่ง

- 2.3. สมมติธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้แกมมา (γ) 1 ตัว



จะได้ธาตุตัวเดิม เลขอะตอม เลขมวลไม่เปลี่ยนแปลง

แบบฝึกหัดที่ 20.3

1. (O-NET 50) นิวเคลียสของเรเดียม-226 (${}_{88}^{226}\text{Ra}$) มีการสลายโดยการปล่อยอนุภาคแอลฟา 1 ตัว และรังสีแกมมาออกมาจะทำให้ ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ กลายเป็นธาตุใด
 1. ${}_{84}^{218}\text{Po}$
 2. ${}_{86}^{222}\text{Rn}$
 3. ${}_{90}^{230}\text{Th}$
 4. ${}_{94}^{234}\text{U}$
2. (O-NET 51) ในการสลายตัวของ ${}_{6}^{14}\text{C}$ 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
- $${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + x$$
1. รังสีแกมมา
 2. อนุภาคบีตา
 3. อนุภาคนิวตรอน
 4. อนุภาคแอลฟา
5. (Ent) ธาตุ A สลายเป็นธาตุ B โดยปล่อยรังสีบีตาออกมา ธาตุทั้งสองจะมีจำนวนใดเท่ากัน
1. นิวตรอน
 2. โปรตอน
 3. ผลรวมของนิวตรอนและโปรตอน
 4. ผลต่างของนิวตรอนและโปรตอน
6. (Ent) จากธาตุไอโซโทปของยูเรเนียม ${}_{92}^{238}\text{U}$ สลายตัวแบบอนุกรมได้อนุภาคแอลฟา รวม 8 ตัว และอนุภาคบีตา รวม 6 ตัว และได้ไอโซโทปของธาตุใหม่อีก 1 ตัว อยากทราบว่าไอโซโทปของธาตุใหม่มีเลขมวลและเลขอะตอมตรงกับข้อใด
1. 91 , 324
 2. 92 , 206
 3. 234 , 91
 4. 206 , 82
7. (Ent) ในการสลายตัวต่อ ๆ กันของธาตุกัมมันตรังสี โดยเริ่มจาก ${}_{92}^{238}\text{U}$ เมื่อสลายให้อนุภาคทั้งหมดเป็น 2α , 2β , และ 2γ จะทำให้ได้นิวเคลียสใหม่ มีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเท่าใด
1. จำนวนโปรตอน 88 จำนวนนิวตรอน 140
 2. จำนวนโปรตอน 90 จำนวนนิวตรอน 140
 3. จำนวนโปรตอน 88 จำนวนนิวตรอน 142
 4. จำนวนโปรตอน 90 จำนวนนิวตรอน 142
8. (Ent) เมื่อบิสมัท ${}_{83}^{214}\text{Bi}$ สลายตัวให้รังสีบีตาลบ นิวเคลียสของธาตุใหม่คือ
1. ${}_{82}^{210}\text{Pb}$
 2. ${}_{83}^{210}\text{Bi}$
 3. ${}_{85}^{214}\text{At}$
 4. ${}_{84}^{214}\text{Po}$

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

เวลาผ่านไป $t_{1/2}$ วินาที คิดเป็น 1 ช่วงครึ่งชีวิต

เวลาผ่านไป t วินาที คิดเป็น $n = \frac{t}{t_{1/2}}$ ช่วงครึ่งชีวิต (20.2)

แทน (4.2) ใน (4.1) จะได้ $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^n}$
 จะได้ $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^{\frac{t}{t_{1/2}}}}$ (20.3)

เมื่อ N_0 คือ มวลเริ่มต้น N คือ มวลที่เหลือ t คือ เวลาผ่านไป $t_{1/2}$ คือ เวลาครึ่งชีวิต

แบบฝึกหัดที่ 20.4

- (O-NET 49) นักโบราณคดีตรวจพบเรือไม้โบราณลำหนึ่ง ว่ามีอัตราส่วนของปริมาณ 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
 1. 12 วัน 2. 24 วัน 3. 36 วัน 4. 48 วัน
- (Ent) ไอโซโทปของโซเดียม $^{24}_{11}\text{Na}$ มีครึ่งชีวิต 15 ชั่วโมง จงหาว่าเวลาผ่านไป 75 ชั่วโมง นิวเคลียสของไอโซโทปนี้จะสลายไปแล้วประมาณกี่เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสารที่ตั้งต้น ถ้าตอนเริ่มแรกมีนิวเคลียสของไอโซโทปนี้มีค่า 5 คูรี
 1. 75 % 2. 87 % 3. 94 % 4. 97 %

7. (Ent) สารกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีค่ากัมมันตภาพ 256 คูรี พบว่าเวลาผ่านไป 6 นาที กัมมันตภาพลดลงเหลือ 32 คูรี จงหาครึ่งชีวิตและค่ากัมมันตภาพที่เหลืออยู่หลังจากเวลาผ่านไปอีก 8 นาที
1. 2 นาที 2 คูรี 2. 2 นาที 30 คูรี 3. 4 นาที 8 คูรี 4. 4 นาที 24 คูรี

8. (Ent) สารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 สลายตัวให้รังสีบีตาและรังสีแกมมา โดยมีครึ่งชีวิต 5.3 ปี จงหาเปอร์เซ็นต์ของสารกัมมันตรังสีที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป 15.9 ปี
1. 6.25 % 2. 12.5 % 3. 18.75 % 4. 25 %

9. (Ent) ต้องใช้เวลานานเท่าใด ธาตุกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 30 ปี จึงจะมีปริมาณเหลือเพียงร้อยละ 10 ของของเดิม
1. 80 ปี 2. 100 ปี 3. 120 ปี 4. 240 ปี

10. (Ent) ในการหาอายุของวัตถุโบราณชิ้นหนึ่งโดยการวัดปริมาณของคาร์บอน - 14 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 5,570 ปี พบว่ามีปริมาณคาร์บอน - 14 ที่เหลืออยู่ในปัจจุบันเท่ากับ $\frac{1}{8}$ เท่าของปริมาณที่มีอยู่ในตอนแรก วัตถุโบราณชิ้นนี้มีอายุเท่าไร
1. 11,140 ปี 2. 16,710 ปี 3. 22,280 ปี 4. 44,560 ปี

20.5 การสลายตัวของนิวเคลียสกับกัมมันตรังสี

รัทเธอร์ฟอร์ดและซอดดีได้ตั้งสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายการสลายตัวของธาตุกัมมันตภาพรังสีไว้ดังนี้

1. ธาตุกัมมันตรังสีจะแตกตัวออกให้อนุภาคแอลฟาหรือบีตาได้สารใหม่ และสารใหม่ที่เกิดขึ้นนี้อาจจะมีการแผ่กัมมันตภาพรังสีต่อไปได้อีก
2. ในการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี เราไม่สามารถจะบอกได้ว่านิวเคลียสใดจะสลายก่อนหรือหลังแต่เราสามารถบอกได้เพียงว่านิวเคลียสทุกตัวมีความน่าจะเป็นที่จะสลายตัวเท่ากันหมดและอัตราการสลายจะขึ้นอยู่กับจำนวนนิวเคลียส (นิวเคลียสที่พร้อมจะสลาย) ในขณะนั้น

ถ้าที่เวลา t_1 ให้ธาตุกัมมันตรังสีมีจำนวนนิวเคลียสอยู่ N_1

และที่เวลา t_2 ให้ธาตุกัมมันตรังสีมีจำนวนนิวเคลียสอยู่ N_2

2. (Ent) ธาตุกัมมันตรังสีจำนวนหนึ่ง มีกัมมันภาพ 1 ไมโครคูรี และมีครึ่งชีวิตเท่ากับ 1,000 วินาที จำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีขณะนั้นเป็นเท่าใด (1 คูรี = 3.7×10^{10} เบ็กเคอเรล)
1. 3.7×10^7 2. 5.3×10^7 3. 3.7×10^9 4. 5.3×10^9
3. (Ent) ค่าคงที่ของการสลายตัว 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)
1. 4.1×10^3 2. 9.6×10^5 3. 4.1×10^6 4. 9.6×10^8
4. (Ent) ไอโอดีน - 131 มีค่าคงที่ของการสลายตัวเท่ากับ 0.087 ต่อวัน ถ้ามี ไอโอดีน - 131 อยู่ 10 กรัม ตอนเริ่มต้นเมื่อเวลาผ่านไป 24 วัน จะมี ไอโอดีน - 131 เหลืออยู่เท่าใด
1. 0.63 กรัม 2. 1.25 กรัม 3. 2.50 กรัม 4. 5.00 กรัม

20.6 การทดลองอุปมาอุปไมย การทอดลูกเต๋ากับการสลายของธาตุกัมมันตรังสี

ลูกเต๋าคือเหลือ	ครึ่งชีวิต (ลูกเต๋า)	โอกาสหยางหน้าที่แต้มสี่
$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^T$	$t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$	$\lambda = \frac{\text{จำนวนหน้าที่แต้มสี่}}{\text{จำนวนหน้าทั้งหมด}}$

เมื่อ N_0 แทน จำนวนลูกเต๋าทอนแรก N แทน จำนวนลูกเต๋าคือเหลือ
 t แทน จำนวนครั้งที่ทอดลูกเต๋า λ แทน โอกาสหยางหน้าที่แต้มสี่
 $t_{1/2}$ แทน จำนวนครั้งที่ทอดแล้วลูกเต๋าคือเหลือครึ่งหนึ่งของเดิม

แบบฝึกหัดที่ 20.6

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

2. **O-Net 58** ในกิจกรรมการทอดลูกเต๋าเพื่อจำลองสถานการณ์การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี นักเรียนทำการแต้มสีเพียงหน้าหนึ่งหน้าทอดลูกเต๋าคัดลูกที่หงายหน้าที่แต้มสีออกทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ต้อง
1. ทุกลูกมีโอกาสถูกคัดออกด้วยความน่าจะเป็นเท่าๆ กัน
 2. ทุกลูกเป็นอิสระต่อกัน
 3. จำนวนครั้งที่ทอดจนกระทั่งเหลือจำนวนลูกเต๋าเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนเริ่มต้นเทียบได้กับค่าครึ่งชีวิต
 4. ทุกลูกจะต้องถูกแต้มสีหน้าที่มีตัวเลขเดียวกัน
 5. การทอดแต่ละครั้งจะเหลือจำนวนลูกเต๋าประมาณ 5 ใน 6 ของจำนวนลูกเต๋าก่อนทอด
3. (Ent) ลูกเต๋า 16 หน้า แต้มสีไว้ที่หน้าหนึ่งจำนวน 100 ลูก นำมาทอดและคัดลูกที่หงายหน้าแต้มสีออกทอดกี่ครั้งจึงจะเหลือลูกเต๋า 50 ลูก
1. 8 ครั้ง
 2. 9 ครั้ง
 3. 10 ครั้ง
 4. 11 ครั้ง

20.7 รัศมีนิวเคลียส

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

$$\text{จะได้ } R = r_0 A^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(20.5)$$

เมื่อ R แทน รัศมีนิวเคลียส A แทน เลขมวล r_0 แทน 1.2×10^{-15} เมตร

แบบฝึกหัดที่ 20.7

1. (Ent) ถ้ารัศมีนิวเคลียสของธาตุไฮโดเจนเป็น 1.4×10^{-15} เมตร รัศมีนิวเคลียสของธาตุ ^{27}Al จะเป็นกี่เมตร
 1. 4.2×10^{-15} เมตร
 2. 5.6×10^{-15} เมตร
 3. 12.6×10^{-15} เมตร
 4. 27×10^{-15} เมตร

2. (Ent) รัศมีนิวเคลียสของ ^{238}U มีค่าประมาณกี่เท่าของรัศมีนิวเคลียสของ ^4He
 1. 4 เท่า
 2. 8 เท่า
 3. 16 เท่า
 4. 60 เท่า

3. (Ent) ไอโซโทปของธาตุ $^{224}_{88}\text{Ra}$ มีรัศมีเป็นกี่เท่าของธาตุไอโซโทปของ $^{28}_{11}\text{Na}$
 1. 2 เท่า
 2. 3 เท่า
 3. 4 เท่า
 4. 5 เท่า

20.8 พลังงานยึดเหนี่ยว (B.E.)

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

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

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

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

พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน (พลังงานยึดเหนี่ยวต่อเลขมวล)

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

เพิ่มเติม

เมื่อ ΔE คือ พลังงานในปฏิกิริยานิวเคลียร์

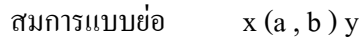
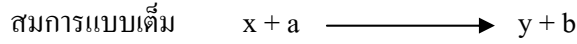
$\Delta E = +$ เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบคายพลังงาน
$\Delta E = -$ เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบดูดพลังงาน
$\Delta E =$ ผลรวมพลังงานยึดเหนี่ยวหลัง - ผลรวมของพลังงานยึดเหนี่ยวก่อน
$\Delta E =$ พลังงานจลน์ตอนหลัง - พลังงานจลน์ตอนก่อน

แบบฝึกหัดที่ 20.8

- (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
 - 2 MeV
 - 7 MeV
 - 14 MeV
 - 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

20.9 ปฏิกิริยานิวเคลียร์

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ คือ กระบวนการที่นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหรือระดับพลังงาน สำหรับการชนระหว่างนิวเคลียสกับนิวเคลียส หรือนิวเคลียสกับอนุภาคนั้น เขียนเป็นปฏิกิริยานิวเคลียสได้ดังนี้



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

หลักการ Balance สมการ

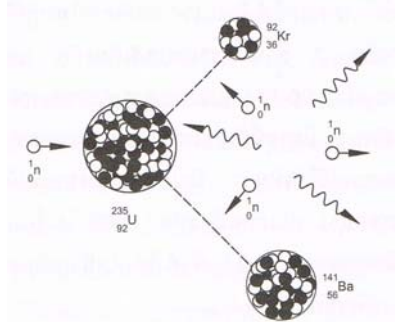
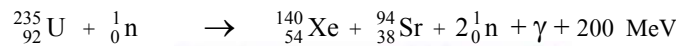
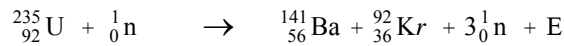
1. ผลบวกของเลขมวลตอนก่อน = ผลบวกของเลขมวลตอนหลัง

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

2. ผลบวกของเลขอะตอมตอนก่อน = ผลบวกของเลขอะตอมตอนหลัง

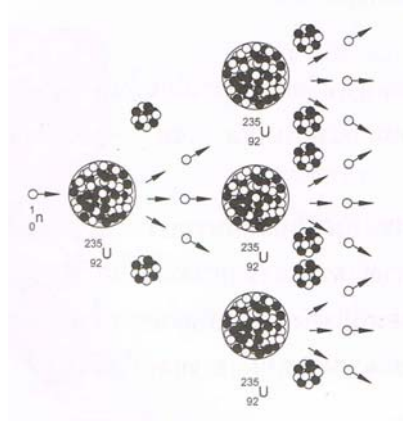
$$\Sigma Z_{\text{ตอนก่อน}} = \Sigma Z_{\text{ตอนหลัง}}$$

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



รูป 20.2 แสดงการเกิดฟิชชันของยูเรเนียม -235

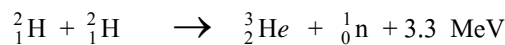
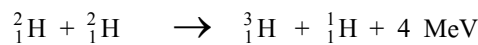
ปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain reaction) เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชันที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยนิวตรอนที่เกิดขึ้นเป็นตัวยิงนิวเคลียสของธาตุต่อไป



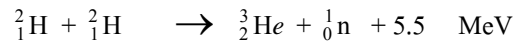
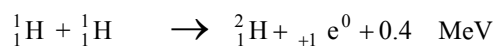
รูป 20.3 การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่

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

ตัวอย่างของปฏิกิริยาฟิวชันที่ทำได้ในห้องปฏิบัติการ



ตัวอย่างของปฏิกิริยาฟิวชันที่เกิดขึ้นบนดาวฤกษ์



ตาราง เปรียบเทียบ Fission และ Fusion

แบบฟิชชัน	แบบฟิวชัน
1. เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน	1. เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน
2. เป็นการแตกตัวนิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากได้ 2 เล็ขง	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
 - ฮีเลียม
 - ทริเทียม
 - คาร์บอน
- (O-NET 53) โปรตอนและนิวตรอนสามารถอยู่รวมกันเป็นนิวเคลียสได้ ด้วยแรงใด
 - แรงดึงดูดระหว่างมวล
 - แรงแม่เหล็ก
 - แรงไฟฟ้า
 - แรงนิวเคลียร์
- (O-NET 54) เหตุใดโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปัจจุบันจึงต้องสร้างใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ
 - เพื่อให้มีน้ำเพียงพอต่อการดับไฟ กรณีไฟไหม้เตาปฏิกรณ์ปรมาณู
 - ใช้น้ำปริมาณมากในการถ่ายเทความร้อนจากเตาปฏิกรณ์ไปยังกังหันไอน้ำ
 - ใช้น้ำปริมาณมากในการทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของปฏิกิริยานิวเคลียร์
 - ต้องใช้นิวตรอนจำนวนมากจากน้ำในการเริ่มปฏิกิริยานิวเคลียร์
- (Ent) จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ${}^2_1\text{H} + \text{X} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + n$ X ควรเป็นอนุภาคใด
 - อิเล็กตรอน
 - โปรตอน
 - นิวตรอน
 - ทริทอน
- (Ent) จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \longrightarrow {}^{15}_7\text{N} + \text{X}$ X คืออนุภาคใด
 - อิเล็กตรอน
 - โปรตอน
 - นิวตรอน
 - โพซิตรอน
- (Ent) จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ${}^{198}_{80}\text{Hg} (n, y) {}^{197}_{79}\text{Au}$ ถามว่า y คืออนุภาคใด
 - อนุภาคแอลฟา
 - โปรตอน
 - นิวตรอน
 - ทริทอน

20.10 ประโยชน์ อันตราย และการป้องกันอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

20.10.1 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)

20.10.2 อันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

กัมมันตภาพรังสี เมื่อผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเนื้อเยื่อ ทำให้เนื้อเยื่อตายทันที หรือมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมทำให้เกิดโรคมะเร็ง

20.10.3 การป้องกันอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

1. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่เราได้รับขึ้นกับเวลา ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องเข้าไปสับริเวณที่มีธาตุกัมมันตรังสี ควรใช้เวลาสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้

2. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีจะลดลง ถ้าบริเวณนั้นอยู่ห่างแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสีมากขึ้น ดังนั้นจึงควรอยู่ห่างบริเวณที่มีธาตุกัมมันตรังสีให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

3. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีชนิดต่าง ๆ มีอำนาจทะลุผ่านวัตถุได้ต่างกัน ดังนั้นจึงควรใช้วัสดุที่กัมมันตภาพรังสีผ่านได้ยากเป็นเครื่องกำบัง เช่น มักใช้ตะกั่ว คอนกรีต กำบังรังสีแกมมาและรังสีบีตาได้ นิยมใช้น้ำเป็นเครื่องกำบังนิวตรอน เป็นต้น

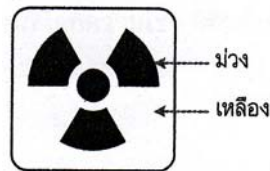
แบบฝึกหัดที่ 20.10

1. (O-NET 49) ข้อใดต่อไปนี้เป็นวิธีการกำจัดกากกัมมันตรังสีที่ดีที่สุด

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

2. (O-NET 50) เครื่องหมายดังรูปแทนอะไร

1. เครื่องกำหนดไฟฟ้าโดยกัมมันตภาพรังสี
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) ในทางการแพทย์ ไอโอดีน-131 นำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ตามข้อใด

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