บทที่ 20 ฟิสิกส์นิวเคลียร์และฟิสิกส์อนุภาค

20.1 เสถียรภาพของนิวเคลียส

20.1.1 แรงนิวเคลียร์

ฟิสิกส์นิวเคลียร์ (Nuclear Physics) เป็นสาขาหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ที่ศึกษาสมบัติของนิวเคลียสและกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับนิวเคลียสที่เรียกว่า ปฏิกิริยานิวเคลียร์

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

นิวคลีออน (Nucleon) คือ อนุภาคที่เป็นองค์ประกอบของนิวเคลียส = จำนวนโปรตอน + จำนวนนิวตรอน

ไอโซโทป (Isotope) หมายถึง นิวเคลียสของธาตุชนิดเดียวกัน ทีมีเลขอะตอม Z เท่ากัน แต่เลขมวล A ต่างกัน เช่น ${}^{1}_{1}H$ ${}^{2}_{1}H$ ${}^{235}_{92}u$ ${}^{238}_{92}u$ ${}^{239}_{92}u$ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

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

ในธรรมชาติ ส่วนมากเป็นไอโซโทปเสถียร

สัญลักษณ์ของนิวเคลียร์ (nuclear symbol) หรือที่เรียกว่านิวไคลด์ (nuclide) ชนิดหนึ่งของธาตุจะใช้จำนวนโปรตอนและนิวตรอนในการระบุชนิดของนิวไคลด์ ดังต่อไปนี้

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X}$$

โดย Z แทนเลขอะตอม (atomic number) คือ จำนวนของโปรตอนในนิวเคลียสนั้น

n แทนเลขนิวตรอน (neutron number) คือ จำนวนของนิวตรอนในนิวเคลียสนั้น

A แทนเลขมวล (mass number) คือ จำนวนนิวคลีออนทั้งหมดในนิวเคลียสนั้น

หรือ $A = Z + n$

X แทนสัญลักษณ์ทางเคมี (chemical symbol) คือ สัญลักษณ์ของธาตุทางเคมี

แบบฝึกทบทวน 20.1.1

1. (O-NET 49) คาร์บอนเป็นธาตุที่เป็นส่วนสำคัญของสิ่งมีชีวิต สัญลักษณ์นิวเคลียส ${}^{12}_{6}C$ 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)ข้อใดถูกต้องสำหรับไอโซโทปของธาตุหนึ่ง ๆ

   1. มีเลขมวลเท่ากัน แต่เลขอะตอมต่างกัน
   2. มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่จำนวนนิวตรอนต่างกัน
   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 ${}^{12}_{6}C$ ${}^{13}_{6}C$ และ ${}^{14}_{6}C$ 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 ${}^{40}_{19}\mathrm{K}$ มักถูกเรียกชื่อย่อว่าอะไร

1. โปแตสเซียม-19 2. โปแตสเซียม-21

3. โปแตสเซียม-40 4. โปแตสเซียม-59

7. (มข.) อะตอมของ ${}^{210}_{84}\mathrm{Po}$ ข้อใดถูกต้อง

1. มีจำนวนนิวคลีออน = 210 จำนวนนิวตรอน = 84

2. มีจำนวนอิเล็กตรอน = 84 จำนวนนิวตรอน = 126

3. มีจำนวนอิเล็กตรอน = 126 จำนวนโปรตอน = 84

4. มีจำนวนนิวคลีออน = 210 จำนวนอิเล็กตรอน = 126

8. (Ent) จำนวนนิวตรอนในนิวเคลียส ${}^{27}_{13}Al$ คือ

1. 13 2. 14 3. 27 4. 40

9. (มข.) ดีบุกมีเลขอะตอม = 50 และเลขมวล 120 จะมีจำนวนนิวคลีออนเท่าไร

1. 20 2. 70 3. 120 4. 170

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

1. นิวคลีออน 2. นิวตรอน 3. โปรตอน 4. อิเล็กตรอน

11. (มข.) ไอโซโทป เป็นชื่อเรียกนิวเคลียสของธาตุที่มีลักษณะดังนี้

1. มีจำนวนนิวคลีออนเท่ากัน

2. มีจำนวนโปรตอนเท่ากับนิวตรอน

3. มีจำนวนโปรตอนต่างกัน แต่มีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน

4. มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน

20.1.2 พลังงานยึดเหนี่ยว (B.E.)

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

สูตรมวลพร่อง

มวลพร่อง Δm = มวลของโปรตอน + มวลของนิวตรอน – มวลนิวเคลียส

มวลพร่อง Δm = มวลของไฮโดรเจน + มวลของนิวตรอน – มวลอะตอม

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

พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน (พลังงานยึดเหนี่ยวต่อเลขมวล)

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

เพิ่มเติม

เมื่อ ΔE ***คือ พลังงานในปฏิกิริยานิวเคลียร์***

ΔE = + เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบคายพลังงาน

ΔE = - เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบดูดพลังงาน

ΔE = ผลรวมพลังงานยึดเหนี่ยวหลัง - ผลรวมของพลังงานยึดเหนี่ยวก่อน

ΔE = พลังงานจลน์ตอนหลัง - พลังงานจลน์ตอนก่อน

แบบฝึกทบทวน 20.1.2

1. (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

   1. 2 MeV 2. 7 MeV 3. 14 MeV 4. 28 MeV

2. (Ent) ธาตุตริเทียมซึ่งมีเลขมวลอะตอมเป็น 1 เลขมวลเป็น 3 และมวลอะตอมเท่ากับ 3.016049 u จะมีพลังงานยึดเหนี่ยวเท่ากับเท่าใด กำหนดให้ เลขมวลของไฮโดรเจน = 1.007825 u มวลนิวตรอน = 1.008655 u และ 1 u = 930 MeV

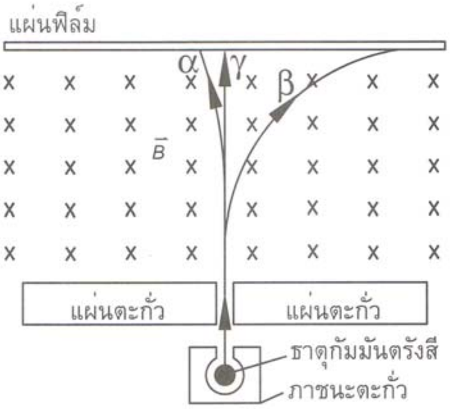
20.2 กัมมันตภาพรังสี

20.2.1 การค้นพบกัมมันตภาพรังสี

เบ็คเคอเรล	ปิแอร์และมารี คูรี
ค้นพบว่าธาตุยูเรเนียม สามารถปล่อยรังสีออกมาได้โดยบังเอิญ	พบว่ามีธาตุอื่นสามารถปล่อยรังสีออกมาได้ เช่น ทอเรียม พอโลเนียม เรเดียม

20.2.2 รังสีจากธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสี

การศึกษารังสีที่แผ่ออกมากธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสีในเวลาต่อมาพบว่า เมื่อให้รังสีผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะมีแนวทางการเคลื่อนที่ดังรูป 20.1



รูป 20.1 แสดงการเคลื่อนที่ของรังสีทั้ง 3 ชนิด ผ่านสนามแม่เหล็ก

รังสีแบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. รังสีแอลฟา สัญลักษณ์ α หรือ ${}_{2}^{4}\mathrm{He}$ (ประจุบวก)
2. รังสีบีตา สัญลักษณ์ β หรือ ${}_{-1}^{0}e$ (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) = ${}_{2}^{4}\mathrm{He}$	ไฮโดรเจนหรือโปรตอน = ${}_{1}^{1}\mathrm{H}$
บีตา (β^{-}) = ${}_{-1}^{0}\mathrm{e}$	ดิวเทอรอน = ${}_{1}^{2}\mathrm{H}$
บีตา (β^{+}) = ${}_{+1}^{0}\mathrm{e}$	ตริตรอน = ${}_{1}^{3}\mathrm{H}$
แกมมา (γ) = γ	นิวตรอน = ${}_{0}^{1}\mathrm{n}$
ยูเรเนียม = ${}_{92}^{235}\mathrm{U}$	ตะกั่ว = ${}_{82}^{206}\mathrm{Pb}$

แบบฝึกทบทวน 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) ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับรังสีแอลฟา รังสีบีตาและรังสีแกมมา

1. รังสีแอลฟามีประจุ +4
2. รังสีแอลฟามีมวลมากที่สุดและอำนาจทะลุทะลวงผ่านสูงที่สุด
3. รังสีบีตามีมวลน้อยที่สุดและอำนาจทะลุทะลวงผ่านต่ำที่สุด
4. รังสีแกมมามีอำนาจทะลุทะลวงสูงที่สุด

4. (O-NET 54) ข้อใดเป็นสมบัติของรังสีแอลฟา

1. เป็นอิเล็กตรอน 2. เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
3. เป็นนิวเคลียสของอะตอมฮีเลียม 4. เป็นโปรตอน

5. (มช.) คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของอนุภาคแอลฟา ก็คือ

1. มีอำนาจทะลุทะลวงสูง 2. มีพลังงานจลน์สูงกว่าอนุภาคตัวอื่น
3. ทำให้สารที่ผ่านแตกตัวเป็นไอออน 4. คล้ายกับรังสีเอกซ์ (X-ray)

6. (มช.) ธาตุกัมมันตรังสี หมายถึงธาตุที่มีสมบัติในการแผ่รังสีได้เอง และรังสีที่แผ่ออกมาจะต้องเป็นรังสีต่อไปนี้เสมอ

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

7. (Ent) รังสีแอลฟามีอำนาจในการทะลุผ่านน้อยกว่ารังสีชนิดอื่นที่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีเนื่องจาก

1. รังสีแอลฟามีพลังงานน้อยกว่ารังสีชนิดอื่น
2. รังสีแอลฟามีคุณสมบัติในการทำให้สารที่รังสีผ่าน แตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่า
3. รังสีแอลฟาไม่มีประจุไฟฟ้า 4. ถูกทั้งข้อ 1 และ 2

8. (Ent) พิจารณาข้อความต่อไปนี้สำหรับรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา

1. มีความสามารถในการทำให้ก๊าซแตกตัวเป็นไอออนได้ดีกว่า
2. ต้องใช้วัสดุที่มีความหนามากในการกั้นรังสี
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

9. (มช.) ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูก
   1. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีแกมมา แต่น้อยกว่ารังสีเอกซ์
   2. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีเอ็ก แต่น้อยกว่ารังสีแอลฟา
   3. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีแอลฟา แต่น้อยกว่ารังสีแกมมา
   4. รังสีบีตามีอำนาจทะลุผ่าน สูงกว่ารังสีอื่น ๆ ทุกชนิด

10. (มช.) ถ้ารังสีแอลฟา บีตา และแกมมา เคลื่อนที่อยู่ในน้ำ และรังสีทั้งสามชนิดมีพลังงานเท่ากัน เราจะพบว่ารังสีบีตาเคลื่อนที่ได้ระยะทาง
    1. สั้นที่สุด
    3. ไกลที่สุด
    3. ไกลกว่าแกมมาแต่ใกล้กว่าแอลฟา
    4. ไกลกว่าแอลฟาแต่ใกล้กว่าแกมมา

11. (Ent) อนุภาคแอลฟาประกอบไปด้วย
    1. 2 โปรตอน
    2. 2 โปรตอน กับ 2 อิเล็กตรอน
    3. 2 โปรตอน กับ 2 นิวตรอน
    4. 4 โปรตอน

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

เมื่อธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวจะเปลี่ยนเป็นธาตุใหม่ใช้หลักการ Balance 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

$${}^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y}$$

จะได้ธาตุเลขมวลลดลงจากเดิม 4 เลขอะตอมลดลง 2

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

$${}^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{A}_{Z+1}\mathrm{Y}$$

จะได้ธาตุใหม่เลขมวลของธาตุเท่าเดิม แต่เลขอะตอมเพิ่มหนึ่ง

2.3. สมมติธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวให้แกมมา (γ) 1 ตัว

$${}^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow \gamma + {}^{A}_{Z}\mathrm{Y}$$

จะได้ธาตุตัวเดิม เลขอะตอม เลขมวลไม่เปลี่ยนแปลง

แบบฝึกทบทวน 20.2.3

1. (O-NET 50) นิวเคลียสของเรเดียม-226 (${}^{226}_{88}Ra$) มีการสลายโดยการปล่อยอนุภาคแอลฟา 1 ตัว และรังสีแกมมาออกมาจะทำให้ ${}^{226}_{88}Ra$ กลายเป็นธาตุใด

1. ${}^{218}_{84}Po$ 2. ${}^{222}_{86}Rn$ 3. ${}^{230}_{90}Th$ 4. ${}^{234}_{94}U$

2. (O-NET 51) ในการสลายตัวของ ${}^{14}_{6}C$ 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

$${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + x$$

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 ${}^{238}_{92}U$ สลายตัวแบบอนุกรมได้อนุภาคแอลฟารวม 8 ตัว และอนุภาคบีตารวม 6 ตัว และได้ไอโซโทปของธาตุใหม่อีก 1 ตัว อยากทราบว่าไอโซโทปของธาตุใหม่มีเลขมวลและเลขอะตอมตรงกับข้อใด

1. 91 , 324 2. 92 , 206 3. 234 , 91 4. 206 , 82

7. (Ent) ในการสลายตัวต่อ ๆ กันของธาตุกัมมันตรังสี โดยเริ่มจาก ${}^{238}_{92}U$ 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 ${}^{214}_{83}Bi$ สลายตัวให้รังสีบีตาลบ นิวเคลียสของธาตุใหม่คือ

1. ${}^{210}_{82}Pb$ 2. ${}^{210}_{83}Bi$ 3. ${}^{214}_{85}At$ 4. ${}^{214}_{84}Po$

20.2.4 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

แบบฝึกทบทวน 20.2.4

1. (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

2. (O-NET 49) ไอโอดีน-128 มีค่าครึ่งชีวิต 25 นาที ถ้าเริ่มต้นมีไอโอดีน-128 อยู่ 400 มิลลิกรัม ไอโอดีน-128 จะลดลงเหลือ 100 มิลลิกรัม เมื่อเวลาผ่านไปกี่นาที (50 นาที)

3. (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

4. (O-NET 51) ธาตุกัมมันตรังสีใดที่ใช้ในการคำนวณหาอายุของโบราณวัตถุ

1. I-131 2. Co-60 3. C-14 4. P-32

5. (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

6. (Ent) ไอโซโทปของโซเดียม ${}^{24}_{11}Na$ 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 กัมมันภาพลดลงเหลือ 32 คูรี จงหาครึ่งชีวิตและค่ากัมมันภาพที่เหลืออยู่หลังจากเวลาผ่านไปอีก 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 1/8 เท่าของปริมาณที่มีอยู่ในตอนแรก วัตถุโบราณชิ้นนี้มีอายุเท่าไร

1. 11,140 ปี   2. 16,710 ปี   3. 22,280 ปี   4. 44,560 ปี

20.2.5 กัมมันตภาพ

รัทเธอร์ฟอร์ดและซอดดีได้ตั้งสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายการสลายตัวของธาตุกัมมันตภาพรังสีไว้ดังนี้

1. ธาตุกัมมันตรังสีจะแตกตัวออกให้อนุภาคแอลฟาหรือบีตาได้สารใหม่ และสารใหม่ที่เกิดขึ้นนี้อาจจะมีการแผ่กัมมันตภาพรังสีต่อไปได้อีก

2. ในการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี เราไม่สามารถจะบอกได้ว่านิวเคลียสใดจะสลายก่อนหรือหลังแต่เราสามารถบอกได้เพียงว่านิวเคลียสทุกตัวมีความน่าจะเป็นที่จะสลายตัวเท่ากันหมดและอัตราการสลายจะขึ้นอยู่กับจำนวนนิวเคลียส (นิวเคลียสที่พร้อมจะสลาย) ในขณะนั้น

ถ้าที่เวลา t_1 ให้ธาตุกัมมันตรังสีมีจำนวนนิวเคลียสอยู่ N_1

และที่เวลา t_2 ให้ธาตุกัมมันตรังสีมีจำนวนนิวเคลียสอยู่ N_2

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

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

$\Delta t = t_2 - t_1$ = เวลาที่ผ่านไป

จากสมมติฐานข้อ 2 จะได้อธิบายอัตราการสลายขึ้นอยู่กับจำนวนนิวเคลียสที่มีอยู่ขณะนั้น

$$\therefore \; -\frac{\Delta N}{\Delta t} \; \alpha \; N$$

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

โดย λ = ค่าคงที่ของการสลายตัว

N = จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ขณะนั้น

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

หน่วยกัมมันตรังสี

1 คูรี(ci) = 3.7×10^{10} เบ็คเคอเรล (Bq)

ความสัมพันธ์ของอัตราการสลายตัวของกัมมันตภาพรังสีกับครึ่งชีวิต

กัมมันตภาพ (อัตราการสลายตัว A)	จำนวนนิวเคลียสของ ธาตุกัมมันตรังสีที่เหลืออยู่	เวลาครึ่งชีวิต (T)
$A = \lambda N$	$\frac{N}{No} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$ $\frac{g}{m} = \frac{N_o}{N_A}$	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ $t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$

กำหนดให้ A แทน กัมมันตภาพ λ แทน ค่าคงที่ของการสลายตัว

N แทน จำนวนนิวเคลียสที่เหลืออยู่ N_o แทน จำนวนนิวเคลียสเริ่มต้น

t แทน เวลาที่ผ่านไป $t_{1/2}$ แทน เวลาครึ่งชีวิต

การทดลองอุปมาอุปมัย การทอดลูกเต๋ากับการสลายของธาตุกัมมันตรังสี

ลูกเต๋าที่เหลือ	ครึ่งชีวิต (ลูกเต๋า)	โอกาสหงายหน้าที่แต้มสี
$\frac{N}{No} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$	$t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$	$\lambda = \frac{\text{จำนวนหน้าที่แต้มสี}}{\text{จำนวนหน้าทั้งหมด}}$

เมื่อ N_0 แทน จำนวนลูกเต๋าตอนแรก N แทน จำนวนลูกเต๋าที่เหลือ

t แทน จำนวนครั้งที่ทอดลูกเต๋า λ แทน โอกาสหงายหน้าที่แต้มสี

$t_{1/2}$ แทน จำนวนครั้งที่ทอดแล้วลูกเต๋าเหลือครึ่งหนึ่งของเดิม

แบบฝึกทบทวน 20.2.5

1. (Ent) ถ้ามี ${}^{226}_{88}Ra$ จำนวน N นิวเคลียส มีกัมมันภาพ A มิลลิคูรี ค่าคงตัวของการสลายตัวต่อวินาที คือข้อใด (กำหนดให้ 1 คูรีเท่ากับการสลาย 3.7×10^{10} ต่อวินาที)

1. $3.7\times10^{7}\frac{A}{N}$ 2. $3.7\times10^{7}\frac{N}{A}$ 3. $\frac{A}{3.7\times10^{7}N}$ 4. $\frac{N}{3.7\times10^{7}A}$

2. (Ent) ธาตุกัมมันตรังสีจำนวนหนึ่ง มีกัมมันภาพ 1 ไมโครคูรี และมีครึ่งชีวิตเท่ากับ 1,000 วินาที จำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีขณะนั้นเป็นเท่าใด (1 คูรี = 3.7×10^{10} เบ็คเคอเรล)

1. 3.7×10^{7} 2. 5.3×10^{7} 3. 3.7×10^{9} 4. 5.3×10^{9}

3. (Ent) ค่าคงที่ของการสลายตัว ของ ${}^{232}_{90}Th$ เท่ากับ 1.6×10^{-18} (วินาที$^{-1}$) ถ้ามี ${}^{232}_{90}Th$ อยู่ 1 กิโลกรัม ให้หาอัตราการสลายตัวเป็นอะตอมต่อวินาที ($N_A = 6\times10^{23}$ 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 มีค่าคงตัวของการสลายตัวเท่ากับ 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

5. (O-NET 50) กิจกรรมการศึกษาที่เปรียบเทียบการสลายกัมมันตรังสีกับการทอดลูกเต๋านั้น จำนวนลูกเต๋าที่ถูกคัดออกเทียบได้กับปริมาณใด

1. เวลาครึ่งชีวิต   2. จำนวนนิวเคลียสตั้งต้น
3.จำนวนนิวเคลียสที่เหลืออยู่   4. จำนวนนิวเคลียสที่สลาย

6. **O-Net 58** ในกิจกรรมการทอดลูกเต๋าเพื่อจำลองสถานการณ์การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี นักเรียนทำการแต้มสีเพียงหนึ่งหน้าทอดลูกเต๋าคัดลูกที่หงายหน้าที่แต้มสีออกทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง

1. ทุกลูกมีโอกาสถูกคัดออกด้วยความน่าจะเป็นเท่าๆ กัน
2. ทุกลูกเป็นอิสระต่อกัน
3. จำนวนครั้งที่ทอดจนกระทั่งเหลือจำนวนลูกเต๋าเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนเริ่มต้นเทียบได้กับค่าครึ่งชีวิต
4. ทุกลูกจะต้องถูกแต้มสีหน้าที่มีตัวเลขเดียวกัน
5. การทอดแต่ละครั้งจะเหลือจำนวนลูกเต๋าประมาณ 5 ใน 6 ของจำนวนลูกเต๋าก่อนทอด

7. (Ent) ลูกเต๋า 16 หน้า แต้มสีไว้ที่หน้าหนึ่งจำนวน 100 ลูก นำมาทอดและคัดลูกที่หงายหน้าแต้มสีออก ทอดกี่ครั้งจึงจะเหลือลูกเต๋า 50 ลูก

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

20.3 ปฏิกิริยานิวเคลียร์และพลังงานนิวเคลียร์

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ คือ กระบวนการที่นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหรือระดับพลังงาน สำหรับการชนระหว่างนิวเคลียสกับนิวเคลียส หรือนิวเคลียสกับอนุภาคนั้น เขียนเป็นปฏิกิริยานิวเคลียสได้ดังนี้

สมการแบบเต็ม $x + a \longrightarrow y + b$

สมการแบบย่อ $x\,(a\,,b\,)\,y$

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

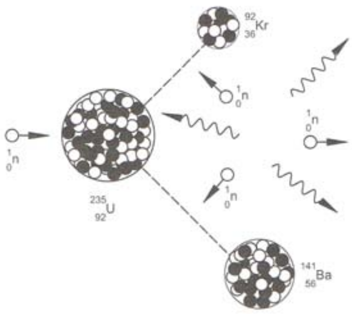
$$\Sigma Z_{\text{ตอนก่อน}} = \Sigma Z_{\text{ตอนหลัง}}$$

20.3.1 ปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission reaction)

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

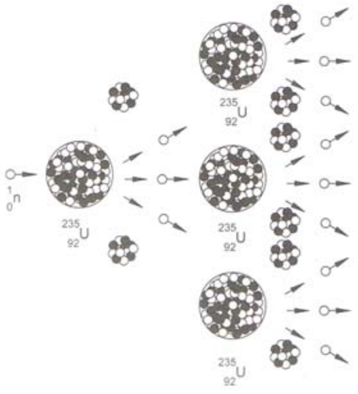
$$^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{92}_{36}\mathrm{K}r + 3{}^{1}_{0}\mathrm{n} + \mathrm{E}$$

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{140}_{54}\mathrm{Xe} + {}^{94}_{38}\mathrm{Sr} + 2{}^{1}_{0}\mathrm{n} + \gamma + 200\ \mathrm{MeV}$$



รูป 20.2 แสดงการเกิดฟิชชันของยูเรเนียม -235

ปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain reaction) เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชันที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยนิวตรอนที่เกิดขึ้นเป็นตัวยิงนิวเคลียสของธาตุต่อไป



รูป 20.3 การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่

20.3.2 ปฏิกิริยาฟิวชัน (Fusion reaction)

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

ตัวอย่างของปฏิกิริยาฟิวชันที่ทำได้ในห้องปฏิบัติการ

$$^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{3}_{1}\mathrm{H} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} + 4\ \mathrm{MeV}$$

$$^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{3}_{2}\mathrm{H}e + {}^{1}_{0}\mathrm{n} + 3.3\ \mathrm{MeV}$$

ตัวอย่างของปฏิกิริยาฟิวชันที่เกิดขึ้นบนดาวฤกษ์

$$ {}^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}_{+1}\mathrm{e}^{0} + 0.4 \ \mathrm{MeV} $$

$$ {}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{3}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} + 5.5 \ \mathrm{MeV} $$

ตาราง เปรียบเทียบ Fission และ Fusion

แบบฟิชชัน	**แบบฟิวชัน**
1. เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน	1. เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน
2. เป็นการแตกตัวนิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากได้ 2 เสี่ยง	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

แบบฝึกทบทวน 20.3

1. (O-NET 51) ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (fusion)

   1. เกิดที่อุณหภูมิต่ำ
   2. ไม่สามารถทำให้เกิดบนโลกได้
   3. เกิดจากนิวเคลียสของธาตุเบาหลอมรวมกันเป็นธาตุหนัก
   4. เกิดจากการที่นิวเคลียสของธาตุหนักแตกตัวออกเป็นธาตุเบา

2. (O-NET 52) ธาตุหรือไอโซโทปในข้อใดที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่เกิดขึ้นที่ดวงอาทิตย์

   1. ไฮโดรเจน
   2. ดิวเทอเรียม
   3. ทริเทียม
   4. ฮีเลียม

3. (O-NET 53) โปรตอนและนิวตรอนสามารถอยู่รวมกันเป็นนิวเคลียสได้ ด้วยแรงใด

   1. แรงดึงดูดระหว่างมวล
   2. แรงไฟฟ้า
   3. แรงแม่เหล็ก
   4. แรงนิวเคลียร์

4. (O-NET 54) เหตุใดโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปัจจุบันจึงต้องสร้างใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ

   1. เพื่อให้มีน้ำเพียงพอต่อการดับไฟ กรณีไฟไหม้เตาปฏิกรณ์ปรมาณู
   2. ใช้น้ำปริมาณมากในการถ่ายเทความร้อนจากเตาปฏิกรณ์ไปยังกังหันไอน้ำ
   3. ใช้น้ำปริมาณมากในการทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของปฏิกิริยานิวเคลียร์
   4. ต้องใช้นิวตรอนจำนวนมากจากน้ำในการเริ่มปฏิกิริยานิวเคลียร์

5. (Ent)จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ $^{2}_{1}\mathrm{H} + \mathrm{X} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + \mathrm{n}$ X ควรเป็นอนุภาคใด

1. อิเล็กตรอน 2. โปรตอน 3. ดิวเทอรอน 4. ทริทอน

6. (Ent)จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ $^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{15}_{7}\mathrm{N} + \mathrm{X}$ X คืออนุภาคใด

1. อิเล็กตรอน 2. โปรตอน 3. นิวตรอน 4. โพซิตรอน

7. (Ent)จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ $^{198}_{80}\mathrm{Hg}\,(\mathrm{n}\,,\,\mathrm{y})\,{}^{197}_{79}\mathrm{Au}$ ถามว่า y คืออนุภาคใด

1. อนุภาคแอลฟา 2. โปรตอน 3. ดิวเทอรอน 4. ทริทอน

20.4 ประโยชน์ อันตราย และการป้องกันอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

20.4.1 ประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสี

1. ทางอุตสาหกรรม ใช้หารอยรั่วของท่อ รอยร้าวของแผ่นโลหะ หรือใช้ควบคุมความหนาแน่นของแผ่นโลหะ

2. ทางการเกษตร ใช้ปรับปรุงพันธุ์พืช วิจัยปุ๋ย ($^{32}_{15}\mathrm{P}$) วิจัยโคนม ($^{131}_{53}\mathrm{I}$) การถนอมอาหาร หรือศึกษาการปรุงอาหารของพืช

3. ทางการแพทย์ ใช้รักษาโรคมะเร็ง ($^{60}_{27}\mathrm{Co}$) ตรวจการไหลเวียนของโลหิต ($^{24}_{11}\mathrm{Na}$)

4. การหาวัตถุโบราณ หรือการหาอายุโลก จะใช้คาร์บอน – 14 และยูเรเนียม (Uranium-lead dating)

20.4.2 อันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

กัมมันตภาพรังสี เมื่อผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเนื้อเยื่อ ทำให้เนื้อเยื่อตายทันที หรือมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมทำให้เกิดโรคมะเร็ง

20.4.3 การป้องกันอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี

1. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่เราได้รับขึ้นกับเวลา ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องเข้าใกล้บริเวณที่มีธาตุกัมมันตรังสี ควรใช้เวลาสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้

2. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีจะลดลง ถ้าบริเวณนั้นอยู่ห่างแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสีมากขึ้น ดังนั้นจึงควรอยู่ห่างบริเวณที่มีธาตุกัมมันตรังสีให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

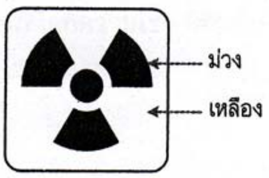
3. เนื่องจากปริมาณกัมมันตภาพรังสีชนิดต่าง ๆ มีอำนาจทะลุผ่านวัตถุได้ต่างกัน ดังนั้นจึงควรใช้วัตถุที่กัมมันตภาพรังสีผ่านได้ยากเป็นเครื่องกำบัง เช่น มักใช้ตะกั่ว คอนกรีต กำบังรังสีแกมมาและรังสีบีตาได้ นิยมใช้น้ำเป็นเครื่องกำบังนิวตรอน เป็นต้น

แบบฝึกทบทวน 20.4

1. (O-NET 49) ข้อใดต่อไปนี้เป็นการกำจัดกากกัมมันตรังสีที่ดีที่สุด

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

2. (O-NET 50) เครื่องหมายดังรูปแทนอะไร



1. เครื่องกำหนดไฟฟ้าโดยกังหันลม
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

20.5 ฟิสิกส์อนุภาค

ในการศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานของสสาร นอกจาก โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน นักฟิสิกส์ยังได้มีการค้นพบอนุภาคอื่น ๆ อีกเป็นจำนวนมาก โดยอาศัยเครื่องมือที่สำคัญ 2 ชนิด คือ เครื่องเร่งอนุภาค(particle accelerator) และ เครื่องตรวจวัดอนุภาค (particle detector) เช่น การใช้เครื่องตรวจวัดอนุภาคห้องหมอก (cloud chamber) ค้นพบโพซิตรอน (positron) ซึ่งเป็นปฏิยานุภาค (antiparticle) ของอิเล็กตรอน หรือ การใช้เครื่องเร่งอนุภาคแนวตรงที่ยาวกว่า 3.2 กิโลเมตรค้นพบควาร์ก (quark) อนุภาคที่นักฟิสิกส์ค้นพบ มีทั้งอนุภาคที่ไม่มีองค์ประกอบภายใน เรียกว่า อนุภาคมูลฐาน (elementary particle) และ อนุภาคที่มีองค์ประกอบภายใน ซึ่ง สาขาทางฟิสิกส์ที่ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของอนุภาคต่าง ๆ และอันตรกิริยาที่อนุภาคเหล่านี้มีต่อกัน เรียกว่าสาขา ฟิสิกส์อนุภาค (particle physics) แนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้อธิบายพฤติกรรมและอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคต่าง ๆ ได้รวบรวมไว้ในแบบจำลองที่เรียกว่า แบบจำลองมาตรฐาน (the Standard Model) ซึ่งได้แบ่งอนุภาคมูลฐานออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ อนุภาคสสาร (matter particle) อนุภาคสื่อแรง (force-carrier particle) และ อนุภาคฮิกซ์โบซอน (Higgs boson)ในแบบจำลองมาตรฐาน ภายในโปรตอนและนิวตรอนประกอบด้วยควาร์ก (quark) ที่มีการแลกเปลี่ยนกลูออน (gluon) ระหว่างกัน ทำให้เกิดแรงเข้ม (strong force) ที่ยึดเหนี่ยวให้ควาร์กอยู่รวมกันโดยผลข้างเคียงของแรงเข้มระหว่างควาร์กทำให้มีแรงนิวเคลียร์ที่ยึดเหนี่ยวนิวคลีออนให้อยู่รวมกันในนิวเคลียส ส่วนการสลายให้บีตาเป็นกระบวนการที่ควาร์กในนิวคลีออนมีการเปลี่ยนชนิด โดยมีแรงอ่อน(weak force) มาเกี่ยวข้อง ทั้งนี้ แรงอ่อนมีดับเบิลยูโบซอน (W-boson) และซีโบซอน (Z-boson) เป็นอนุภาคสื่อแรงการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค ได้นำไปสู่การประยุกต์ใช้ในด้าน ๆ ต่าง เช่น ด้านการแพทย์ด้านอุตสาหกรรม ด้านความปลอดภัย และ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ