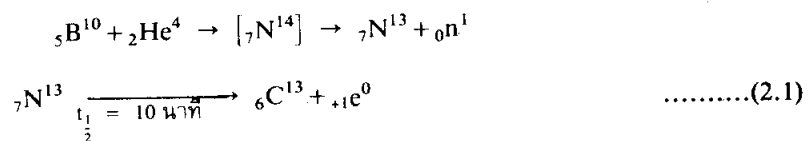


บทที่ 2

กัมมันตรังสีที่สร้างขึ้นเอง และการเปลี่ยนแปลงแบบไอโซบาริก (ARTIFICIAL RADIOACTIVITY AND ISOBARIC TRANSFORMATIONS)

จากการศึกษาปฏิกิริยาระหว่างอนุภาคแอลฟากับธาตุเบา ๆ พบว่ามีธาตุใหม่เกิดขึ้นเมื่อปล่อยทิ้งไว้ ธาตุที่เกิดขึ้นใหม่ซึ่งเป็นธาตุกัมมันตรังสีก็จะสลายได้นิวไคลด์ใหม่ และอนุภาคใหม่ เป็นการเปลี่ยนแปลงจากนิวเคลียส ทำให้นิวไคลด์ใหม่ มีเลขมวลเหมือนนิวไคลด์ก่อนที่จะมีการสลาย และมีอนุภาคเบตาเกิดขึ้นดังปฏิกิริยา



การสลายแบบนี้จะมีตัวพาพลังงานออกมา เรียกนิวตริโน พลังงานที่ส่งออกมาจะแบ่งปันกันระหว่างอนุภาคเบตาและนิวตริโน อย่างเป็นสัดส่วนที่ไม่แน่นอน ด้วยเหตุนี้พลังงานของอนุภาคที่ส่งออกมาจึงมีลักษณะเป็นสเปกตรัมของพลังงานแบบต่อเนื่อง การสลายที่ทำให้เกิดธาตุใหม่ที่มีเลขมวลเหมือนกับธาตุเดิม เรียกการเปลี่ยนแปลงแบบไอโซบาริก (isobaric transition) การเปลี่ยนแปลงแบบนี้ จะรวมถึงการที่นิวเคลียสจับอิเล็กตรอนตามเซลล์ต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้ ๆ กับนิวเคลียสด้วย และจะเกิดได้เสมอแม้แต่นิวไคลด์เบา ๆ

นอกจากปฏิกิริยาตามสมการ (2.1) แล้ว ยังพบปฏิกิริยานิวเคลียร์อื่น ๆ อีก ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้มีธาตุกัมมันตรังสีใหม่ ๆ เกิดขึ้นอีกมากมาย

ดังที่ได้เคยกล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ว่า เมื่อนิวเคลียสมีเสถียรภาพ ในนิวเคลียสนั้น มักจะมีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเท่ากัน แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงจำนวนโปรตอน หรือนิวตรอนในนิวเคลียส เช่น นิวตรอนอาจจะมากเกินไปหรือโปรตอนน้อยเกินไป ในนิวเคลียส ก็จะมีการเปลี่ยนแปลง จากนิวตรอนไปเป็นโปรตอน หรือโปรตอนไปเป็นนิวตรอน การเปลี่ยนแปลงแบบนี้ จะทำให้มวลของนิวเคลียสมีค่าคงเดิม แต่ประจุในนิวเคลียสอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้

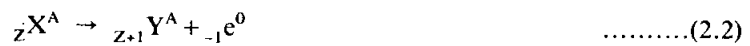
จากรูปที่ 2.1 ในหนังสือนิวเคลียร์ฟิสิกส์ PH 424 ได้แสดงแผนภูมินิวไคลด์ แสดงให้เห็นว่า ธาตุที่อยู่ในแนวเส้นตรง $N = Z$ มักจะเป็นธาตุที่มีเสถียรภาพ ธาตุที่อยู่เหนือแนวเส้นตรง $N = Z$ มักจะสลายโดยการส่งเบตาเนกาตรอน ธาตุที่อยู่ต่ำกว่าแนวเส้นตรง $N = Z$ มักจะสลายโดยการส่งโพซิตรอน และธาตุที่อยู่ในแนวเส้นตรงที่ขนานกับแกน X, จะเป็นธาตุที่เป็นไอโซโทป ธาตุที่อยู่ในแนวเส้นตรงที่ขนานกับแกน Y, จะเป็นธาตุที่เป็นไอโซโทป ส่วนธาตุที่อยู่ในแนวเส้นทแยง จะเป็นธาตุที่เป็นไอโซบาร์

2.1 กรณีการส่งอิเล็กตรอน

การสลายแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อนิวเคลียสต้องการเพิ่มประจุ โดยมีจำนวนนิวคลีออนคงเดิม จะพิจารณาว่านิวเคลียสใดสามารถส่งอิเล็กตรอนออกมาได้หรือไม่นั้น จะต้องทราบค่ามวลของนิวเคลียสก่อน หรืออาจจะทราบพลังงานที่เกิดขึ้น

สมการการส่งอิเล็กตรอน

เมื่อนิวเคลียสสลายโดยการส่งอิเล็กตรอนตามสมการ



เมื่อ ${}_Z X^A$ เป็นนิวเคลียสของธาตุที่จะสลาย
 ${}_{Z+1} Y^A$ เป็นนิวเคลียสของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น

จาก $E = mc^2$ หรือ $m = \frac{Q}{c^2}$ จะได้

$$\frac{Q}{c^2} = M_n({}_Z X^A) - M_n({}_{Z+1} Y^A) - m_e$$

จากที่ทราบแล้วว่า อะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสและอิเล็กตรอนวนอยู่รอบตามจำนวนเลขอะตอม Z ดังนั้นนิวเคลียส ${}_Z X^A$ จะเขียนใหม่ได้คือ

$$M_n({}_Z X^A) = M_a({}_Z X^A) - Zm_e$$

เมื่อ $M_a({}_Z X^A)$ คือมวลของอะตอมที่มีมวลของนิวเคลียส $M_n({}_Z X^A)$

และ Zm_e คือมวลของอิเล็กตรอน

$$\frac{Q}{c^2} = M_a({}_Z X^A) - M_a({}_{Z+1} Y^A)$$

(เนื่องจากยังไม่มีตารางมวลของนิวเคลียส จึงจำเป็นต้องใช้มวลอะตอมซึ่งอ่านได้จากท้ายเล่ม โดยการเปลี่ยนแปลงมวลของนิวเคลียสเป็นมวลอะตอม)

การหาค่าคิวในสมการ

$$Q = [M_a({}_Z X^A) - M_a({}_{Z+1} Y^A)] 931.5 \quad \text{เอมอีวี} \dots\dots\dots(2.3)$$

พลังงานในการสลายโดยการส่งอิเล็กตรอน (E)

$$E = [M_a({}_Z X^A) - M_a({}_{Z+1} Y^A)] 931.5 \quad \text{เอมอีวี} \dots\dots\dots(2.4)$$

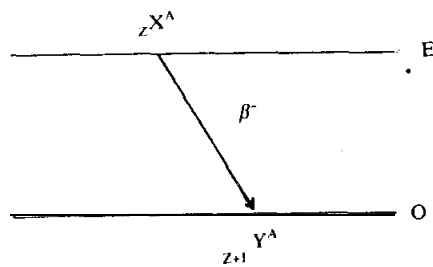
สมการการสลาย



จากสมการ (2.5) จะสามารถหาค่ามวลอะตอมของธาตุใด ๆ ในสมการนี้ได้

แผนผังการสลายโดยการส่งอิเล็กตรอน

เนื่องจากการส่งอิเล็กตรอนเป็นผลให้ประจุในนิวเคลียสเพิ่มขึ้น 1 หน่วย การเขียนแผนผังการสลาย จะกำหนดให้แนวราบ (แกน X) แทนค่าเลขอะตอม Z แนวตั้ง (แกน Y) แทนค่าพลังงาน ดังนั้น สมการ (2.5) จะเขียนได้ดังนี้



2.2 การส่งโพซิตรอน

เป็นการเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียสที่จะทำให้มวลอะตอมคงเดิม แต่ประจุภายในนิวเคลียสลดลง 1 หน่วย ดังสมการ

สมการการส่งโพซิตรอน



เมื่อ ${}_{Z-1} Y^A$ เป็นนิวเคลียสใหม่ที่เกิดขึ้น

$$\frac{Q}{c^2} = M_n({}_Z X^A) - M_n({}_{Z-1} Y^A) - m_e$$

โดยการเปลี่ยนมวลของนิวเคลียสเป็นมวลของอะตอม จะได้ว่า

$$Q/c^2 = M_a({}_Z X^A) - M_a({}_{Z-1} Y^A) - 2m_e$$

ค่าคิวในสมการ

$$Q = [M_a({}_Z X^A) - M_a({}_{Z-1} Y^A)]931.5 - 1.022 \quad \text{เอมอีวี} \dots\dots\dots(2.7)$$

มวลของอิเล็กตรอน สามารถเปลี่ยนให้เป็นพลังงานได้ตามสูตร $E = mc^2$ เมื่อ c คือความเร็วของแสง และเปลี่ยนให้เป็นพลังงานมีหน่วยเป็น เอมอีวี จะได้เท่ากับ 0.511 เอมอีวี

พลังงานในการสลายโดยการส่งโพซิตรอน

$$E = [M_a({}_Z X^A) - M_a({}_{Z-1} Y^A)]931.5 \quad \text{เอมอีวี} \dots\dots\dots(2.8)$$

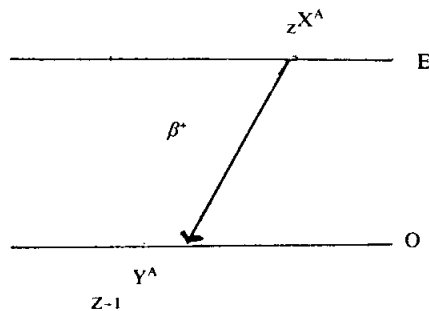
สมการในการสลาย



จากสมการข้างบนจะสามารถหาค่ามวล หรือพลังงานทั้งหมดที่ส่งออกมาจากการสลายได้

แผนผังการสลายโดยการส่งโพซิตรอน

เนื่องจากการส่งโพซิตรอนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากนิวเคลียส เป็นผลให้ประจุในนิวเคลียสลดลง 1 หน่วย จึงเขียนแผนผังการสลายได้ดังนี้



2.3 การเกิดการจับอิเล็กตรอนในวงโคจร (Orbital electron capture = E.C.)

บางทีนิวเคลียสมีประจุมากเกินไป ต้องการลดประจุ อาจทำได้โดยการจับอิเล็กตรอนในเชลต่าง ๆ ของอะตอมเข้ามารวมในนิวเคลียส ส่วนมากมักจะจับอิเล็กตรอนในเค-เชล แต่

บางทีก็จับอิเล็กตรอนที่อยู่ในแอล-เซลล์ หรือในเซลล์อื่น ๆ เข้ามารวมในนิวเคลียส จึงอาจเรียกว่าเป็นเค-แคปเจอร์ หรือแอล-แคปเจอร์

สมการการเกิดการจับอิเล็กตรอน



มวลของนิวเคลียสในสมการที่ต่างกัน เขียนได้ดังนี้

$$\frac{Q}{c^2} = [M_n({}_Z X^A) + m_e - M_n({}_{Z-1} Y^A)]$$

โดยการเปลี่ยนมวลของนิวเคลียสเป็นมวลของอะตอม จะได้

$$\frac{Q}{c^2} = M_a({}_Z X^A) - M_a({}_{Z-1} Y^A)$$

ค่าคิวในสมการ

$$Q = [M_a({}_Z X^A) - M_a({}_{Z-1} Y^A)]931.5 \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

เมื่อ $M_a({}_{Z-1} Y^A)$ คือมวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น

พลังงานในการเกิดการจับอิเล็กตรอน (E)

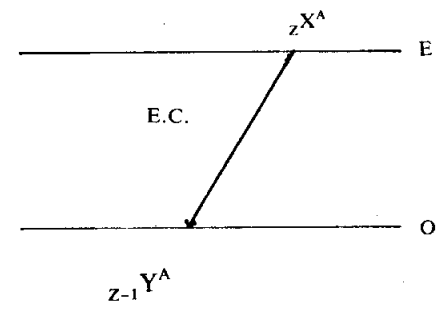
$$E = [M_a({}_Z X^A) - M_a({}_{Z-1} Y^A)]931.5 \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

สมการการสลาย

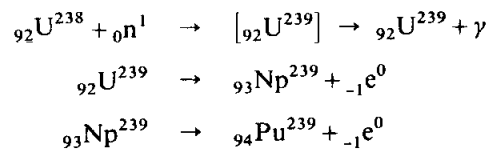


แผนผังการสลายโดยการจับอิเล็กตรอน

การจับอิเล็กตรอนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในนิวเคลียส และเนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโปรตอนสามารถแสดงคุณสมบัติเป็นคลื่นได้ จึงรวมกันเพื่อกลายเป็นนิวตรอน เป็นผลให้ประจุในนิวเคลียสลดลง 1 หน่วย แผนผังการสลายจึงเขียนได้ดังนี้



ในบทนี้ได้แสดงปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น อาจจะจดจำไว้บ้างสำหรับบางปฏิกิริยาที่มักพบบ่อย ๆ นอกจากนี้ก็มีคำว่าธาตุทรานสยูเรเนียม ซึ่งเป็นธาตุที่มีเลขอะตอมสูงกว่าธาตุยูเรเนียม คือตั้งแต่ 93, 94,... เรื่อย ๆ ไป แต่เดิมนั้นรู้จักธาตุนี้จากปฏิกิริยา



${}_{92}\text{U}^{239}$ เป็นธาตุที่ไม่มีเสถียรภาพ จะสลายโดยการส่งอนุภาคเบตา แต่ละครั้งของการสลาย จะทำให้ธาตุใหม่ที่เกิดขึ้นมีค่าเลขอะตอมเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ธาตุใหม่ที่เกิดขึ้นเหล่านี้ก็คือธาตุทรานสยูเรเนียม

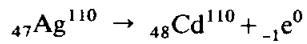
แบบฝึกหัดบทที่ 2

ข้อ 2.1 ไอโซทอป Ag^{110} สลายโดยการส่งอิเล็กตรอน จงหาพลังงานในการสลาย และเขียนแผนผังการสลาย

กำหนดมวลของ

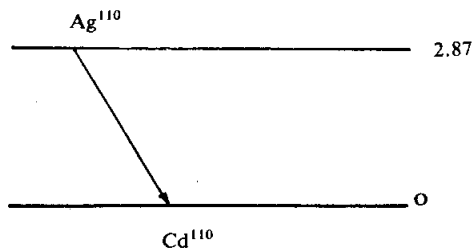
$${}_{47}\text{Ag}^{110} = 109.90609 \text{ เอเอมยู}, \quad {}_{48}\text{Cd}^{110} = 109.90300 \text{ เอเอมยู}$$

เฉลย



$$\begin{aligned} \text{พลังงานในการสลาย} &= [M(\text{Ag}^{110}) - M(\text{Cd}^{110})]931.5 && \text{เอมอีวี} \\ &= [109.90609 - 109.90300]931.5 \\ &= 0.00309 \times 931.5 \\ &= 2.878 && \text{เอมอีวี} \end{aligned}$$

แผนผังการสลาย



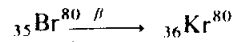
ข้อ 2.2 ไอโซทอป โบรมีน-80 มีการสลายตามลักษณะที่เรียก การเปลี่ยนแปลงแบบไอโซบาร์

- (ก) จงหาพลังงานในการสลายแต่ละกรณี
- (ข) จงเขียนแผนผังการสลาย
- (ค) จงหาพลังงานของอนุภาคที่ส่งออกมาแต่ละกรณี ถ้าในกรณีการส่งอิเล็กตรอนมีรังสีแกมมาพลังงาน 0.62 เอมอีวีออกมาด้วย

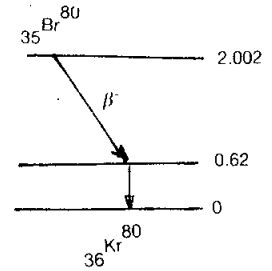
$$\begin{aligned} \text{กำหนดมวล } {}_{35}\text{Br}^{80} &= 79.91854 \text{ เอเอมยู}, & {}_{34}\text{Se}^{80} &= 79.91651 \text{ เอเอมยู} \\ {}_{36}\text{Kr}^{80} &= 79.91639 \text{ เอเอมยู} \end{aligned}$$

เฉลย

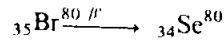
การสลายแบบไอโซบาร์อาจจะส่งอิเล็กตรอน โพซิตรอน หรือการจับอิเล็กตรอน
กรณีการส่งอิเล็กตรอน



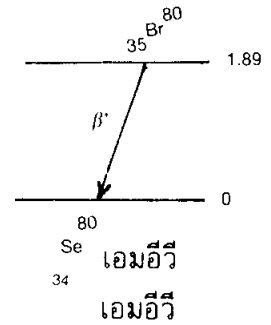
พลังงานการสลาย = $|M(\text{Br}^{80}) - M(\text{Kr}^{80})|931.5$ เมมอีวี
 = $|79.91854 - 79.91639|931.5$
 = $2.15 \times 10^{-3} \times 931.5 = 2.002$ เมมอีวี
 พลังงานของอิเล็กตรอน = $2.002 - 0.62 = 1.38$ เมมอีวี



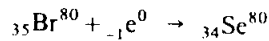
กรณีการส่งโพซิตรอน



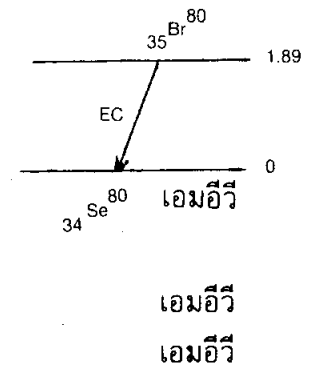
พลังงานการสลาย = $|M(\text{Br}^{80}) - M(\text{Se}^{80})|931.5$
 = $|79.91854 - 79.91651|931.5$
 = $0.00203 \times 931.5 = 1.8909$
 พลังงานของโพซิตรอน = $1.8909 - 1.022 = 0.8689$



กรณีการจับอิเล็กตรอน

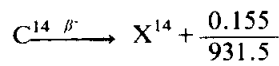


พลังงานการสลาย = $|M(\text{Br}^{80}) - M(\text{Se}^{80})|931.5$
 = $|79.91854 - 79.91651|931.5$
 = $0.00203 \times 931.5 = 1.89$
 พลังงานในการเกิด E.C. = 1.89



ข้อ 2.3 โจทย์ การสลายของคาร์บอน - 14 โดยให้อิเล็กตรอนพลังงาน 0.155 เมมอีวี จงหา
มวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น และเขียนแผนผังการสลาย
กำหนดมวลของ ${}_{6}\text{C}^{14} = 14.0032419$ เอเอมยู

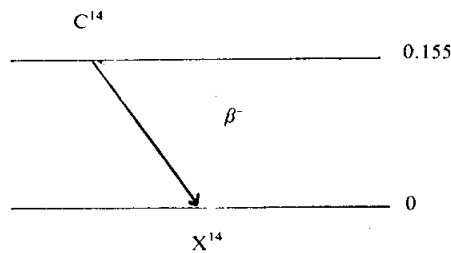
เฉลย



$$\begin{aligned} \text{มวลของ } M(X^{14}) &= 14.0032419 - 0.0001663 \\ &= 14.003075 \end{aligned}$$

เอเอมยู

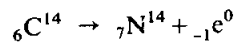
แผนผังการสลาย



ข้อ 2.4 โจทย์ จงหาพลังงานของอนุภาคที่ส่งออกมาจากการสลายตามสมการ $C^{14}(\beta^-)N^{14}$
กำหนดมวลของ

$${}_6C^{14} = 14.0032419 \text{ เอเอมยู}, \quad {}_7N^{14} = 14.0030744 \text{ เอเอมยู}$$

เฉลย



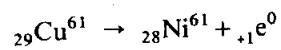
พลังงานของอนุภาคหาได้จากพลังงานในการสลาย

$$\begin{aligned} &= [M(C^{14}) - M(N^{14})]931.5 && \text{เอมอีวี} \\ &= [14.0032419 - 14.0030744]931.5 \\ &= [1.675 \times 10^{-4}]931.5 \\ &= 0.156 && \text{เอมอีวี} \end{aligned}$$

ข้อ 2.5 โจทย์ ${}_{29}Cu^{61}$ สลายโดยการส่งโพซิตรอน วัดพลังงานของโพซิตรอนได้ 1.22 เอมอีวี
จงหามวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น

$$\text{กำหนดมวลของ } {}_{29}Cu^{61} = 60.93344 \text{ เอเอมยู}$$

เฉลย



$$\text{พลังงานในการสลาย } E = 1.22 + 1.022 = 2.242 \quad \text{เอมอีวี}$$

$$\text{มวลของ } {}_{28}Ni^{61} = M(Cu^{61}) - E \quad \text{เอเอมยู}$$

$$\begin{aligned} &= 60.93344 - \frac{2.242}{931.5} \\ &= 60.93344 - 0.002406 \\ &= 60.9310331 \end{aligned}$$

เอเอมยู

ข้อ 2.6 โจทย์ ${}_{29}\text{Cu}^{62}$ สลายโดยการส่งโพซิตรอน จงหา

(ก) พลังงานในการสลาย

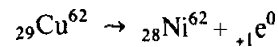
(ข) พลังงานของโพซิตรอน

กำหนดมวลในหน่วยเอเอ็มยูของ

$${}_{29}\text{Cu}^{62} = 61.93256,$$

$${}_{28}\text{Ni}^{62} = 61.92835$$

เฉลย



$$\begin{aligned} \text{(ก) พลังงานในการสลาย} &= [M(\text{Cu}^{62}) - M(\text{Ni}^{62})]931.5 && \text{เอมอีวี} \\ &= [61.93256 - 61.92835]931.5 \\ &= 0.00421 \times 931.5 \end{aligned}$$

$$= 3.9216 \quad \text{เอมอีวี}$$

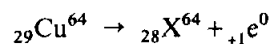
$$\text{(ข) พลังงานของโพซิตรอน} = 3.9216 - 1.022$$

$$= 2.899 \quad \text{เอมอีวี}$$

ข้อ 2.7 โจทย์ ${}_{29}\text{Cu}^{64}$ ส่งโพซิตรอนพลังงาน 0.66 เอมอีวี จงหามวลที่เกิดขึ้นใหม่

กำหนดมวลของ ${}_{29}\text{Cu}^{64} = 63.92976$ เอเอ็มยู

เฉลย



$$\text{พลังงานในการสลาย } E = 0.66 + 1.022 \quad \text{เอมอีวี}$$

$$= 1.682 \quad \text{เอมอีวี}$$

$$= \frac{1.682}{931.5} = 1.8056 \times 10^{-3} \quad \text{เอเอ็มยู}$$

$$\text{มวลของ } {}_{28}\text{X}^{64} = M(\text{Cu}^{64}) - E \quad \text{เอเอ็มยู}$$

$$= 63.92976 - 1.8056 \times 10^{-3}$$

$$= 63.927954 \quad \text{เอเอ็มยู}$$

ข้อ 2.8 โจทย์ ${}_{19}\text{K}^{42}$ สลายโดยการส่งอิเล็กตรอนพลังงาน 2.07 เอมอีวี 25% แล้วเกิดเป็น

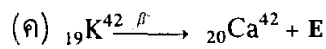
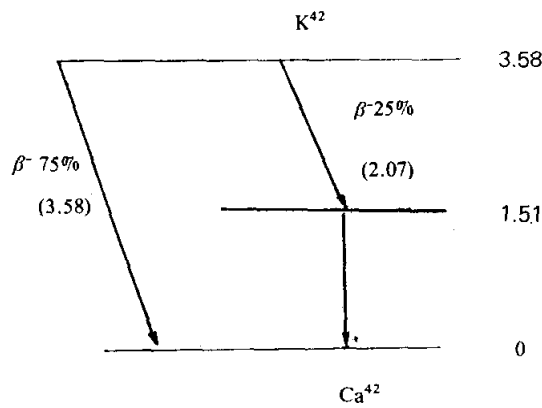
${}_{20}\text{Ca}^{42}$ เหนือระดับกราวน์ 1.51 เอมอีวี อีก 75% สลายโดยการส่งอิเล็กตรอนเช่นกัน

แต่อยู่ที่ระดับกราวน์ จงหา

- (ก) พลังงานในการสลาย
 (ข) เขียนแผนผังการสลาย
 (ค) กำหนดมวลในหน่วยเอเอ็มยูของ ${}_{19}\text{K}^{42} = 41.96242$
 จงหามวลของ ${}_{20}\text{Ca}^{42}$

เฉลย

- (ก) พลังงานในการสลาย = $2.07 + 1.51 = 3.58$ เอ็มอีวี
 (ข)



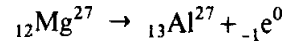
$$\begin{aligned}
 M({}_{20}\text{Ca}^{42}) &= M({}_{19}\text{K}^{42}) - E \\
 &= 41.96242 - \frac{x}{931.5} && \text{เอเอ็มยู} \\
 &= 41.9585767 && \text{เอเอ็มยู}
 \end{aligned}$$

ข้อ 2.9 โจทย์ การสลายของ ${}_{12}\text{Mg}^{27}$ โดยการส่งอนุภาคเบตา

- (ก) จงคำนวณหาพลังงานทั้งหมดในการสลาย
 (ข) ในการทดลองปรากฏว่าพบอิเล็กตรอนพลังงาน 1.78 เอ็มอีวี 70% และพลังงาน 1.59 เอ็มอีวี 30% จงหาพลังงานของรังสีแกมมาที่จะส่งออกมา
 (ค) เขียนแผนผังการสลาย
 กำหนดมวลของ

$${}_{12}\text{Mg}^{27} = 26.984345 \text{ เอเอ็มยู}, \quad {}_{13}\text{Al}^{27} = 26.981535 \text{ เอเอ็มยู}$$

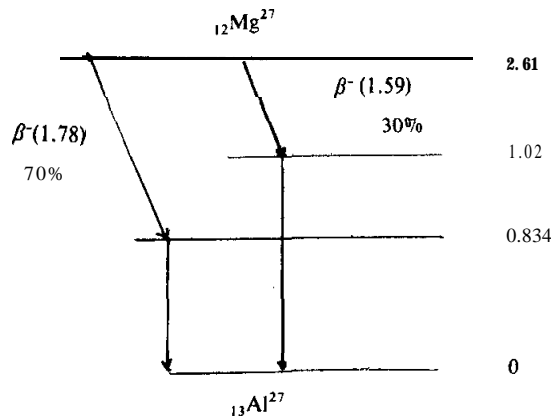
เฉลย



(ก) พลังงานทั้งหมดในการสลาย = $[M(\text{Mg}^{27}) - M(\text{Al}^{27})]931.5$ เอ็มอีวี
 = $[26.984345 - 26.981535]931.5$
 = $2.81 \times 10^{-3} \times 931.5$
 = 2.61 เอ็มอีวี

- (ข) ส่งอิเล็กตรอนพลังงาน 1.78 เอ็มอีวี,
 รังสีแกมมาพลังงาน $2.61 - 1.78 = 0.83$ เอ็มอีวี
 ส่งอิเล็กตรอนพลังงาน 1.59 เอ็มอีวี,
 รังสีแกมมาพลังงาน $2.61 - 1.59 = 1.02$ เอ็มอีวี

(ค)



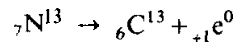
ข้อ 2.10 โจทย์ N^{13} สลายโดยการส่งโพซิตรอนเกิดเป็น C^{13} จงหา

- (ก) พลังงานในการสลาย
 (ข) ค่าคิว
 (ค) แผนผังการสลาย
 กำหนดมวลในหน่วยเอเอ็มยูของ

$$\text{N}^{13} = 13.005739,$$

$$\text{C}^{13} = 13.003354$$

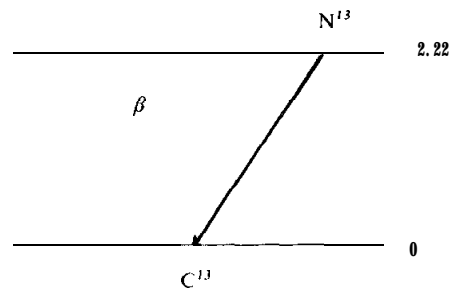
เฉลย



$$\begin{aligned} \text{(ก) พลังงานในการสลาย} &= [M(\text{N}^{13}) - M(\text{C}^{13})]931.5 \\ &= [13.005739 - 13.003354]931.5 && \text{เอมอีวี} \\ &= 2.385 \times 10^{-3} \times 931.5 \\ &= 2.22 && \text{เอมอีวี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(91) ค่าคิว} &= 2.221 - 1.022 && \text{เอมอีวี} \\ &= 1.199 && \text{เอมอีวี} \end{aligned}$$

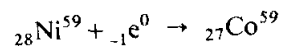
(ง) แผนผังการสลาย



ข้อ 2.11 โจทย์ จงหาพลังงานที่จะทำให้เกิด E.C. เมื่อ Ni^{59} จับอิเล็กตรอนแล้วเกิดเป็น Co^{59} ซึ่งมีเสถียรภาพ กำหนดมวลของ

$${}_{28}\text{Ni}^{59} = 59.934344 \text{ เอเอ็มยู}, \quad {}_{27}\text{Co}^{59} = 58.933189 \text{ เอเอ็มยู}$$

เฉลย



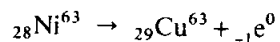
$$\begin{aligned} \text{พลังงานที่จะทำให้เกิด E.C.} &\text{คือ } [M(\text{Ni}^{59}) - M(\text{Co}^{59})]931.5 && \text{เอมอีวี} \\ &= [59.934344 - 58.933189]931.5 \\ &= 1.155 \times 10^{-3} \times 931.5 \\ &= 1.075 && \text{เอมอีวี} \end{aligned}$$

ข้อ 2.12 โจทย์ จงหาพลังงานของอิเล็กตรอนที่ส่งออกมาจาก Ni^{63}

$$\text{กำหนดมวลของ } {}_{28}\text{Ni}^{63} = 62.92967 \text{ เอเอมยู}$$

$${}_{29}\text{Cu}^{63} = 62.92959 \text{ เอเอมยู}$$

เฉลย



$$\text{พลังงานของอิเล็กตรอน} = [M(\text{Ni}^{63}) - M(\text{Cu}^{63})]931.5 \quad \text{เอมอีวี}$$

$$= 162.92967 - 62.92959]931.5$$

$$= 0.00008 \times 931.5$$

$$= 0.07452 \quad \text{เอมอีวี}$$

ข้อ 2.13 โจทย์ การสลายของ O^{15} โดยการส่งโพซิตรอน วัดพลังงานได้ 1.73 เอมอีวี

(ก) จงหาพลังงานในการสลาย

(ข) ถ้ากำหนดมวลของ $\text{O}^{15} = 15.003072$ เอเอมยู จงหามวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น

(ค) เขียนแผนผังการสลาย

เฉลย

$$(ก) \text{พลังงานในการสลาย } E = 1.73 + 1.02 = 2.75 \text{ เอมอีวี}$$



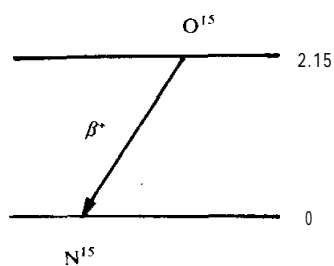
$$M(\text{N}^{15}) = M(\text{O}^{15}) - \frac{E}{931.5} \quad \text{เอเอมยู}$$

$$= 15.003072 - \frac{2.75}{931.5}$$

$$= 15.003072 - 0.00295222 \quad \text{เอเอมยู}$$

$$= 15.0001198 \quad \text{เอเอมยู}$$

(ค) แผนผังการสลาย



ข้อ 2.14 ไอโซโทป P^{32} สลายโดยการส่งอิเล็กตรอน

(ก) จงหาพลังงานของอิเล็กตรอน

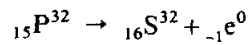
(ข) เขียนแผนผังการสลาย

กำหนดมวลของ

$${}_{15}P^{32} = 31.973908 \text{ เอเอมยู},$$

$${}_{16}S^{32} = 31.972074 \text{ เอเอมยู}$$

เฉลย



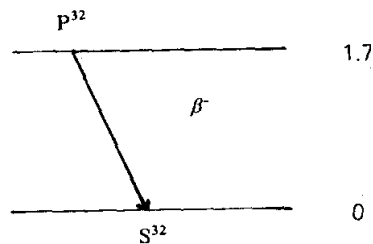
(ก) พลังงานของอนุภาคที่ส่งออกมา = $[M(P^{32}) - M(S^{32})]931.5$ เอเมอีวี

$$= [31.973908 - 31.972074]931.5$$

$$= 1.834 \times 10^{-3} \times 931.5$$

$$= \mathbf{1.708} \quad \text{เอเมอีวี}$$

(ข) แผนผังการสลาย

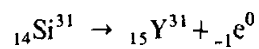


ข้อ 2.15 ไอโซโทป Si^{31} สลายโดยการส่งอิเล็กตรอน วัดพลังงานได้ 1.48 เอเมอีวี

จงหามวลของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น

กำหนดมวลของ ${}_{14}Si^{31} = 30.975349$ เอเอมยู

เฉลย



พลังงานในการสลาย $E = [M(Si^{31}) - M(Y^{31})]931.5$ เอเมอีวี

$$= [30.975349 - M(Y^{31})]931.5$$

$$M(Y^{31}) = 30.975349 - s \quad \text{เอเอมยู}$$

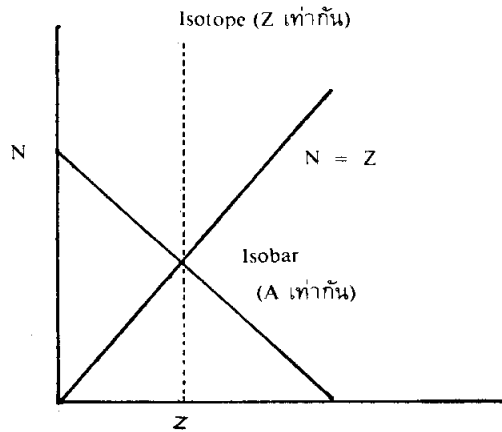
$$= 30.975349 - 0.0015888$$

$$= \mathbf{30.9737602} \quad \text{เอเอมยู}$$

ข้อ 2.16 โจทย์ เมื่อแกน X แทนค่า Z, แกน Y แทนค่า N จงเขียนเส้นตรงเพื่อแสดง

- (ก) ธาตุที่เป็นไอโซบาร์
- (ข) ธาตุที่เป็นไอโซโทป
- (ค) ธาตุที่มีค่า $N = Z$

เฉลย

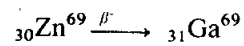


ข้อ 2.17 โจทย์ ${}_{30}\text{Zn}^{69}$ สลายโดยการส่งอิเล็กตรอน จงหาพลังงานที่ส่งออกมา

กำหนดมวลของ

$${}_{30}\text{Zn}^{69} = 68.92665 \text{ เอเอ็มยู}, \quad {}_{31}\text{Ga}^{69} = 68.92568 \text{ เอเอ็มยู}$$

เฉลย



$$\text{พลังงานที่ส่งออกมา} = [M(\text{Zn}^{69}) - M(\text{Ga}^{69})]931.5 \quad \text{เอเอ็มอีวี}$$

$$= |68.92665 - 68.92568|931.5 \quad \text{เอเอ็มอีวี}$$

$$= 9.7 \times 10^{-4} \times 931.5$$

$$= 0.9 \text{ เอเอ็มอีวี}$$