

## บทที่ 6 การสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา (ALPHA - DECAY)

อนุภาคแอลฟา คือ นิวเคลียสของฮีเลียม ดังนั้น จึงมีประจุเป็นบวก  $2e$  อนุภาคแอลฟาที่เกิดจากการสลายของธาตุกัมมันตรังสีตามธรรมชาติ มักจะมีพลังงานประมาณ 4 – 10 เมออีวี

เนื่องจากอนุภาคแอลฟามีประจุ จึงมีอำนาจทำให้แก๊สแตกตัวได้, นับว่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอนุภาคเบตาและรังสีแกมมา แต่มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำเมื่อเทียบกับอนุภาคเบตาและรังสีแกมมา ในการวัดความเร็วของอนุภาคแอลฟา จะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ผ่านไปในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะเคลื่อนที่เป็นทางโค้ง

### 6.1 ความหมายของค่า

เมื่ออนุภาคแอลฟาเคลื่อนที่ผ่านแก๊ส จะทำให้แก๊สเกิดการแตกตัวเป็นไอออน การอนุภาคที่มีพลังงานสูงจะวิ่งผ่านไปได้ไกล ดังนั้น จึงนิยมวัดระยะทางแทนการวัดพลังงาน ซึ่งนับว่าถูกต้องกว่าการวัดความเร็วเพื่อใช้ในการหาค่าพลังงาน

**พิสัยเฉลี่ย (mean range)** หมายถึง ระยะทางที่ทำให้ความเข้มของอนุภาคที่วัดได้ลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณความเข้มเดิม

**พิสัยเอกซ์ตราไปเลท (extrapolated range)** หมายถึง ระยะทางที่ทำได้โดยการประมาณค่าจากเส้นกราฟลงมาตามแนวเส้นตรงก่อนที่กราฟจะมีการเบนออก

### 6.2 การแตกตัวจำเพาะ (Specific ionization)

เมื่ออนุภาคแอลฟาเคลื่อนที่ผ่านก๊าซ จะทำให้ก๊าซเกิดการแตกตัวเป็นไอออน การแตกตัวจะเกิดขึ้นมากหรือน้อย วัดได้โดยใช้ค่าการแตกตัวจำเพาะ หมายถึง จำนวนไอออนแพร์ที่เกิดขึ้นต่อระยะทาง 1 หน่วย โดยปกติแล้ว อนุภาคจะเสียพลังงาน 34 อิเล็กตรอนโวลต์ เพื่อทำให้เกิด ไอออนแพร์ 1 คู่

### 6.3 อำนาจการหยุดอนุภาค (Stopping power)

หมายถึง พลังงานที่อนุภาคต้องสูญเสียไปเมื่อวิ่งผ่านตัวกลางเป็นระยะทาง 1 หน่วย พบว่าธาตุที่มีค่าเลขอะตอม (Z) สูง จะมีอำนาจการหยุดอนุภาคสูงด้วย ยังมีค่าการหยุดอนุภาคในตัวกลางใด ๆ ที่สัมพันธ์กับการหยุดอนุภาคเมื่อตัวกลางเป็นอากาศ เรียกอำนาจการหยุดอนุภาคสัมพัทธ์ (relative stopping power) หาได้จากระยะทางที่อนุภาคเคลื่อนที่ไปได้ในอากาศหารด้วยระยะทางที่อนุภาคเคลื่อนที่ไปได้ในสารนั้น สำหรับอนุภาคแอลฟา ค่าอำนาจการหยุดอนุภาคแอลฟาในอากาศเท่ากับ 1

### 6.4 กราฟของพิสัย-พลังงาน (Range - energy curve)

หมายถึง กราฟที่สร้างขึ้นระหว่างระยะทางที่อนุภาควิ่งผ่านไปได้ กับพลังงานของอนุภาคนั้น เป็นการสะดวกในการหาพลังงานของอนุภาค เมื่อทราบระยะทางที่อนุภาคเคลื่อนที่ผ่านไปได้

### 6.5 สูตรการหาพิสัยในตัวกลางใด ๆ ( $R_s$ )

การหาพิสัยจะทำได้โดยใช้สูตร

$$R_s = \frac{3.2 \times 10^{-4} R A^{\frac{1}{2}}}{\rho} \dots\dots\dots(6.1)$$

เมื่อ R คือระยะทางที่อนุภาควิ่งผ่านไปได้ในอากาศ (ซม.)

ส่วนมาก มักจะกล่าวถึงระยะทางในหน่วย กรัมหรือมิลลิกรัมต่อ ซม<sup>2</sup> จะหาได้โดยการนำค่าระยะทาง (ซม.) คูณกับความหนาแน่นของสารนั้น ( $\frac{\text{กรัม}}{\text{ซม}^3}$ ) ค่าที่ได้ จะมีหน่วยเป็น  $\frac{\text{กรัม}}{\text{ซม}^2}$

แต่ถ้าทราบระยะทางสำหรับโปรตอนที่มีพลังงานต่าง ๆ กัน ( $R_{p, E}$ ) จะหาพิสัยสำหรับอนุภาคอื่นได้จากสูตร

$$R_{Z, M, E} = \frac{M}{Z^2} \cdot R_{p, E} \dots\dots\dots(6.2)$$

เมื่อ  $R_{Z, M, E}$  คือ พิสัยของอนุภาคที่มีประจุ Z, มวล M และพลังงาน E

การหาพิสัยที่อนุภาคสามารถวิ่งผ่านไปได้ในเนื้อเยื่อ หาได้จาก

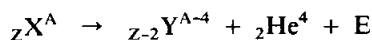
$$R_{\text{air}} \cdot \rho_{\text{air}} = R_{\text{tissue}} \rho_{\text{tissue}} \dots\dots\dots(6.3)$$

$$\text{ความหนาแน่นของอากาศ} = 0.00129 \frac{\text{กรัม}}{\text{ซม}^3}$$

$$\text{ความหนาแน่นของเนื้อเยื่อ} = 1 \frac{\text{กรัม}}{\text{ซม}^3}$$

## 6.6 การหาระดับพลังงานนิวเคลียร์

การสร้างระดับพลังงานนิวเคลียร์จากการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา อาจทำได้โดยการหาพลังงานในการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา แล้วนำมาเขียนแผนผังการสลายเพื่อแสดงระดับพลังงาน นอกจากนี้ ยังสามารถคำนวณหามวลของนิวเคลียสใหม่ที่เหลืออยู่หลังจากการส่งอนุภาคได้ สมการการสลายเขียนได้ดังนี้



เมื่อ E คือพลังงานการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา .....(6.4)

จากการวัดพลังงานโดยการส่งอนุภาคแอลฟา พบว่ามีพลังงานต่าง ๆ กัน จึงมีผู้ตั้งสมมุติฐานว่า อาจจะมีพลังงานที่เหลืออยู่สูงกว่าระดับกราวน์ในนิวเคลียสก่อนที่จะสลายหลังจากการส่งอนุภาคอื่นแล้ว ดังเช่นในรูปที่ 6.6 ในหนังสือตำรา PH 424 Bi<sup>212</sup> สลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา และยังมีอนุภาคเบตาส่งออกมาแล้วเกิดธาตุใหม่คือ Po<sup>212</sup> หลังจากนั้นจะสลายโดยให้อนุภาคแอลฟาเพื่อเกิดเป็น Pb<sup>208</sup> ซึ่งมีเสถียรภาพ พบว่าอนุภาคที่ส่งออกมามีพลังงานต่าง ๆ กัน คล้ายกับว่า การสลายโดยการส่งอนุภาคเบตานั้น นิวเคลียสที่เหลืออยู่คือ Po<sup>212</sup> นั้น ยังอยู่ในระดับที่ถูกกระตุ้น แล้วจึงส่งอนุภาคแอลฟาออกมา จึงดูคล้ายกับว่าทั้งอนุภาคแอลฟาและรังสีแกมมาถูกส่งออกมาพร้อม ๆ กัน

## 6.7 ทฤษฎีการส่งอนุภาคแอลฟา

อนุภาคแอลฟาที่ส่งออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีตามธรรมชาติ มักจะมีพลังงานประมาณ 4-10 เมออีวี แต่พลังงานศักย์ที่จะนำอนุภาคแอลฟาผ่านเข้าไปใกล้นิวเคลียสจนถึงรัศมีของนิวเคลียสนับว่ามีค่าสูง ในการคำนวณยังคงใช้สูตรของคูลอมบ์หาค่าพลังงานศักย์ที่ยอดกำแพงศักย์คือ

$$U_r = \frac{2Ze^2}{r} \quad \text{.....(6.5)}$$

ในการทดลองนั้น ยังไม่สามารถให้อนุภาคแอลฟาผ่านทะลุเข้าไปถึงนิวเคลียสได้ เพราะเมื่อเข้าไปถึงตำแหน่งหนึ่งห่างจากนิวเคลียส ประมาณ เค-เซล ก็จะถูกผลักออกมา แต่พบว่าอนุภาคที่ส่งออกมามีพลังงานต่ำกว่าค่าพลังงานศักย์ที่ยอดกำแพงศักย์ ที่คำนวณได้ จึงพอสรุปได้ว่า อนุภาคแอลฟาที่สลายออกมานั้น จะคอยปรากฏตัวอยู่ที่กำแพงศักย์ ครั้งแล้ว ครั้งเล่า จนกระทั่งมีโอกาสจึงหลุดออกมา

ไคเกอร์ - นัททอลล์ ได้ตั้งสมการสำหรับหาความสัมพันธ์ระหว่าง พิสัย ที่อนุภาค แอลฟาวิ่งผ่านไปได้กับครึ่งชีวิต คือ

$$\log R = A + B \log \lambda \quad \dots\dots\dots(6.6)$$

A และ B เป็นค่าคงที่ หาได้จากกราฟ แสดงการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา สำหรับแต่ละอนุกรม

---

## แบบฝึกหัดบทที่ 6

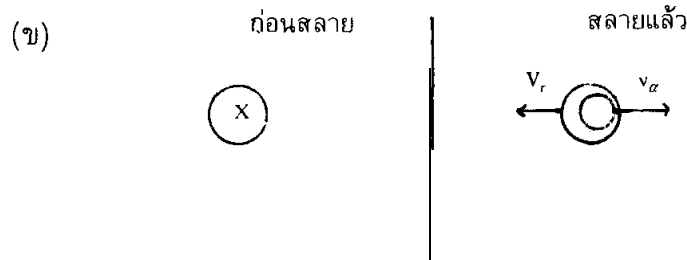
### ข้อ 6.1 โจทย์

(ก) จงให้ความหมายของ Alpha-disintegration energy

(ข) จงแสดงการหาค่า Alpha-disintegration energy เมื่อธาตุ X สลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟามวล  $m_\alpha$  พลังงาน  $E_\alpha$  แล้วเกิดธาตุใหม่มวล  $M_r$

เฉลย

(ก) Alpha-disintegration energy หมายถึง พลังงานทั้งหมดที่ส่งออกมาจากการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา



เนื่องจากนิวเคลียสที่เกิดขึ้นใหม่ มีมวล  $M_r$  เคลื่อนที่เล็กน้อย ด้วยพลังงาน  $E_r$  ดังนั้น พลังงานทั้งหมดที่ส่งออกมา คือ  $E = E_\alpha + E_r$

เมื่อพลังงานของอนุภาคแอลฟา คือ  $E_\alpha = \frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2$

และ  $E_r = \frac{1}{2} M_r v_r^2$

$$E = \frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2 + \frac{1}{2} M_r v_r^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

แต่  $v_r$  วัตยาก เพราะมวลที่เหลืออยู่มิ่ค่ามาก จะเคลื่อนที่ได้ช้า ในการคำนวณ จึงพยายามกำจัดออกเสีย โดยใช้หลักการอนุรักษ์โมเมนตัม

$$M_r v_r = m_\alpha v_\alpha$$

$$v_r = \frac{m_\alpha v_\alpha}{M_r}$$

แทนค่าในสมการ (1),  $E = \frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2 + \frac{1}{2} M_r \frac{m_\alpha^2 v_\alpha^2}{M_r^2}$

พลังงานการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา =  $E_\alpha \left(1 + \frac{m_\alpha}{M_r}\right)$

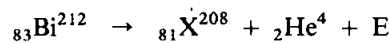
ข้อ 6.2 โจทย์ จากการสลายของ  $\text{Bi}^{212}$  พบอนุภาคแอลฟาพลังงาน 6.086, 6.047, 5.765, 5.622, 5.603, 5.478 เมมอีวี ตามลำดับ ถ้ากำหนดมวลของ

$${}_{83}\text{Bi}^{212} = 211.99127 \text{ เอเอมยู}, \quad {}_2\text{He}^4 = 4.0026036 \text{ เอเอมยู}$$

จงหามวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น

เฉลย

การสลายของ  $\text{Bi}^{212}$  โดยการส่งอนุภาคแอลฟา พลังงานของอนุภาคแอลฟาที่มีค่าสูงสุด จะทำให้นิวเคลียสที่เกิดใหม่อยู่ที่สภาวะกราวน์



$$E = E_\alpha \left( 1 + \frac{m_\alpha}{M_r} \right)$$

$$= 6.086 \left( 1 + \frac{4}{208} \right)$$

$$= 6.086 \times \frac{212}{208}$$

$$= 6.201 \text{ เมมอีวี} = \frac{6.201}{931.5} = 0.006657 \text{ เอเอมยู}$$

$$M(X) = M(\text{Bi}^{212}) - M(\text{He}^4) - E$$

$$= 211.99127 - 4.0026036 - 0.006657 \text{ เอเอมยู}$$

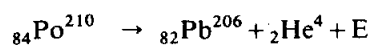
$$= 207.98201 \text{ เอเอมยู}$$

$$\text{มวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น} = 207.98201 \text{ เอเอมยู}$$

ข้อ 6.3 โจทย์ จงหาพลังงานที่ส่งออกมาจากการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟาของธาตุโปโลเนียม-210 และมวลของโปโลเนียม-210 เมื่อวัดพลังงานของอนุภาคแอลฟาได้ 5.3 เมมอีวี กำหนดมวลในหน่วยเอเอมยูของ

$$\text{Pb}^{206} = 205.97446, \quad \text{He}^4 = 4.0026036$$

เฉลย



$$E = E_\alpha \left[ 1 + \frac{m_\alpha}{M_r} \right]$$

$$= 5.3 \left[ 1 + \frac{4}{206} \right]$$

$$\text{พลังงานที่ส่งออกมาทั้งหมด} = 5.4 \text{ เมมอีวี}$$

$$\begin{aligned}
M(\text{Po}^{210}) &= M(\text{Pb}^{206}) + M(\text{He}^4) + \frac{E}{931.5} \text{ เอเอมยู} \\
&= 205.97446 + 4.0026036 + \frac{5.4}{931.5} \\
&= 209.9770636 + 0.0058 \\
&= 209.98286 \text{ เอเอมยู}
\end{aligned}$$

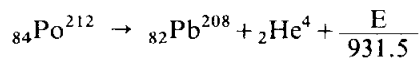
$$\text{มวลของโปโลเนียม - 210} = 209.98286 \text{ เอเอมยู}$$

ข้อ 6.4 โจทย์ จงหาพลังงานการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา และมวลของ  $\text{Po}^{212}$  จากการสลายของ  $\text{Po}^{212}$  โดยการวัดพลังงานของอนุภาคแอลฟาได้ 8.34 เมมอีวี กำหนดมวลในหน่วยเอเอมยูของ

$${}_{82}\text{Pb}^{208} = 207.97664, \quad {}_2\text{He}^4 = 4.0026036$$

$$\begin{aligned}
\text{เฉลย} \quad E &= E_\alpha \left[ 1 + \frac{m_\alpha}{M_r} \right] \\
&= 8.34 \left[ 1 + \frac{4}{208} \right] \\
&= 8.34 \times 1.019 \\
&= 8.5 \text{ เมมอีวี}
\end{aligned}$$

$$\text{พลังงานการสลาย} = \frac{8.5}{931.5} = 0.0091254 \text{ เอเอมยู}$$



$$\text{มวลของ } \text{Po}^{212} = M(\text{Pb}^{208}) + M(\text{He}^4) + 0.0091254 \text{ เอเอมยู}$$

$$= 207.97664 + 4.0026036 + 0.0091254$$

$$= 211.98836 \text{ เอเอมยู}$$

$$\text{มวลของโปโลเนียม - 212} = 211.98836 \text{ เอเอมยู}$$

ข้อ 6.5 โจทย์ อนุภาคแอลฟาที่ส่งออกมาจากนิวไคลด์  $\text{Po}^{214}$  มีพลังงาน 7.68 เมมอีวี

(ก) จงหาพลังงานทั้งหมดในการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา

(ข) จงหามวลของนิวเคลียสใหม่ที่เกิดขึ้น

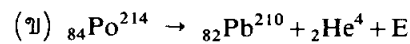
ถ้ากำหนดมวลในหน่วยเอเอมยูของ

$${}_{84}\text{Po}^{214} = 213.99519, \quad {}_2\text{He}^4 = 4.0026036$$

เฉลย

$$\begin{aligned} (ก) \quad E &= E_{\alpha} \left( 1 + \frac{m_{\alpha}}{M_r} \right) \\ &= 7.68 \left( 1 + \frac{4}{210} \right) \\ &= 7.68 \left( \frac{214}{210} \right) \\ &= 7.68 \times 1.019 \end{aligned}$$

พลังงานทั้งหมดในการสลาย = 7.82 เมมอีวี



$$\begin{aligned} M(\text{Pb}^{210}) &= M(\text{Po}^{214}) - M(\text{He}^4) - \frac{7.82}{931.5} \text{ เอเอมยู} \\ &= 213.99519 - 4.0026036 - 0.008395 \\ &= 209.9841914 \text{ เอเอมยู} \end{aligned}$$

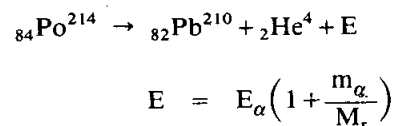
มวลของนิวเคลียสใหม่ = 209.9841914 เอเอมยู

ข้อ 6.6 โจทย์ วัดพลังงานของอนุภาคแอลฟาจากการสลายของธาตุโปโลเนียม -214 ได้ 7.68, 8.27, 10.326 และ 10.506 เมมอีวี ตามลำดับ จงหามวลของธาตุที่เกิดขึ้นจากการสลาย

กำหนดมวลของ

$${}_{84}\text{Po}^{214} = 213.99519 \text{ เอเอมยู}, \quad {}_2\text{He}^4 = 4.0026036 \text{ เอเอมยู}$$

เฉลย





$$\begin{aligned}
&= 10.506\left(1 + \frac{4}{210}\right) \\
&= 10.506 \times \frac{214}{210} = 10.506 \times 1.019 \\
&= 10.706 \quad \text{เอมอีวี} \\
\text{พลังงานการสลาย} &= 0.0114932 \quad \text{เอเอมยู} \\
\text{มวลของ Pb}^{210} &= M(\text{Po}^{214}) - M(\text{He}^4) - \frac{10.706}{931.5} \quad \text{เอเอมยู} \\
&= 213.99519 - 4.0026036 - 0.0114932 \\
&= 209.9810932 \quad \text{เอเอมยู} \\
\text{มวลของธาตุที่เกิดขึ้นคือ} & 209.9810932 \quad \text{เอเอมยู}
\end{aligned}$$

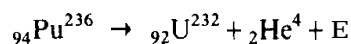
ข้อ 6.7 ไอโซโทป  $\text{Pu}^{236}$  ครึ่งชีวิต 2.85 ปี สลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา 2 พลังงาน และรังสีแกมมาพลังงาน 0.047 เอมอีวี จงหา

- (ก) พลังงานในการสลาย
- (ข) พลังงานของอนุภาคแอลฟาทั้งสอง
- (ค) เขียนแผนผังการสลาย

กำหนดมวลในหน่วยเอเอมยูของ

$$\begin{aligned}
{}_{94}\text{Pu}^{236} &= 236.04607, & {}_{92}\text{U}^{232} &= 232.03717, \\
{}_{2}\text{He}^4 &= 4.0026036
\end{aligned}$$

เฉลย



$$\begin{aligned}
\text{(ก) พลังงานในการสลาย } E &= [M(\text{Pu}^{236}) - M(\text{U}^{232}) - M(\text{He}^4)]931.5 \text{ เอมอีวี} \\
&= [236.04607 - 232.03717 - 4.0026036]931.5 \\
&= 6.2964 \times 10^{-3} \times 931.5 \\
&= 5.865 \text{ เอมอีวี}
\end{aligned}$$

$$(ข) \text{ พลังงานของอนุภาคแอลฟา } E = E_\alpha \left(1 + \frac{m_\alpha}{M_r}\right)$$

$$5.86 = E_\alpha \left(1 + \frac{4}{232}\right) = E_\alpha \times \frac{236}{232}$$

$$E_\alpha = 5.86 \times \frac{232}{236} = 5.76 \text{ เมมอีวี}$$

อีกพลังงานหนึ่งของอนุภาคแอลฟา จะกระโดดลงมาอยู่เหนือระดับกราวน์ แล้วส่งรังสีแกมมาพลังงาน 0.047 เมมอีวี ดังนั้น  $E = 5.865 - 0.047 = 5.818$  เมมอีวี

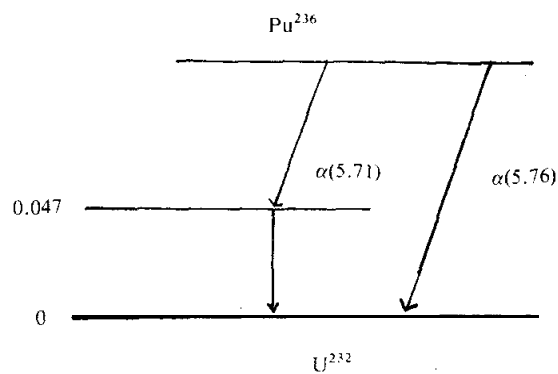
$$E = E_\alpha \left(1 + \frac{m_\alpha}{M_r}\right)$$

$$5.818 = E_\alpha \left(1 + \frac{4}{232}\right)$$

$$E_\alpha = 5.818 \times \frac{232}{236}$$

อีกพลังงานของอนุภาคแอลฟา = 5.719 เมมอีวี

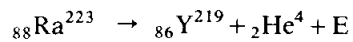
(ค) แผนผัง การสลาย



ข้อ 6.8 โจทย์ วัดพลังงานของอนุภาคแอลฟาจากการสลายของธาตุเรเดียม -223 ได้ 5.71 เมมอีวี ด้วยเครื่องชีวิต 11.7 วัน จงหามวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น กำหนดมวลในหน่วย เอเอมยูของ

$${}_{88}\text{Ra}^{223} = 223.01856, \quad {}_2\text{He}^4 = 4.0026036$$

เฉลย



$$\begin{aligned} E &= 5.71 \left( 1 + \frac{m_\alpha}{M_r} \right) \\ &= 5.71 \left( 1 + \frac{4}{219} \right) \\ &= 5.71 \times \frac{223}{219} = 5.71 \times 1.018 \end{aligned}$$

พลังงานการสลาย = 5.81 เอเมอีวี

$$M(Y) = M(\text{Ra}^{223}) - M(\text{He}^4) - \frac{5.81}{931.5} \quad \text{เอเอมยู}$$

$$= 223.01856 - 4.0026036 - \frac{5.81}{931.5}$$

$$= 219.00971 \quad \text{เอเอมยู}$$

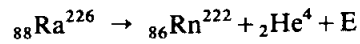
มวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้นคือ 219.00971 เอเอมยู

ข้อ 6.9 โจทย์ จากการสลายของเรเดียม -226 ไปเป็นเรดอน -222 โดยการส่งอนุภาคแอลฟา พลังงาน 4.78 เมมอีวี จงหาพลังงานในการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา และมวลของเรเดียม -226

กำหนดมวลของ

$${}_{86}\text{Rn}^{222} = 222.0175 \text{ เอเอมยู}, \quad {}_2\text{He}^4 = 4.0026036 \text{ เอเอมยู}$$

เฉลย



$$\begin{aligned} E &= E_\alpha \left(1 + \frac{m_\alpha}{M_r}\right) \\ &= 4.78 \left(1 + \frac{4}{222}\right) \\ &= 4.78 \times \frac{226}{222} \end{aligned}$$

$$\text{พลังงานในการสลาย} = 4.866 \text{ เมมอีวี}$$

$$\begin{aligned} \text{มวลของเรเดียม} - 226 &= M(\text{Rn}^{222}) + M(\text{He}^4) + \frac{4.866}{931.5} \text{ เอเอมยู} \\ &= 222.0175 + 4.0026036 + 0.0052238 \\ &= 226.02532 \text{ เอเอมยู} \end{aligned}$$

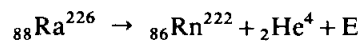
ข้อ 6.10 โจทย์ นิวเคลียสของเรเดียม - 226 สลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา จงหา

(ก) ความเร็วของอนุภาคแอลฟา

(ข) ความเร็วของธาตุเรดอน - 222 ที่เกิดขึ้น

กำหนด พลังงานยึดเหนี่ยวของ ${}_{88}\text{Ra}^{226}$	= 1731.7	เอมอีวี
${}_{86}\text{Rn}^{222}$	= 1708.3	เอมอีวี
${}_2\text{He}^4$	= 28.3	เอมอีวี

เฉลย



$$\begin{aligned} \text{พลังงานการสลาย } E &= (1708.3 + 28.3) - 1731.7 \\ &= 1736.6 - 1731.7 = 4.9 \text{ เมมอีวี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หา } E_\alpha \text{ จาก } E &= E_\alpha \left(1 + \frac{m_\alpha}{M_r}\right) \\ &= E_\alpha \left(1 + \frac{4}{222}\right) = E_\alpha \left(\frac{226}{222}\right) \end{aligned}$$

$$\text{พลังงานของอนุภาคแอลฟา } E_\alpha = \frac{222}{226} E = \frac{222}{226} \times 4.9 = 4.813 \text{ เอมอีวี}$$

$$E_{R_n} = 4.9 - 4.813 = 0.087 \text{ เอมอีวี}$$

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

$$v_\alpha = \sqrt{\frac{2 \times 4.813 \times 1.6 \times 10^{-13}}{4 \times 1.67 \times 10^{-27}}} = \sqrt{2.3056 \times 10^{14}}$$

$$= 1.518 \times 10^7 \text{ เมตร/วินาที}$$

$$v_{R_n} = \sqrt{\frac{2 \times 0.087 \times 1.6 \times 10^{-13}}{222 \times 1.67 \times 10^{-27}}}$$

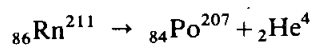
$$= \sqrt{0.0007508 \times 10^{14}}$$

$$= 0.0274 \times 10^7$$

$$\text{ความเร็วของธาตุเรดอน} = 2.74 \times 10^5 \text{ เมตร/วินาที}$$

ข้อ 6.11 ไอโซโทป นิวไคลด์เรดอน  $-211$  สลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟาออกมา 3 กลุ่ม มีพลังงานจลน์ 5.847 เอมอีวี, 5.779 เอมอีวี และ 5.613 เอมอีวี ตามลำดับ จงหาพลังงานการสลาย และหาระดับพลังงานของนิวเคลียสที่เกิดขึ้นใหม่ จากการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟา

เฉลย



$$E = E_\alpha \left(1 + \frac{m_\alpha}{M_r}\right)$$

$$E_1 = 5.847 \left(1 + \frac{4}{207}\right) = 5.847 \times \frac{211}{207}$$

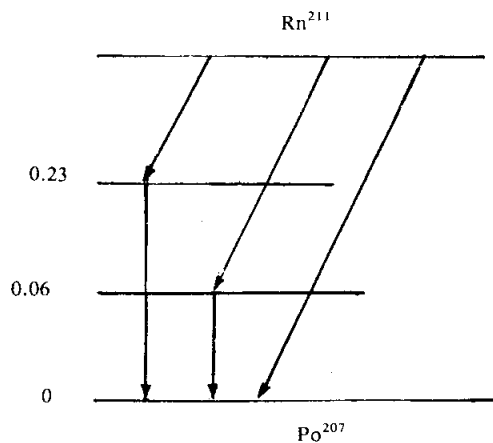
$$= 5.95$$

$$E_2 = 5.779 \left(\frac{211}{207}\right)$$

$$= 5.89$$

$$E_3 = 5.613 \left(\frac{211}{207}\right)$$

$$= 5.72$$



ข้อ 6.12 โจทย์ จากการสลายของธาตุ  ${}_{86}\text{Rn}^{222}$  ไปเป็น  ${}_{84}\text{Po}^{218}$  โดยการส่งอนุภาคแอลฟา พลังงาน 5.49 เมมอีวี และยังมีพลังงานอื่น ๆ อีก จงหาค่าพลังงานในการสลายของ ธาตุนี้

เฉลย

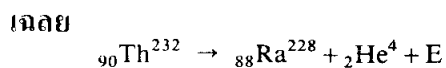
$$E = E_{\alpha} \left[ 1 + \frac{m_{\alpha}}{M_r} \right]$$

$$= 5.49 \left[ 1 + \frac{4}{218} \right]$$

$$= 5.49 \left( \frac{222}{218} \right)$$

พลังงานการสลายของธาตุเรดอน -222 = 5.59 เมมอีวี

ข้อ 6.13 โจทย์ จงหามวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้นจากการสลายโดยการส่งอนุภาคแอลฟาของ ธาตุ  ${}_{90}\text{Th}^{232}$  เมื่อวัดพลังงานของอนุภาคแอลฟาได้ 4.0 เมมอีวี กำหนดมวลของ  ${}_{90}\text{Th}^{232} = 232.03821$  เอเอมยู,  ${}_{2}\text{He}^4 = 4.0026036$  เอเอมยู



$$E = E_{\alpha} \left[ 1 + \frac{m_{\alpha}}{M_r} \right]$$

$$= 4 \left[ 1 + \frac{4}{228} \right]$$

พลังงานการสลาย =  $4 \times \frac{232}{228} = 4.07$  เมมอีวี

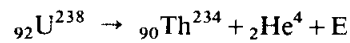
$$\begin{aligned}
M(\text{Ra}^{228}) &= M(\text{Th}^{232}) - M(\text{He}^4) - \frac{E}{931.5} \text{ เอเอมยู} \\
&= 232.03821 - 4.0026036 - \frac{4.07}{931.5} \\
&= 228.0356064 - 0.0043692 \\
&= 228.031237 \quad \text{เอเอมยู}
\end{aligned}$$

มวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้นคือ 228.031237 เอเอมยู

ข้อ 6.14 โจทย์ การสลายของยูเรเนียม -238 โดยการส่งอนุภาคแอลฟาพลังงาน 4.2 เมมอีวี  
จงหามวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น  
กำหนดมวลของ

$${}_{92}\text{U}^{238} = 238.0508 \text{ เอเอมยู}, \quad {}_2\text{He}^4 = 4.0026036 \text{ เอเอมยู}$$

เฉลย



$$\begin{aligned}
E &= E_\alpha \left[ 1 + \frac{m_\alpha}{M_r} \right] \\
&= 4.2 \left[ 1 + \frac{4}{234} \right]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{พลังงานการสลาย} &= 4.2 \times \frac{238}{234} = 4.2717 \text{ เมมอีวี} \\
&= \frac{4.27}{931.5} = 4.58 \times 10^{-3} \text{ เอเอมยู}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{มวลของ Th}^{234} &= M(\text{U}^{238}) - M(\text{He}^4) - \frac{4.2717}{931.5} \\
&= 238.0508 - 4.0026036 - 0.0045859 \\
&= 234.0436 \text{ เอเอมยู}
\end{aligned}$$

$$\text{มวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น} = 234.0436 \text{ เอเอมยู}$$

ข้อ 6.15 โจทย์ จงหาค่าแรงแศกย์ สำหรับอนุภาคแอลฟา สำหรับธาตุ  ${}_{92}\text{U}^{238}$

$$\text{กำหนด } r_0 = 1.45 \times 10^{-15} \text{ เมตร}, (238)^{\frac{1}{3}} = 6.2$$

เฉลย

$$U_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Ze^2}{r}$$
$$= \frac{2 \times 92 \times (1.6 \times 10^{-19})^2 \times 9 \times 10^9}{8.99 \times 10^{-15} \times 1.6 \times 10^{-13}}$$

ค่าแรงตักยึ่สำหรับอนุภาคแอลฟา = 29.47 เอ็มอีวี

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ N}^{-1}\text{m}^{-2}\cdot\text{C}^2$$

---