20.2 กัมมันตภาพรังสี

รวบรวมโดย

ครูธีรเดช สกุลอ่อน

ใช้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2

20.2 กัมมันตภาพรังสี

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของกัมมันตภาพรังสีธาตุกัมมันตรังสีและ ไอโซโทปกัมมันตรังสี
2. ระบุชนิดและบอกสมบัติของรังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสี
3. เขียนสมการของการสลายให้แอลฟา บีตา และ แกมมา
4. บอกความหมายและคำนวณกัมมันตภาพ
5. ทดลองเพื่ออธิบายการสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสีและครึ่งชีวิต
6. คำนวณจำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีที่เหลือจากการสลายและครึ่งชีวิต

คำถาม จากการศึกษาที่ผ่านมา เป็นการศึกษาเกี่ยวกับนิวเคลียสที่เสถียร ถ้านิวเคลียสไม่เสถียร จะทำให้ธาตุหรือไอโซโทปมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

20.2.1 การค้นพบกัมมันตภาพรังสี

เกี่ยวกับการค้นพบกัมมันตภาพรังสีของแบ็กเกอแรล ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกัน โดยอาจใช้คำถามดังนี้

ก. การทดลองของแบ็กเกอแรล มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาในเรื่องใด

คำตอบ

ข. เหตุใดแบ็กเกอแรล จึงใส่ฟิล์มถ่ายรูปไว้ในซองกระดาษสีดำ ขณะที่ทำการทดลองกลางแดด

คำตอบ

ค. เหตุผลใดแบ็กเกอแรลจึงสรุปว่า สารประกอบยูเรเนียมปล่อยรังสีชนิดหนึ่งออกมาโดยไม่เกี่ยวข้องกับแสงแดด

คำตอบ

ง. รังสีที่ได้จากสารประกอบยูเรเนียม มีสมบัติเหมือนและแตกต่างจากรังสีเอกซ์อย่างไร

คำตอบ

20.2.1 การค้นพบกัมมันตภาพรังสี

รูป 20.5 การทดลองการปล่อยรังสีของสารเรืองแสงเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงแดดของแบ็กเกอแรล

การค้นพบปรากฏการณ์แผ่รังสีของแบ็กเกอแรล แม้จะเป็นการบังเอิญ แต่เพราะความเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิด ประกอบกับการมีความรู้และประสบการณ์ในเรื่องที่ศึกษามาพอสมควร จึงทำให้แบ็กเกอแรลสามารถค้นพบปรากฏการณ์ครั้งประวัติศาสตร์ที่ได้เป็นแรงผลักดันให้นักวิทยาศาสตร์อีกหลาย ๆ คน เช่น ปีแอร์กูรีและ มารีกูรีได้ทำการทดลองและศึกษาเพิ่มเติม จนทำให้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก้าวหน้าไปอย่างมาก ดังนั้น นักเรียนจึงควรพิจารณานำ ไปเป็นแบบอย่าง

แบ็กเกอแรล พบว่า มีเพียงสารประกอบของยูเรเนียม (uranium, U) เท่านั้น ที่ทำให้ฟิล์มมีรอยดำ ทำให้เขาสรุปในขั้นต้นว่า สารประกอบยูเรเนียมปล่อยรังสีออกมาระหว่างการทดลอง และรังสีนี้ได้ทะลุผ่านซองกระดาษไปกระทบแผ่นฟิล์มทำให้เกิดรอยดำบนแผ่นฟิล์ม แต่เนื่องจากเขายังไม่ได้ตรวจสอบสมบัติของรังสีนี้อย่างละเอียด จึงยังไม่สรุปว่ารังสีนี้เป็นรังสีเอกซ์

20.2.1 การค้นพบกัมมันตภาพรังสี

การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีไม่สามารถควบคุมได้แต่การให้แสงของหลอดไฟสามารถควบคุมได้ด้วยสวิตซ์ หรือ การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเกิดขึ้นได้เอง แต่การให้แสงของหลอดไฟต้องมีกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดไฟ

ความแตกต่างของการใช้คำว่า กัมมันตภาพรังสีกับคำว่า กัมมันตรังสีซึ่งคำแรกเป็นคำนามที่หมายถึงปรากฏการณ์ชนิดหนึ่ง ส่วนอีกคำเป็นคำคุณศัพท์ที่ใช้ขยายคำอื่น ๆ เพื่อบอก ถึงสมบัติการแผ่รังสีได้เอง เช่น ไอโซโทปกัมมันตรังสีธาตุกัมมันตรังสี

รูป 20.6 การเปรียบเทียบธาตุกัมมันตรังสีกับหลอดไฟ

20.2.1 การค้นพบกัมมันตภาพรังสี

ในปี พ.ศ.2441 ปิแอร์ กูรี และมารี กูรี ได้ค้นพบธาตุที่แผ่รังสีได้เองอีก 2 ชนิด และทั้งสองให้ชื่อธาตุชนิดใหม่ที่ค้นพบว่า เรเดียม (radium, Ra) และ พอโลเนียม (polonium, Po)

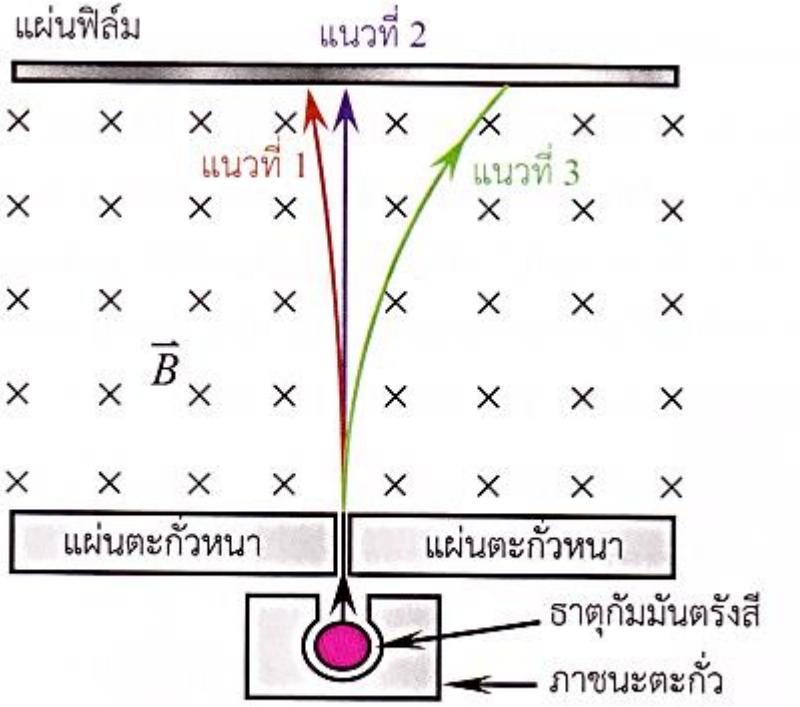
กระบวนการที่ธาตุมีการปล่อยรังสีออกมาอย่างต่อเนื่องนี้เรียกว่า **การแผ่รังสี** (radiation) และปรากฏการณ์ที่ธาตุแผ่รังสีได้เองนี้เรียกว่า **กัมมันตภาพรังสี** (radioactivity) ส่วนไอโซโทปของธาตุที่สามารถแผ่รังสีได้เองนี้เรียกว่า ไอโซโทปกัมมันตรังสี (radioactive isotope) โดยธาตุที่ทุกไอโซโทปเป็นไอโซโทปกัมมันตรังสี เราเรียกธาตุนั้นว่าเป็น ธาตุกัมมันตรังสี (radioactive element) ซึ่งส่วนใหญ่ธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติจะมีเลขอะตอมสูงกว่า 82 เช่น เรดอน (เลขอะตอมเท่ากับ 86) ทอเรียม (เลขอะตอมเท่ากับ 90) และยูเรเนียม (เลขอะตอมเท่ากับ 92)

อองตวน อองรี แบ็กเกอแรล (Antoine Henri Becquerel ค.ศ.1852-1908 หรือ พ.ศ. 2395-2451) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ในปี พ.ศ. 2446 จากผลงานการค้นพบกัมมันตภาพรังสีซึ่งได้จุดประกายให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ เริ่มการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับรังสีและโครงสร้างของนิวเคลียสในเวลาต่อมา

รูป แบ็กเกอแรล

20.2.2 รังสีจากธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสี

คำถาม รังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสีแตกต่างจากรังสีที่นักเรียนเคยได้เรียนรู้มาหรือไม่อย่างไร และ รังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีมีรังสีชนิดใดบ้าง



รูป 20.7 แนวการเบนของรังสีจากธาตุกัมมันตรังสีในสนามแม่เหล็ก

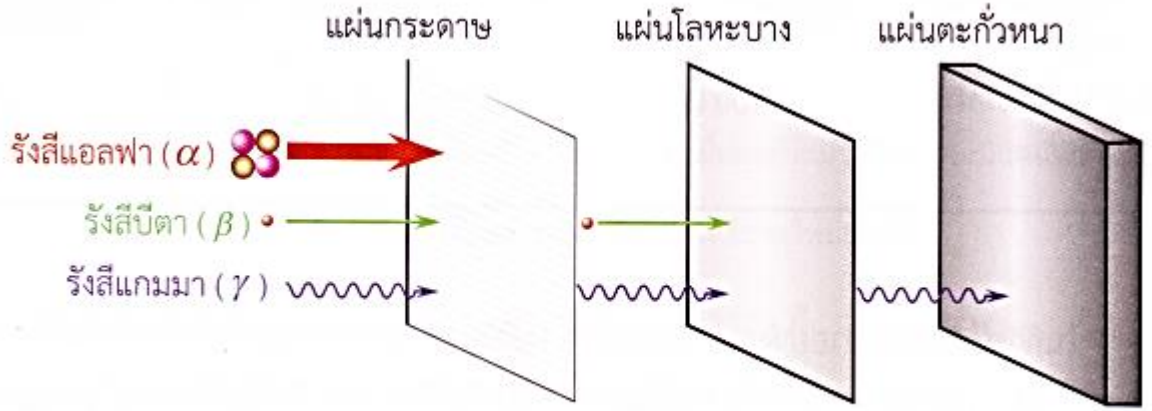
20.2.2 รังสีจากธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสี

คำถาม จากแนวการเบนของรังสีในรูป 20.7 สามารถสรุปได้ว่ามีรังสีแตกต่างกันอย่างน้อยกี่ชนิด และ รังสี แต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกันอย่างไร

คำตอบ

คำถาม จากรูป 20.7 แนวการเบนของรังสีแนวใด เป็นรังสีแอลฟา บีตา และ แกมมา ตามลำ ดับ

คำตอบ



รูป 20.8 รังสีทั้ง 3 ชนิดสามารถทะลุผ่านวัสดุได้แตกต่างกัน

20.2.2 รังสีจากธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสี

ตาราง 20.4 สมบัติของรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา

สมบัติ	ชนิดของรังสี		
	แอลฟา	บีตา	แกมมา
องค์ประกอบ	นิวเคลียสฮีเลียมความเร็วสูง	อิเล็กตรอนความเร็วสูง	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง
ประจุไฟฟ้า	$+2e$	$-1e$	ไม่มีประจุ (เป็นกลาง)
มวล	$4.001506\,u = 6.644657 \times 10^{-27}$ kg	$0.000549\,u = 9.109390 \times 10^{-31}$ kg	0
อำนาจทะลุผ่าน (ในอากาศ)	3 – 5 cm	1 – 30 m	มากกว่าแอลฟาและบีตามาก
การเบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็ก	เบี่ยงเบน	เบี่ยงเบนไปในทิศทางตรงข้ามกับแอลฟาและเบี่ยงเบนมากกว่าแอลฟาเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กเดียวกัน	ไม่เบี่ยงเบน
ความสามารถในการทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออนเมื่อเทียบกับแกมมา	2500 เท่า	100 เท่า	1 เท่า

20.2.2 รังสีจากธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสี

มวลที่แตกต่างกันของรังสีทั้ง 3 ชนิด ทำให้อำนาจทะลุผ่านวัสดุแตกต่างกันเพราะรังสีที่มีมวลมาก เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง จะชนกับอนุภาคของตัวกลางและสูญเสียพลังงานได้มากกว่า รังสีที่มีมวลน้อย รังสีที่มีมวลมากจึงมีอำนาจทะลุผ่านต่ำกว่ารังสีที่มีมวลน้อยกว่า

การที่รังสีทั้ง 3 ชนิด สามารถทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออนได้แตกต่างกันเพราะความสามารถในการทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออน ขึ้นกับขนาดของประจุไฟฟ้าของรังสี ดังนั้น รังสี แอลฟาที่มีประจุไฟฟ้า +2e จึงสามารถทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออนได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบ กับรังสีบีตาที่มีประจุ-1e ส่วนรังสีแกมมาที่เป็นกลางทางไฟฟ้า สามารถทำให้อากาศแตกตัวได้เพราะ มีพลังงานสูง

รังสีบีตามี 2 ชนิด ได้แก่ รังสีบีตาบวก และ รังสีบีตาลบ แต่โดยส่วนใหญ่ ธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีบีตาลบ ดังนั้น เมื่อกล่าวถึงรังสีบีตาจึงมักหมายถึง รังสีบีตาลบ นอกจากนี้ครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมอีกว่า ถึงแม้รังสีบีตาและรังสีแคโทดจะเป็นลำของอนุภาค อิเล็กตรอนเหมือนกัน แต่รังสีบีตาไม่ใช่รังสีแคโทด เพราะอิเล็กตรอนของรังสีบีตาเป็นอิเล็กตรอนที่มีความเร็วสูงกว่ารังสีแคโทดมาก

นอกจากรังสีทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวถึง ธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสียังมีการแผ่ รังสีชนิดอื่นอีก เช่น รังสีนิวตรอน รังสีโปรตอน แต่เกิดขึ้นในธรรมชาติน้อยมาก ส่วนใหญ่ รังสีนิวตรอนที่ ใช้ทางอุตสาหกรรมจะมาจาก เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์หรือการเร่งอนุภาค ส่วนรังสีโปรตอนมาจากการเร่ง อนุภาคเช่นกัน

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

คำถาม ถ้าธาตุกัมมันตรังสีมีการแผ่รังสีออกมานิวเคลียสของธาตุจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. เมื่อทอเรียมแผ่รังสีแอลฟา จะมีเรเดียมเกิดขึ้น

ข.เมื่อตะกั่วแผ่รังสีบีตา จะมีบิสมัทเกิดขึ้น

รูป **20.9** การแผ่รังสีแอลฟาและบีตาทำให้มีธาตุใหม่เกิดขึ้น

สรุปได้ว่า

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

การสลายของนิวเคลียสที่ไม่เสถียร จนสรุปได้ดังนี้

· การสลายกัมมันตรังสีหรือเรียกสั้น ๆ ว่า การสลาย คือกระบวนการที่นิวเคลียสไม่เสถียรเปลี่ยนไปเป็นนิวเคลียสชนิดใหม่หรือนิวเคลียสเดิมที่มีระดับพลังงานต่ำกว่าเดิมโดยธรรมชาติ

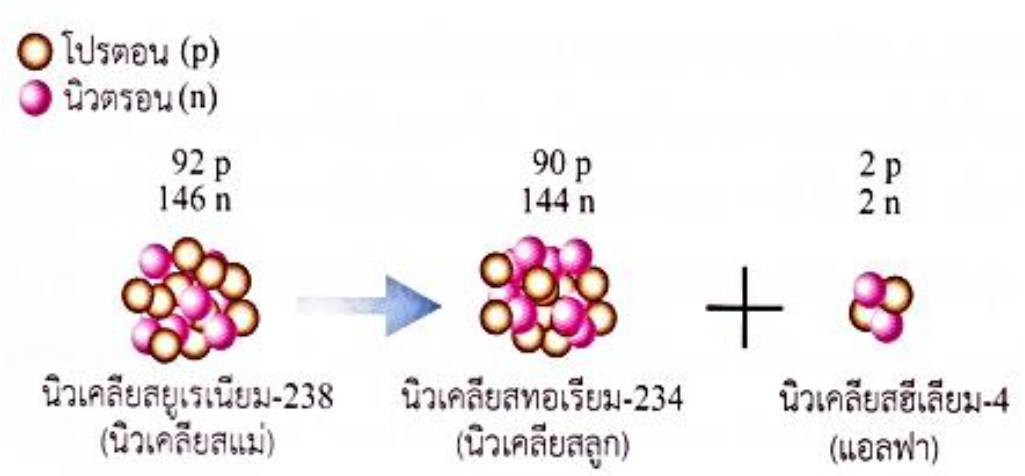
· การสลายให้อนุภาคแอลฟา หรือ อนุภาคบีตา หรือ รังสีแกมมา ออกมา เรียกว่า การสลายให้แอลฟา การสลายให้บีตา และ การสลายให้แกมมา ตามลำดับ

· ผลรวมของเลขอะตอมและผลรวมของเลขมวลของนิวเคลียสและอนุภาคต่าง ๆ ก่อนและหลัง การสลายมีค่าเท่ากัน

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

1. สมการการสลายให้แอลฟา

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He \qquad (20.4) $$



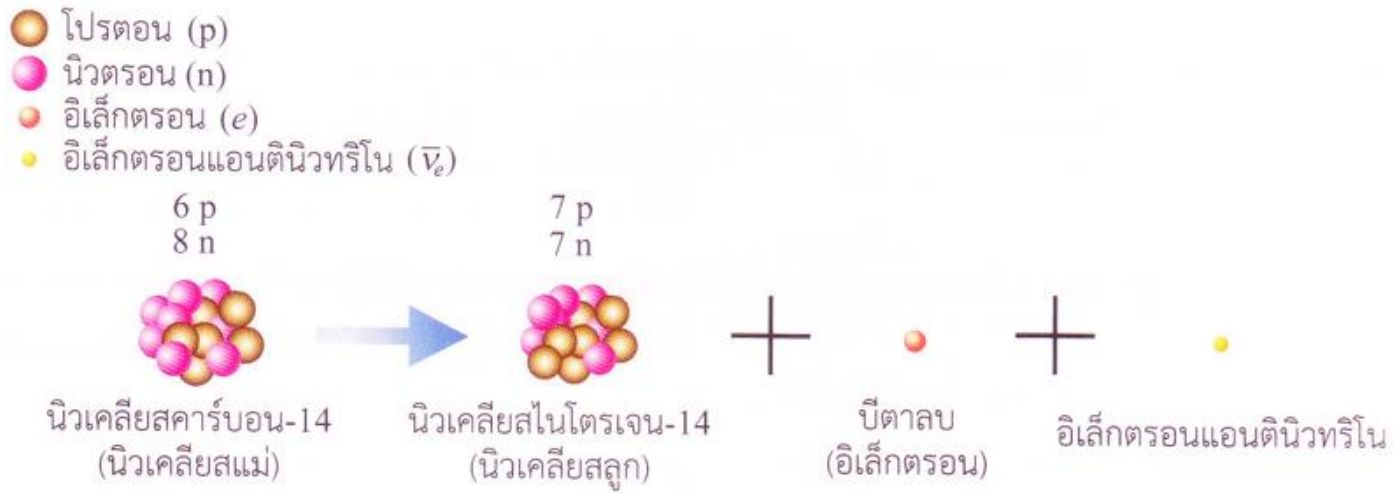
รูป 20.10 การสลายให้แอลฟาของยูเรเนียม-238

$$ {}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He $$

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

2.1 สมการการสลายให้บีตาลบ (จะมีอิเล็กตรอนและอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน ;$\overline{\nu_e}$ ออกมาด้วย)

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu_e} \qquad (20.5) $$



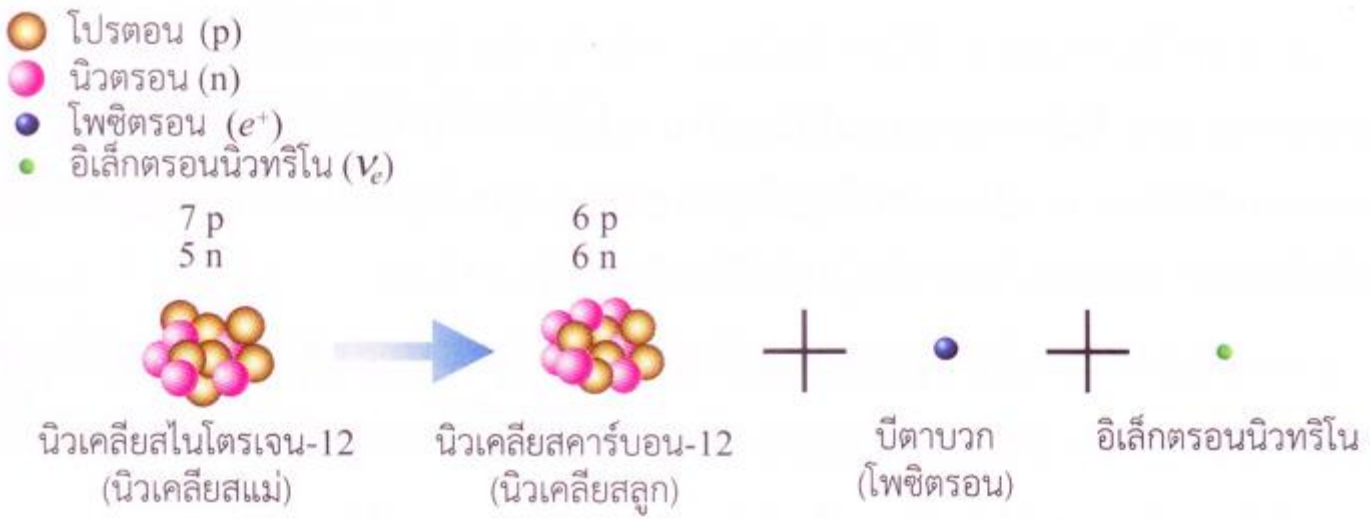
รูป 20.11 การสลายให้บีตาลบของคาร์บอน-14

$$ {}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu_e} $$

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

2.2 สมการการสลายให้บีตาบวก (จะมีโพซิตรอนและอิเล็กตรอนนิวทริโน ;$\overline{\nu_e}$ ออกมาด้วย)

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z-1}{}^{A}Y + {}^{0}_{+1}e + \nu_e \qquad (20.6) $$



รูป 20.12 การสลายให้บีตาบวกของไนโตรเจน-12

$$ {}^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{0}_{+1}e + \nu_e $$

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาในระดับนิวคลีออน การสลายให้บีตาลบ เกิดจากการที่นิวตรอนในนิวเคลียสเปลี่ยนไปเป็นโปรตอน ดังรูป

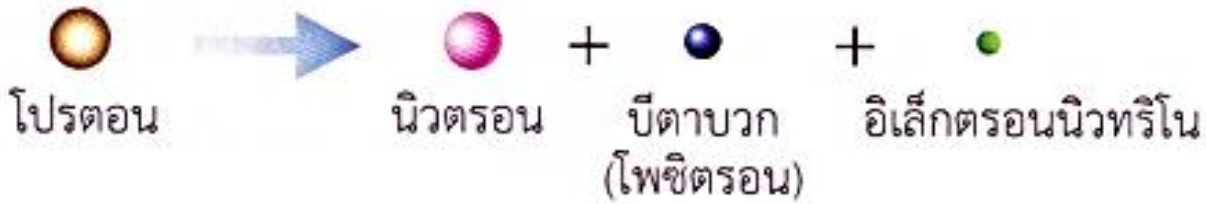
$$ {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{1}_{1}\mathrm{p} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + \bar{\nu}_e $$

รูป 20.13 นิวตรอนเปลี่ยนไปเป็นโปรตอนในการสลายให้บีตาลบ

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

การสลายให้บีตาบวก เกิดจากโปรตอนในนิวเคลียสเปลี่ยนไปเป็นนิวตรอน ดังรูป

$$ {}^{1}_{1}\mathrm{p} \rightarrow {}^{1}_{0}\mathrm{n} + {}^{0}_{+1}\mathrm{e} + \nu_e $$



รูป 20.14 โปรตอนเปลี่ยนไปเป็นนิวตรอนในการสลายให้บีตาบวก

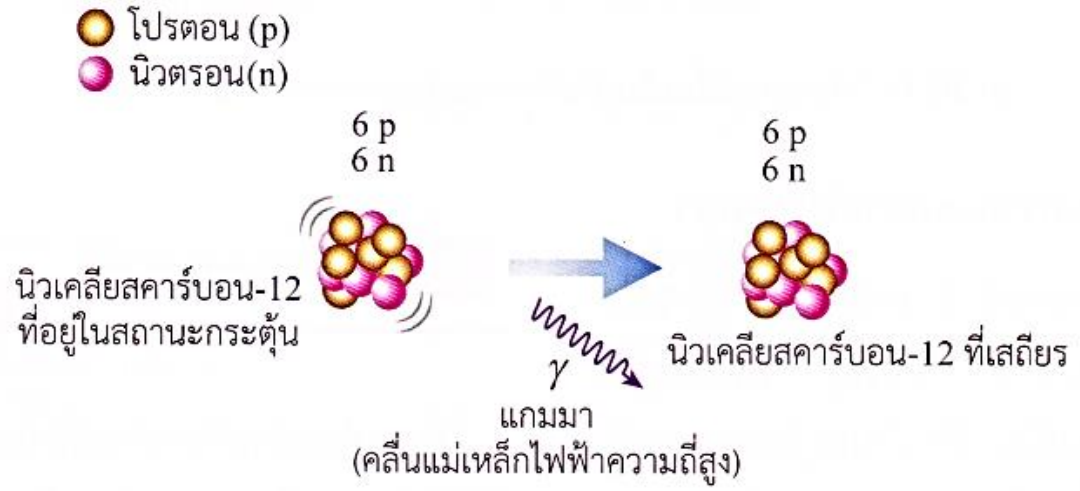
20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

3. สมการการสลายให้แกมมา (เป็นการเปลี่ยนระดับพลังงานของนิวเคลียสมาสู่ระดับพลังงานที่ต่ำและเสถียรกว่าโดยการปล่อยรังสีแกมมาออกมา)

$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma \qquad (20.7) $$

$$ {}^{12}_{5}\mathrm{B} \rightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C}^{*} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + \bar{\nu}_{e} $$

$$ {}^{12}_{6}\mathrm{C}^{*} \rightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C} + \gamma $$



รูป 20.15 การสลายให้แกมมาของคาร์บอน-12

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

ตัวอย่าง 20.4 จากสมการการสลายให้แอลฟาของเรเดียม เขียนแทนด้วย $^{226}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$ ให้ตอบคำถามต่อไปนี้

ก. A และ Z มีค่าเท่าใด

ข. X คือธาตุอะไร

แนวคิด หาเลขมวล (A) และ เลขอะตอม (Z) ได้จากหลักการที่ว่า เลขอะตอมก่อนการสลายเท่ากับผลรวมของเลขอะตอมหลังการสลาย เช่นเดียวกับเลขมวลก่อนการสลายมีค่าเท่ากับผลรวมของเลขมวลหลังการสลาย จากนั้น ระบุชนิดของธาตุโดยพิจารณาจากเลขอะตอมของ X

วิธีทำ ก. หาค่าของ A และ Z

เลขมวลก่อนการสลายมีค่า 226 ซึ่งต้องเท่ากับผลรวมของเลขมวลหลังการสลาย นั่นคือ

$$226 = A + 4$$

จะได้

$$A = 222$$

ในทำนองเดียวกัน สำหรับเลขอะตอมก่อนการสลายมีค่า 88 ซึ่งต้องเท่ากับผลรวมของเลขอะตอมหลังการสลาย นั่นคือ

$$88 = Z + 2$$

จะได้

$$Z = 86$$

ข. จากคำตอบในข้อ ก. ธาตุซึ่งมีเลขอะตอมเท่ากับ 86 คือเรดอน ดังนั้น X คือ Rn

ตอบ ก. ค่าของ A และ Z คือ 222 และ 86 ตามลำดับ

ข. X คือเรดอน หรือ Rn

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

ตัวอย่าง 20.5 จากการสลายต่อไปนี้ X คือธาตุอะไร

ก. $^{215}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow \mathrm{X} + \alpha$

ข. $\mathrm{X} \rightarrow {}^{55}_{26}\mathrm{Fe} + {}^{0}_{+1}\mathrm{e} + \nu_e$

ค. $\mathrm{X} \rightarrow {}^{65}_{28}\mathrm{Ni} + \gamma$

แนวคิด การระบุ X ว่าเป็นธาตุอะไร พิจารณาได้จากเลขอะตอมของ X ซึ่งหาได้จากหลักการที่ว่า เลขอะตอมก่อนการสลายเท่ากับผลรวมของเลขอะตอมหลังการสลาย

วิธีทำ ก. เขียนสมการการสลายได้เป็น $^{215}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

เลขอะตอมก่อนการสลายเท่ากับผลรวมของเลขอะตอมหลังการสลายให้แอลฟา จะได้

$$84 = Z + 2$$

$$Z = 82$$

ธาตุซึ่งมีเลขอะตอมเท่ากับ 82 คือตะกั่ว ดังนั้น X คือตะกั่ว หรือ Pb

ข. เขียนสมการการสลายได้เป็น $^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{55}_{26}\mathrm{Fe} + {}^{0}_{+1}\mathrm{e} + \nu_e$

เลขอะตอมก่อนการสลายเท่ากับผลรวมของเลขอะตอมหลังการสลายให้บีตาบวก จะได้

$$Z = 26 + 1$$

$$Z = 27$$

ธาตุซึ่งมีเลขอะตอมเท่ากับ 27 คือโคบอลต์ ดังนั้น X คือโคบอลต์ หรือ Co

ค. เขียนสมการการสลายได้เป็น $^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{65}_{28}\mathrm{Ni} + \gamma$

เลขอะตอมก่อนการสลายเท่ากับผลรวมของเลขอะตอมหลังการสลายให้แกมมา จะได้

$$Z = 28$$

ธาตุซึ่งมีเลขอะตอมเท่ากับ 28 คือนิกเกิลที่นิวเคลียสอยู่ในสถานะกระตุ้น ดังนั้น X คือนิกเกิลที่นิวเคลียสอยู่ในสถานะกระตุ้นเขียนแทนด้วย Ni^{*}

ตอบ ก. X คือ ตะกั่ว หรือ Pb

ข. X คือ โคบอลต์ หรือ Co

ค. X คือ นิกเกิลที่นิวเคลียสอยู่ในสถานะกระตุ้น Ni^{*}

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

อนุกรมการสลายของธาตุกัมมันตรังสี (radioactive series) คือ ลำดับการสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสีจนกระทั่งได้ธาตุหรือไอโซโทปที่เสถียร

นักวิทยาศาสตร์พบว่าการสลายของธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติมีทั้งสิ้น 4 อนุกรม คือ

1. **อนุกรมทอเรียม** (thorium series) ประกอบด้วยนิวเคลียสของธาตุเริ่มต้น คือ ทอเรียม –232 ($^{232}_{90}Th$) นิวเคลียสของธาตุสุดท้าย คือ ตะกั่ว–208 ($^{208}_{82}Pb$) และ เลขมวลของธาตุ ต่าง ๆ ในอนุกรมนี้เป็น 4n

2. **อนุกรมเนปทูเนียม** (neptunium series) ประกอบด้วยนิวเคลียสของธาตุเริ่มต้น คือ พลูโทเนียม–241 ($^{241}_{94}Pu$) นิวเคลียสของธาตุสุดท้ายคือ บิสมัท–209 ($^{209}_{83}Bi$) และเลขมวลของ ธาตุต่าง ๆ ในอนุกรมนี้เป็น 4n + 1

3. **อนุกรมยูเรเนียม** (uranium series) ประกอบด้วยนิวเคลียสของธาตุเริ่มต้น คือ ยูเรเนียม–238 นิวเคลียสของธาตุสุดท้ายคือ ตะกั่ว–206 ($^{206}_{82}Pb$) และเลขมวลของธาตุต่าง ๆ ใน อนุกรมนี้เป็น 4n + 2

4. **อนุกรมแอกทิเนียม** (actinium series) ประกอบด้วยนิวเคลียสของธาตุเริ่มต้น คือ แอกทิโนยูเรเนียม (actinouranium) ซึ่งเป็นไอโซโทปของยูเรเนียมที่มีเลขมวล 235 ($^{235}_{92}U$) นิวเคลียสของธาตุสุดท้ายคือ ตะกั่ว–207 ($^{207}_{82}Pb$) และเลขมวลของธาตุต่าง ๆ ในอนุกรมนี้เป็น 4n + 3

20.2.3 การสลายและสมการการสลาย

ตาราง อนุกรมการสลายของธาตุกัมมันตรังสี

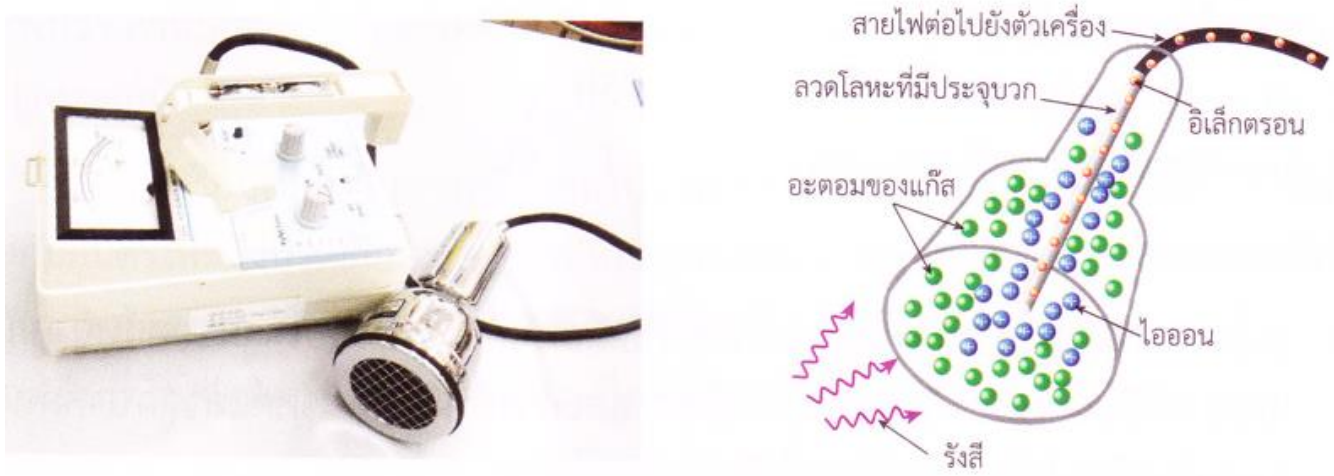
ชื่อ	เลขมวล	นิวเคลียสแม่	นิวเคลียสสุดท้าย	นิวเคลียสที่มีครึ่งชีวิตนานที่สุด	ครึ่งชีวิตของนิวเคลียสที่มีครึ่งชีวิตยาวนานที่สุด (ปี)
อนุกรมทอเรียม	$4n$	$^{232}_{90}\mathrm{Th}$	$^{208}_{82}\mathrm{Pb}$	$^{232}_{90}\mathrm{Th}$	1.39×10^{10}
อนุกรมเนปทูเนียม	$4n+1$	$^{241}_{94}\mathrm{Pu}$	$^{209}_{83}\mathrm{Bi}$	$^{237}_{93}\mathrm{Np}$	2.25×10^{6}
อนุกรมยูเรเนียม	$4n+2$	$^{238}_{92}\mathrm{U}$	$^{206}_{82}\mathrm{Pb}$	$^{238}_{92}\mathrm{U}$	4.51×10^{9}
อนุกรมแอกทิเนียม	$4n+3$	$^{235}_{92}\mathrm{U}$	$^{207}_{82}\mathrm{Pb}$	$^{235}_{92}\mathrm{U}$	7.07×10^{8}

ข้อสังเกต จะเห็นว่า ในอนุกรมหนึ่ง ๆ เลขมวลของธาตุในอนุกรมนั้น ๆ จะมีค่าเป็นไปตาม สมการ A = 4n + a เมื่อ a แทน 0 1 2 และ 3 การแบ่งการสลายของธาตุกัมมันตรังสีจึงมีแค่ 4 อนุกรม เท่านั้น เนื่องจากการสลายที่ให้รังสีแอลฟา เลขมวลจะลดลง 4 เสมอ ส่วนการสลายที่ ให้รังสีบีตาและแกมมา เลขมวลจะไม่เปลี่ยน ดังนั้นถ้าพิจารณานิวเคลียส แล้วจัดให้เลขมวลของ นิวเคลียสอยู่ในรูป 4n + a แล้วพิจารณาค่าของ a มีค่าเท่าไร เพื่อจัดเข้าในอนุกรม หนึ่ง เมื่อนำ เลขมวลหารด้วย 4 แล้ว จะพบว่า มีเศษได้0 1 2 และ 3 เท่านั้น ทำ ให้สามารถบอกได้ว่า นิวเคลียส ใดนิวเคลียสหนึ่งอยู่ในอนุกรมใด เช่น นิวเคลียสที่มีเศษศูนย์ จะถูกจัดอยู่ในอนุกรมทอเรียม หรือ นิวเคลียสที่มีเศษ 1 จะถูกจัดอยู่ในอนุกรมเนปทูเนียม

20.2.4 กัมมันตภาพ

ธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสีมีการแผ่รังสีออกมาแตกต่างกัน โดยอัตราการแผ่รังสีในขณะหนึ่ง เรียกว่า กัมมันตภาพ (activity) ซึ่งการวัดกัมมันตภาพ ทำได้ด้วยการอาศัยเครื่องมือหลายชนิด โดยหนึ่งในเครื่องมือที่นิยมใช้คือ เครื่องนับรังสีแบบไกเกอร์มึลเลอร์

การใช้เครื่องนับรังสีแบบไกเกอร์มึลเลอร์วัดรังสีจากวัตถุที่มีอัตราการแผ่รังสีน้อย เช่น ตะกั่ว บัดกรี ก้อนหินบางชนิด หรือจานกระเบื้องบางใบ โดยในการสาธิต หรือชมคลิปวีดิทัศน์ครูเน้นให้นักเรียนสังเกตเสียงที่ได้ยินจากเครื่องนับรังสีแล้วอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับลักษณะของเสียงที่ได้ยิน ซึ่งควรสรุปได้ว่า เสียงที่ได้ยินเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอ แสดงว่า การสลายของนิวเคลียส ของธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสีเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแบบสุ่ม



ก. เครื่องนับไกเกอร์ ข. การทำงานของเครื่องนับไกเกอร์

รูป 20.16 เครื่องนับไกเกอร์และหลักการทำงาน

20.2.4 กัมมันตภาพ

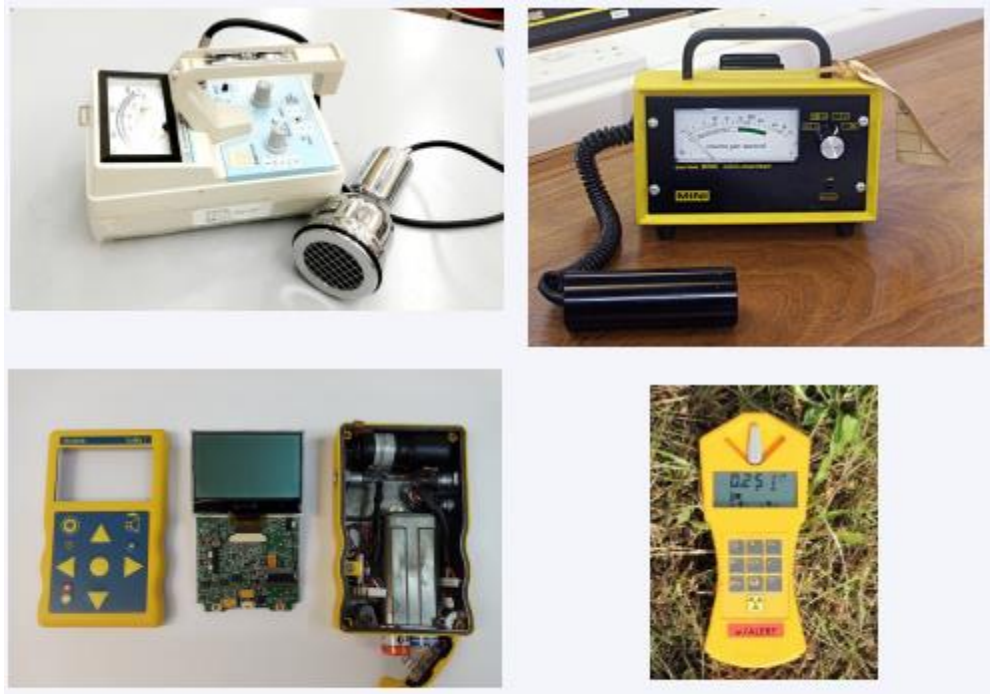
เครื่องวัดรังสี

การวัดปริมาณรังสีทำ ได้โดยอาศัยการวัดปริมาณไอออนของแก๊สที่แตกตัว ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อ รังสีผ่านเครื่องวัด เช่น ในกรณีของ เครื่องตรวจวัดอนุภาคแบบห้องหมอก (cloud chamber) ปริมาณรังสีขึ้นอยู่กับจำนวนรอยทาง (track) ที่สังเกตได้ ดังรูป ก. ซึ่งแสดงรอยทางของอนุภาค แอลฟาและบีตาที่ปล่อยออกมาจากสารประกอบทอเรียมที่วางอยู่ข้างในเครื่อง จำนวนของรอยทาง ที่เกิดขึ้นนี้จะแปรผันตรงกับปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสี

รูป ก. ภาพถ่ายของรอยทางของอนุภาคแอลฟาและบีตาในห้องหมอก

20.2.4 กัมมันตภาพ

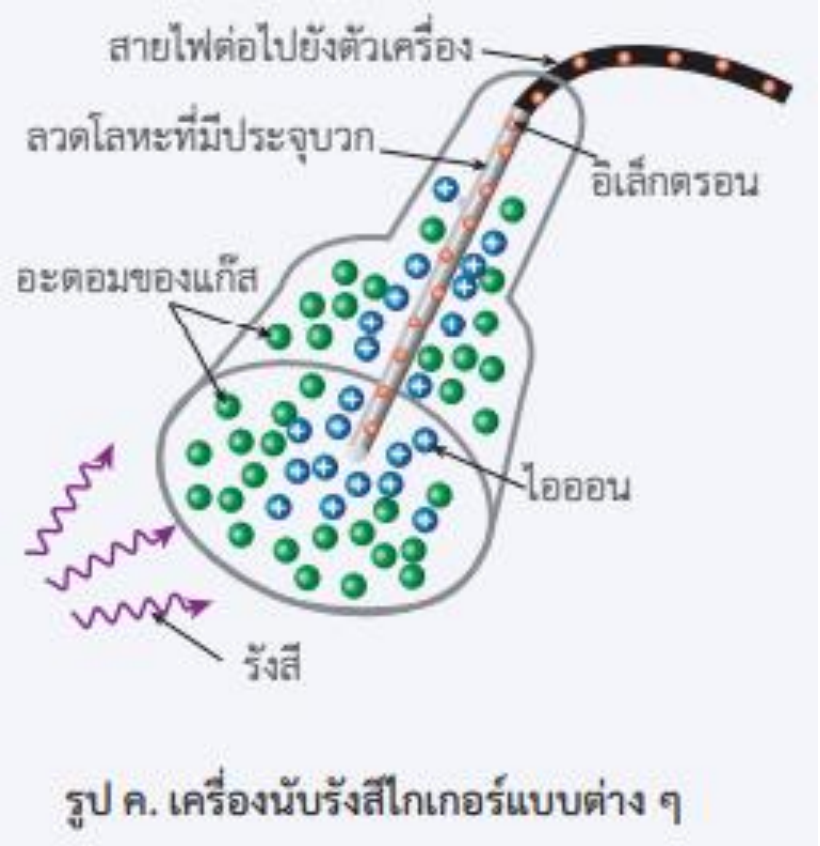
เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้วัดรังสีโดยทั่วไปสะดวกต่อการวัดและเป็นแบบที่ง่ายที่สุดได้แก่ เครื่องนับรังสีแบบไกเกอร์มึลเลอร์(Geiger-Müller Counter) หรือ เครื่องนับไกเกอร์(GM counter) มีหัววัดทำด้วยโลหะ(ทองแดงหรือทองเหลือง)หรือหลอดแก้วที่มีโลหะฉาบผิวด้านในดังรูป ข. มีเส้นลวดอยู่ตรงกลางหลอดเป็นอิเล็กโทรดที่ต่อกับแบตเตอรี่เพื่อให้มีความต่างศักย์ระหว่างตัวหลอด และเส้นลวด ภายในหลอดแก้วบรรจุแก๊สเฉื่อย (เช่น นีออน) ที่มีความดันต่ำ (ประมาณ 0.1 บรรยากาศ) ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในช่วง 500 – 1000 โวลต์



รูป ข. เครื่องนับรังสีไกเกอร์แบบต่าง ๆ

20.2.4 กัมมันตภาพ

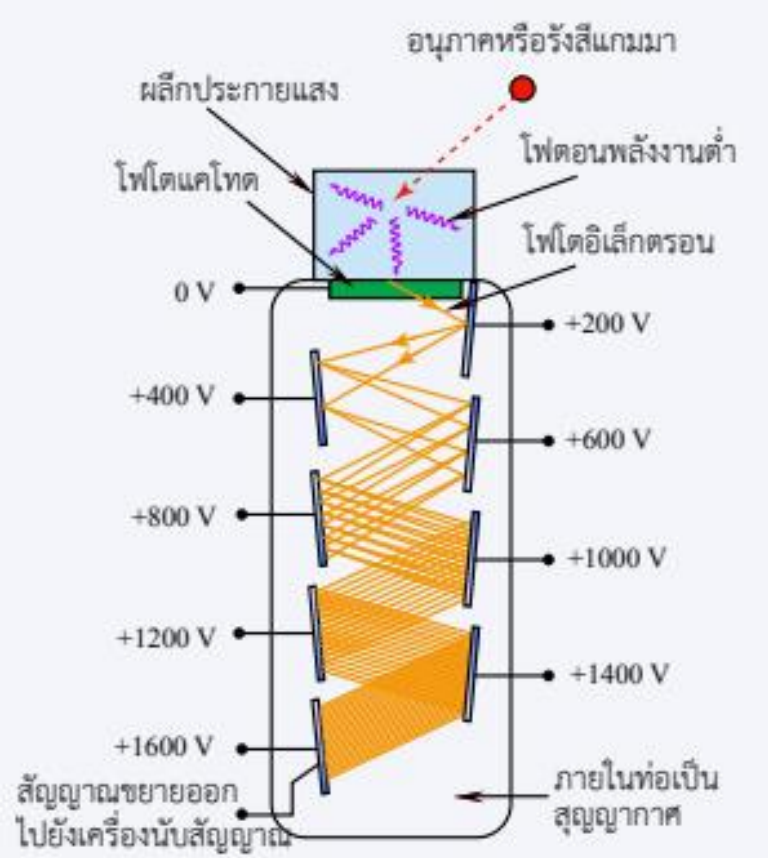
เมื่ออนุภาคที่มีประจุผ่านไปในหัววัด จะทำให้แก๊สเฉื่อยภายในหลอดแตกตัวเป็นไอออน ไอออนบวกจะเคลื่อนไปยังผิวของหลอดซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าลบ ส่วนอิเล็กตรอนจะวิ่งเข้าสู่เส้นลวดซึ่งมีศักย์ไฟฟ้า บวก ดังรูป ค. ดังนั้นแก๊สที่อยู่ในหลอดจะทำ หน้า ที่เป็นตัวนำ ไฟฟ้าทำ ให้มีสัญญาณไฟฟ้าอยู่ในวงจร ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องขยายและเครื่องนับสัญญาณ เครื่องนับนี้จะวัดปริมาณของรังสีได



รูป ค. เครื่องนับรังสีไกเกอร์แบบต่าง ๆ

20.2.4 กัมมันตภาพ

เครื่องวัดรังสีอีกแบบหนึ่งที่มีความไว มากกว่าเครื่องนับไกเกอร์ และนิยมใช้วัดรังสีแกมมาคือ เครื่องนับประกายแสง (scintillation counter) ซึ่งใช้หลักการเปลี่ยนพลังงานของรังสี แกมมาซึ่งเป็นโฟตอนพลังงานสูงให้อยู่ในรูปโฟตอนพลังงานต่ำ เมื่อโฟตอนเข้าไปในหลอด ตรวจวัดแสงแบบทวีคูณ (photomultiplier tube) จะไปตกกระทบผลึกประกายแสง (scintillation crystal) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ผลึกโซเดียมไอโอไดด์ (sodium iodide) จะทำ ให้อะตอมในผลึกถูก กระตุ้นแล้วมีการปล่อยโฟตอนออกมา โฟตอนจะไปตกกระทบอิเล็กโทรด (electrode) แผ่น แรกซึ่งมีศักย์ไฟฟ้า 200 โวลต์ ทำ ให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน ดังรูป ง. โฟโตอิเล็กตรอน 2 นี้จะถูกเร่งผ่านความต่างศักย์ 200 โวลต์ ไปตกกระทบอิเล็กโทรดแผ่นที่ 2 ที่มีศักย์ไฟฟ้า 400 โวลต์



รูป ง. เครื่องนับประกายแสงโดย
ใช้ผลึกโซเดียมไอโอไดด์

20.2.4 กัมมันตภาพ

ทำให้มีโฟโตอิเล็กตรอน 4 อิเล็กตรอนหลุดออกมา เมื่อโฟโตอิเล็กตรอนนี้ถูกเร่งผ่านความต่างศักย์ 200 โวลต์ไปตกกระทบอิเล็กโทรดแผ่นที่ 3 4 5... จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนจะเป็น 8 16 32... จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจึงเป็นแบบทวีคูณ ในที่สุดเมื่อโฟโตอิเล็กตรอนไปตกกระทบอิเล็กโทรดแผ่นที่ 10 จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาเป็น 10^{24} อิเล็กตรอน ซึ่งเป็น 512 หรือประมาณ 500 เท่าของจำนวนโฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากอิเล็กโทรดแผ่นแรก เมื่อต่อสัญญาณขาออก (output signal) จากแผ่นอิเล็กโทรดสุดท้ายไปยังเครื่องนับสัญญาณ เครื่องนับนี้จะวัดปริมาณของรังสีได้

20.2.4 กัมมันตภาพ

คำถาม ถ้าจะศึกษาเชิงปริมาณเกี่ยวกับรังสีจะมีวิธีการอย่างไร

คำถาม การสลายของนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีเป็นแบบสุ่ม จะเทียบกับการโยนเหรียญหรือทอดลูกบาศก์ได้อย่างไร

คำถาม ถ้าเปรียบการทอดลูกบาศก์กับการสลายของนิวเคลียส กัมมันตรังสีจะมีวิธีการอย่างไร

20.2.4 กัมมันตภาพ

กิจกรรม 20.1 สถานการณ์จำลองการสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี

จุดประสงค์

1. อธิบายค่าคงตัวการสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสีเปรียบเทียบกับการทอดลูกบาศก์

เวลาที่ใช้ 60 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล่องใส่ลูกบาศก์ 1 กล่อง
2. ลูกบาศก์ 6 หน้า แต้มสี 1 หน้า 50 ลูก
3. ถาดหรือภาชนะรองรับลูกบาศก์ 1 อัน

ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

จำนวนลูกบาศก์ที่ทอด	จำนวนลูกบาศก์ที่หงายหน้าแต้มสีของการทอดครั้งที่					ค่าเฉลี่ย	ความน่าจะเป็น
	1	2	3	4	5		
30	5	7	4	4	3	4.60	0.15
40	10	6	6	3	11	7.20	0.18
50	8	9	10	5	13	9.00	0.18

20.2.4 กัมมันตภาพ

คำถามท้ายกิจกรรม

□ ความน่าจะเป็นที่ลูกบาศก์จะหงายหน้าแต้มสีจากการทอดลูกบาศก์จำนวน 30 40 และ 50 ลูก แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

คำตอบ

□ ถ้าเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นที่ลูกบาศก์จะหงายหน้าแต้มสีทางคณิตศาสตร์ค่าที่ได้จาก การทำกิจกรรมเป็นอย่างไร

คำตอบ

□ ถ้าเพิ่มจำนวนครั้งที่ทอดเป็น 100 ครั้ง หรือ เพิ่มจำนวนลูกบาศก์เป็น 1000 ลูก ความน่าจะเป็นที่ได้จากการทำกิจกรรมจะแตกต่างไปจากเดิมหรือไม่ อย่างไร

คำตอบ

20.2.4 กัมมันตภาพ

อภิปรายหลังการทำกิจกรรมสรุป ได้ว่า

- ถ้าลูกบาศก์มี 6 หน้า และมีหน้าที่แต้มสีหนึ่งหน้า โอกาสที่ลูกบาศก์แต่ละลูกจะหงาย หน้าแต้มสีจะใกล้เคียงกับค่าความน่าจะเป็นทางคณิตศาสตร์คือ 1 ใน 6
- จำนวนลูกบาศก์ที่หงายหน้าแต้มสีของการทอดแต่ละครั้ง ขึ้นอยู่กับจำนวนลูกบาศก์ทั้งหมดที่ทอดในครั้งนั้น ๆ หลักการดังกล่าวนี้เป็นเช่นเดียวกับการสลายของนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีกล่าวคือทุก ๆ นิวเคลียสมีโอกาสในการสลายเท่ากัน และจำนวนนิวเคลียสที่สลายในขณะหนึ่ง ๆ จะขึ้นอยู่กับจำนวนนิวเคลียสทั้งหมดที่มีอยู่ในขณะนั้น
- ความน่าจะเป็น หรือโอกาสที่ลูกบาศก์จะหงายหน้าแต้มสีในการทอดแต่ละครั้งเปรียบได้กับความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่นิวเคลียสจะเกิดการสลายในหนึ่งหน่วยเวลา

จนสรุปได้ว่า

20.2.4 กัมมันตภาพ

คำถาม ถ้ามีลูกเหลี่ยม 20 หน้า โดยแต่ละหน้ามีโอกาสหงายได้เท่า ๆ กัน และมีหน้าที่แต้มสีไว้ 1 หน้า หลังทอดลูกเหลี่ยมนี้ออกไป จงหาโอกาสที่ลูกเหลี่ยมนี้จะหงายหน้าที่แต้มสีไว้

คำตอบ

เมื่อนำค่าคงตัวการสลาย (λ) ที่มีหน่วยต่อหนึ่งหน่วยเวลามาคูณกับจำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ขณะนั้น (N) จะได้ อัตราการลดลงของจำนวนนิวเคลียส หรือ อัตราการการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งปริมาณนี้ คือ กัมมันตภาพ (A) นั่นเอง เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$A = \lambda N \qquad (20.8)$$

20.2.4 กัมมันตภาพ

หน่วยวัดรังสี

ปริมาณ	หน่วยเดิม	หน่วยเอสไอ			
		ชื่อ	สัญลักษณ์	ในรูปหน่วยฐาน	ในรูปหน่วยอื่น
กัมมันตภาพ (activity)	คูรี (Ci)	เบ็กเคอเรล (Becquerel)	Bq	s^{-1}	-
รังสีที่ทำให้อากาศการแตกตัวเป็นไอออน (exposure)	เรินต์เกน (Ci)	คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (coulomb per kilogram)	C/kg	$kg^{-1}s\ A$	-
รังสีที่ถูกดูดกลืนรังสี (absorbed dose)	แรด (ras)	เกรย์ (gray)	Gy	m^2s^{-2}	J/kg
รังสีสมมูล (dose equivalent)	เรม (rem)	ซีเวิร์ต (Sievert)	Sv	m^2s^{-2}	J/kg

20.2.4 กัมมันตภาพ

ตัวอย่าง 20.6 $^{210}_{83}Bi$ มีค่าคงตัวการสลาย 1.6×10^{-6} ต่อวินาที และมีการสลายให้บีตาลบ ถ้าในขณะหนึ่งมี $^{210}_{83}Bi$ จำนวน 2.5×10^{12} นิวเคลียส จงหากัมมันตภาพของ $^{210}_{83}Bi$ ณ เวลานั้น ในหน่วยของกิโลเบ็กเคอเรล และ มิลลิคูรี

แนวคิด หากัมมันตภาพ ของ $^{210}_{83}Bi$ ณ เวลานั้น จากผลคูณของค่าคงตัวการสลายกับจำนวนนิวเคลียสที่มีอยู่ ณ เวลานั้น ตามสมการ (20.8) โดย $1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq$

วิธีทำ จากสมการ

$$A = \lambda N$$

แทนค่า จะได้

$$\begin{aligned} A &= (1.6\times10^{-6}s^{-1})(2.5\times10^{12}) \\ &= 4.0\times10^{6}s^{-1} \\ &= 4.0\times10^{6}Bq \\ &= 4.0\times10^{3}kBq \end{aligned}$$

แปลงหน่วยเป็นคูรี โดย $1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq$ จะได้

$$\begin{aligned} 4.0\times10^{3}kBq &= 4.0\times10^{6}Bq\times\frac{1Ci}{3.7\times10^{10}Bq} \\ &= 1.1\times10^{-4}Ci \\ &= 0.11mCi \end{aligned}$$

ตอบ ณ เวลานั้น $^{210}_{83}Bi$ มีกัมมันตภาพเท่ากับ 4.0×10^{3} กิโลเบ็กเคอเรล หรือ 0.11 มิลลิคูรี

20.2.4 กัมมันตภาพ

ตัวอย่าง 20.7 $^{214}_{82}Pb$ ปริมาณ 3×10^{-14} กิโลกรัม มีกัมมันตภาพ 1 มิลลิคูรี จงหาค่าคงตัวการสลาย กำหนดให้ $^{214}_{82}Pb$ 1 โมล มีมวล 214 กรัม

แนวคิด หาจำนวนนิวเคลียสของ $^{214}_{82}Pb$ จากจำนวนอะตอม โดยพิจารณา $^{214}_{82}Pb$ ปริมาณ 1 โมลมีจำนวนอะตอม 6.0221×10^{23} อะตอมและมีมวล 214 กรัม จากนั้น แปลงค่ากัมมันตภาพ จากหน่วยมิลลิคูรีเป็นหน่วยเบ็กเคอเรล และหาค่าคงตัวการสลายโดยการแทนค่ากัมมันตภาพในหน่วยเบ็กเคอเรลและจำนวนนิวเคลียสที่คำนวณได้ลงไปในสมการ (20.8)

วิธีทำ $^{214}_{82}Pb$ 1 โมล มีมวล 214 กรัม และมีจำนวนอะตอม 6.0221×10^{23} อะตอม
ดังนั้น $^{214}_{82}Pb$ มวล 3×10^{-14} กิโลกรัม มีจำนวนอะตอมหรือจำนวนนิวเคลียสเท่ากับ

$$N = \frac{(6.0221\times10^{23})(3\times10^{-14}\,\text{kg})}{214\times10^{-3}\,\text{kg}}$$

$$= 8.44 \times 10^{10}$$

กัมมันตภาพของ $^{214}_{82}Pb$ เท่ากับ $A = 1\ \text{mCi}$

$$= 3.7 \times 10^{7}\ \text{Bq}$$

จากสมการ $A = \lambda N$

แทนค่า A และ N จะได้ $3.7 \times 10^{7}\ \text{Bq} = \lambda\,(8.44 \times 10^{10})$

$$\lambda = \frac{3.7\times10^{7}\ \text{s}^{-1}}{8.44\times10^{10}}$$

$$= 4.38 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$$

ตอบ ค่าคงตัวการสลายเท่ากับ 4.38×10^{-4} ต่อวินาที

20.2.5 ครึ่งชีวิต

คำถาม ธาตุกัมมันตรังสีใดมีการสลายช้าหรือเร็ว จะพิจารณา จากปริมาณใดบ้าง

ครึ่งชีวิต คือ ช่วงเวลาที่ธาตุกัมมันตรังสีสลายจนกระทั่งลดลงเหลืออยู่ครึ่งหนึ่งของปริมาณเริ่มต้น

คำถาม ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีมีความสัมพันธ์กับปริมาณใดบ้าง

20.2.5 ครึ่งชีวิต

กิจกรรม 20.2 สถานการณ์จำลองครึ่งชีวิต

จุดประสงค์

1. อธิบายครึ่งชีวิตของนิวเคลียสกัมมันตรังสีเปรียบเทียบกับการทอดลูกบาศก์
2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนลูกบาศก์ที่เหลือกับจำนวนครั้งที่ทอดลูกบาศก์
3. หาครึ่งชีวิตจากกราฟของลูกบาศก์ที่แต้มสีหนึ่งหน้าและแต้มสีสองหน้า

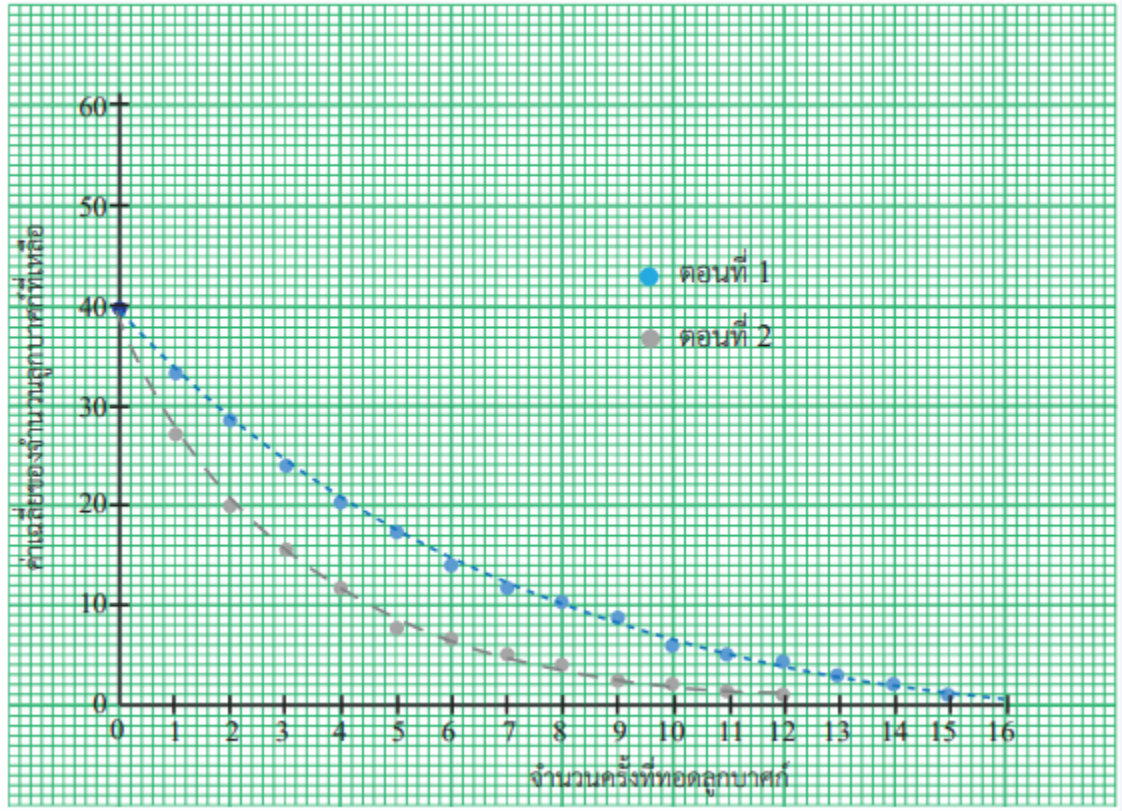
เวลาที่ใช้ 60 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล่องใส่ลูกบาศก์ 1 กล่อง
2. ลูกบาศก์6 หน้า แต้มสี1 หน้า 40 ลูก
3. ปากกาเมจิกหรือชอล์กสี 1 อัน
4. ถาดหรือภาชนะรองรับลูกบาศก์ 1 อัน

20.2.5 ครึ่งชีวิต

ตัวอย่างกราฟที่ได้จากผลการทำกิจกรรม



ตัวอย่างผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 ลูกบาศก์แต้มสี 1 หน้า

จำนวนครั้งที่ทอด	จำนวนลูกบาศก์ที่เหลือของการทอดครั้งที่			
	1	2	3	เฉลี่ย
0	40	40	40	40.00
1	34	32	34	33.33
2	29	28	29	28.67
3	25	24	23	24.00
4	21	21	19	20.33
5	18	19	15	17.33
6	15	16	11	14.00
7	12	13	10	11.67
8	11	11	9	10.33
9	10	8	8	8.67
10	7	5	6	6.00
11	5	4	6	5.00
12	4	4	5	4.33
13	2	3	4	3.00
14	2	1	3	2.00
15	1	1	1	1.00

ตอนที่ 2 ลูกบาศก์แต้มสี 2 หน้า

จำนวนครั้งที่ทอด	จำนวนลูกบาศก์ที่เหลือของการทอดครั้งที่			
	1	2	3	เฉลี่ย
0	40	40	40	40.00
1	29	28	25	27.33
2	22	20	18	20.00
3	17	16	14	15.67
4	14	10	11	11.67
5	10	7	6	7.67
6	8	6	6	6.67
7	6	4	5	5.00
8	5	3	4	4.00
9	3	2	2	2.33
10	2	2	2	2.00
11	1	2	1	1.33
12	1	1	1	1.00

20.2.5 ครึ่งชีวิต

คำถามท้ายกิจกรรม

☐ ครึ่งชีวิตของนิวเคลียสกัมมันตรังสีเปรียบได้กับปริมาณใดในการทอดลูกบาศก์

คำตอบ

☐ กราฟที่ได้จากกิจกรรมทั้ง 2 ตอน มีลักษณะเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร

คำตอบ

☐ จำนวนครั้งที่ทอดลูกบาศก์แล้วทำให้ลูกบาศก์ลดลงจาก 40 ลูก เหลือ 20 ลูก จาก 20 ลูก เหลือ 10 ลูก และ จาก 10 ลูก เหลือ 5 ลูก ในกิจกรรมตอนที่ 1 และตอนที่ 2 มีค่าประมาณเท่าใดบ้าง และมีค่าเป็นสัดส่วนกันอย่างไร

คำตอบ

20.2.5 ครึ่งชีวิต

อภิปรายหลังการทำกิจกรรม

สรุปได้ว่า

- จำนวนครั้งที่ทอดลูกบาศก์แล้วทำให้มีลูกบาศก์เหลืออยู่ครึ่งหนึ่งของจำนวนเริ่มทอดเปรียบได้กับช่วงเวลาที่นิวเคลียสสลายจนกระทั่งเหลือนิวเคลียสอยู่ครึ่งหนึ่งของจำนวนเริ่มต้น หรือ ครึ่งชีวิตของนิวเคลียสกัมมันตรังสี

- การที่กราฟของตอนที่ 1 มีความโค้งน้อยกว่ากราฟตอนที่ 2 เปรียบได้กับนิวเคลียส กัมมันตรังสีในตอนที่ 1 มีครึ่งชีวิตมากกว่า ในตอนที่ 2 ซึ่งในกิจกรรมพบว่า ครึ่งชีวิตของนิวเคลียสกัมมันตรังสีในตอนที่ 1 มีค่ามากกว่าครึ่งชีวิตในตอนที่ 2 ประมาณ 2 เท่า

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

1. บอกความหมายของคำต่อไปนี้

ก. กัมมันตภาพรังสี

ข. ไอโซโทปกัมมันตรังสี

ค. รังสี

ง. การแผ่รังสี

คำตอบ

ก.

ข.

ค.

ง.

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

2. ข้อใดเป็นสมบัติของรังสีแอลฟา บีตา และแกมมา

ก. มีอำนาจทะลุผ่านน้อยที่สุด

ข. มีความสามารถในการทำให้แก๊สแตกตัวเป็นไอออนได้ดีที่สุด

ค. ต้องใช้วัสดุที่มีความหนามากที่สุดในการกั้นรังสีชนิดนั้น

ง. ไม่เบี่ยงเบนเมื่อผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก

จ. เมื่อเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่จะเป็นแนวโค้งที่มีรัศมี ความโค้งมากที่สุด

ฉ. อัตราส่วนระหว่างประจุไฟฟ้าต่อมวลมีค่ามากที่สุด

คำตอบ

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

3. ธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งสลายให้บีตา เลขอะตอมและเลขมวลของธาตุใหม่เปลี่ยนไปจาก ธาตุเดิมเท่าใด

คำตอบ

4. เมื่อนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งสลายให้แกมมาแล้ว นิวเคลียสนั้นจะเปลี่ยนแปลง อย่างไร

คำตอบ

5. ข้อความใดต่อไปนี้เป็นธรรมชาติการสลายของธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสี

ก. หลังการสลายของนิวเคลียสแม่ นิวเคลียสลูกที่ได้อาจเป็นนิวเคลียสที่เสถียรหรือสลายต่อไป ได้อีก

ข. ธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสีมีการสลายให้รังสีไม่มีวันหมด

ค. เฉพาะการสลายให้แอลฟาหรือบีตาทำให้ได้นิวเคลียสของธาตุใหม่

ง. จำนวนนิวเคลียสที่สลายในหนึ่งหน่วยเวลาขึ้นอยู่กับจำนวนนิวเคลียสที่มีอยู่ทั้งหมดขณะนั้น

จ. การเพิ่มอุณหภูมิสามารถเพิ่มอัตราการสลายได้

คำตอบ

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

6. กัมมันตภาพของธาตุกัมมันตรังสีคืออะไร และในทางปฏิบัติสามารถวัดได้อย่างไร

คำตอบ

7. ถ้าเปรียบเทียบให้ลูกบาศก์ 6 หน้าเป็นนิวเคลียสกัมมันตรังสีและการหงายหน้าแต้มสีเปรียบได้ กับการสลาย ค่าคงตัวการสลายเปรียบได้กับปริมาณใดในการทอดลูกบาศก์

คำตอบ

8. เริ่มต้น มีนิวเคลียสกัมมันตรังสี X และ Y อย่างละ 1 ล้านนิวเคลียส เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง นิวเคลียส X เหลืออยู่จำนวน 550 000 นิวเคลียส ส่วนนิวเคลียส Y เหลืออยู่ 500 000 นิวเคลียส นิวเคลียสใดมีค่าคงตัวการสลายมากกว่ากัน อธิบาย

คำตอบ

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

9. ไอโซโทปกัมมันตรังสี W มีครึ่งชีวิตน้อยกว่า ครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี Z แสดงว่า ไอโซโทปชนิดใดสลายได้เร็วกว่ากัน อธิบาย

คำตอบ

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

10. จงเขียนเลขอะตอมและเลขมวลในสมการการสลายต่อไปนี้

ก. $^{218}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

ข. $^{239}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{Y} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + \bar{\nu}_e$

ค. $^{234}_{91}\mathrm{Pa}^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{W} + \gamma$

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

11. จากสมการการสลายต่อไปนี้ให้ระบุว่า X เป็นธาตุใด และ มีA กับ Z เท่าใด

ก. $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{210}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e$

ข. $^{220}_{86}Rn \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He$

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

12. นิวเคลียสของทอเรียม-232 (230 90Th) สลายให้แอลฟาแล้วเป็นนิวเคลียสของไอโซโทป X ซึ่งมี การสลายต่อให้บีตาแล้วเป็นนิวเคลียสของไอโซโทป Y จงเขียนสมการการสลายที่ระบุเลขอะตอม และเลขมวล

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

13. ตะกั่ว-214 (214 82Pb) จำ นวน 8.44×10^{10} อะตอม มีกัมมันตภาพ 1 มิลลิคูรีจงหา ค่าคงตัวการสลาย

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

14. ฟอสฟอรัส-32 (32 15P) มีครึ่งชีวิต 14 วัน จะใช้เวลานานเท่าใด จึงจะเหลือฟอสฟอรัส-32 ร้อยละ 25 ของจำนวนเดิม

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

15. ธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีครึ่งชีวิต 10 นาทีมีจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นเท่ากับ 8×10^{20} นิวเคลียส จงหาว่า

ก. เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาทีมีนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีสลายไปกี่นิวเคลียส

ข. เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาทีมีนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีเหลือเท่าใด

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

16. ไอโอดีน-131 (131 53 I) มีจำ นวนนิวเคลียส 3.69×10^{10} นิวเคลียส และมีกัมมันตภาพ 1 ไมโครคูรี จงหาครึ่งชีวิตของไอโอดีน -131

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

17. พอโลเนียม-210 (Po 210 84) มีครึ่งชีวิต 140 วัน เริ่มต้นมีจำนวน 20.0 กรัม เมื่อเวลาผ่านไป 120 วัน จะเหลือพอโลเนียม -210 อยู่กี่กรัม กำหนด $e^{-0.594}$ เท่ากับ 0.552

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

18. สมการต่อไปนี้แสดงการสลายของตะกั่ว-210

ก. A และ Z มีค่าเท่าใด

ข. X เป็นนิวเคลียสของธาตุใด

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

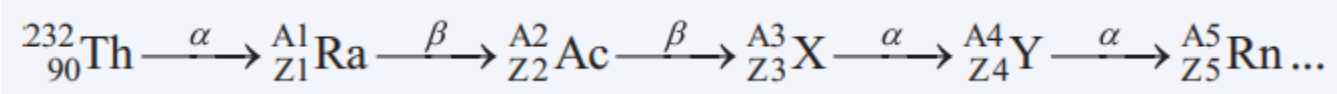
19. ในการสลายของนิวเคลียสยูเรเนียม-238 (238 92U) ได้นิวเคลียสสุดท้ายที่เสถียรคือ นิวเคลียส ของตะกั่ว ซึ่งการสลายของนิวเคลียสยูเรเนียม-238 นี้จะได้อนุภาคแอลฟา 8 อนุภาคและ อนุภาคบีตา 6 จงหาเลขอะตอมและเลขมวลของนิวเคลียสตะกั่วที่ได้จากการสลายของ นิวเคลียสยูเรเนียม-238

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

20. ในอนุกรมการสลายของยูเรเนียม-238 (238 92U) มีทั้งการสลายให้แอลฟา บีตาและแกมมา จนได้ ธาตุสุดท้ายเป็นตะกั่ว-206 (206 82Pb) ถ้าในอนุกรมการสลาย พบว่ามีการปล่อยอนุภาคแอลฟา ออกมา 8 อนุภาค การสลายนี้จะมีการปล่อยอนุภาคบีตาออกมากี่อนุภาค

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

21. สมการการสลายต่อไปนี้เป็นบางส่วนของอนุกรมการสลายของทอเรียม-232



จงหา ค่า A1 ถึง A5 และ Z1 ถึง Z5 พร้อมทั้งระบุว่า X และ Y เป็นนิวเคลียสของธาตุใด

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

22. ในการทดลองอุปมาอุปมัยการทอดลูกบาศก์กับการสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสีถ้าลูกบาศก์มี 20 หน้า และมีหน้าที่แต้มสีไว้ 3 หน้า

ก. จงหาโอกาสที่ลูกบาศก์จะหงายหน้าที่แต้มสีไว้

ข. ถ้าใช้ลูกบาศก์เดียวกันนี้จำนวน 200 ลูกมาทดลอง แล้วคัดลูกบาศก์ที่หงายหน้าแต้มสีออก จงหาจำนวนครั้งของการทอดที่ทำให้ลูกบาศก์เหลือประมาณ 50 ลูก

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

23. ในการทดลองหาครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีโดยใช้เครื่องนับไกเกอร์วัดกัมมันตภาพ ได้ผลการ ทดลองดังข้อมูลในตาราง

เวลาวัดจากเริ่มต้น (นาที)	0	2	4	6	8	10	12
กัมมันตภาพที่วัดได้ (ต่อวินาที)	116	96	80	69	58	50	44

ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีนี้มีค่าประมาณเท่าใด และเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาทีจะตรวจวัด กัมมันตภาพได้ประมาณเท่าใด

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

24. นำ ลูกบาศก์ที่มีหน้า 10 หน้า โดยมีหน้าแต้มสี 2 หน้า จำนวน 60 ลูก มาทอดแล้วคัดลูกที่หงายหน้า แต้มสีออก จะต้องทอดลูกบาศก์ประมาณกี่ครั้งจึงเหลือลูกบาศก์ประมาณ 1/4 ของจำนวนลูกบาศก์ เริ่มต้น

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

25. การฉายรังสีเพื่อรักษาโรคมะเร็งต้องใช้โคบอลต์-60 (60 27Co) ที่มีกัมมันตภาพ 0.1 มิลลิคูรี จงหามวลของ โคบอลต์-60 กำหนดครึ่งชีวิตของโคบอลต์-60 เท่ากับ 5.26 ปี

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

26. เรดอน-222 (222 86Rn) มีครึ่งชีวิต 3.82 วัน ถ้าเริ่มต้นมีเรดอน-222 ปริมาณ 1.0 มิลลิกรัม กัมมันตภาพของเรดอนมีค่าเท่าใด

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

27. ธาตุกัมมันตรังสีปริมาณหนึ่ง เมื่อทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง พบว่าสลายไป 31/32 เท่าของปริมาณเดิม N จงหา ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีนี้

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

28. ธาตุกัมมันตรังสีX มีจำนวนอะตอม 8×10^{13} อะตอม และมีครึ่งชีวิต 10 ปีสลายไปเป็นธาตุY ที่เสถียร หลังจากเริ่มสลายไปแล้ว 30 ปีธาตุX และ Y จะมีจำนวนอะตอมเป็นเท่าใด

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

29. ซีนอน-135 (135 54Xe) เป็นธาตุกัมมันตรังสีซึ่งมีครึ่งชีวิต 9 ชั่วโมง เมื่อเวลาผ่านไป 10 ชั่วโมง จะเหลือจำนวนนิวเคลียสซีนอน-135 เท่าใดของจำนวนเริ่มต้น กำหนด $e^{-0.77}$ เท่ากับ 0.463

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

30. ธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีครึ่งชีวิต 10 ชั่วโมงเริ่มต้นมีจำนวนนิวเคลียส N_0 และเมื่อเวลาผ่านไป t นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีนี้จะสลายให้นิวเคลียสใหม่ ถ้า N เป็นจำนวนนิวเคลียสที่เหลือ

ก. จงหาอัตราส่วนระหว่าง N/N_0 เมื่อเวลาผ่านไป 0, 10, 20, 30 และ 40 ชั่วโมง

ข. จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง N/N_0 กับ t เมื่อเวลาผ่านไปนาน 40 ชั่วโมง

ค. จากกราฟที่ได้ในข้อ ก. จงประมาณเวลาที่ทำ ให้ $N/N_0 = 0.40$

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

31. โพแทสเซียม-44 (44 19K) มีครึ่งชีวิต 20 นาทีสลายให้แคลเซียม-44 (44 20Ca) ซึ่งเป็นไอโซโทปเสถียร ถ้ามีโพแทสเซียม-44 ปริมาณ 10.0 มิลลิกรัม จงหาว่า

ก. มีโพแทสเซียม-44 กี่นิวเคลียส

ข. เริ่มต้น โพแทสเซียม-44 มีกัมมันตภาพเท่าใด

ค. เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง โพแทสเซียม-44 มีกัมมันตภาพเท่าใด

ง. เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง อัตราส่วนระหว่างอะตอมโพแทสเซียม-44 ต่ออะตอม แคลเซียม-44 เป็นเท่าใด

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

32. ไอโอดีน-125 (125 53 I) เป็นไอโซโทปที่ใช้มากในทางการแพทย์มีครึ่งชีวิต 60 วัน และ ถ้าเริ่มต้น ไอโอดีน-125 มีกัมมันตภาพ 4 เมกะเบ็กเคอเรล จะต้องใช้เวลานานเท่าใดเพื่อให้ไอโอดีน-125 จึงสลายไปร้อยละ 75 ของปริมาณเริ่มต้น

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

33. ยูเรเนียม-238 (238 92U) มวล 1 กิโลกรัม แผ่รังสีแอลฟา โดยมีครึ่งชีวิต 4.5×10^9 ปี จงหากัมมันตภาพของยูเรเนียม-238 นี้

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

34. ทอเรียม -230 (230 90Th) มีมวล 0.1 มิลลิกรัม และกัมมันตภาพ 7.20×10^4 เบ็กเคอเรล ครึ่งชีวิต ของทอเรียม -230 มีค่ากี่ปี

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

35. ถ้าแคลเซียม-45 (45 20Ca) แผ่รังสีบีตาแล้วกลายเป็นสแกนเดียม-45 (45 21Sc) โดยเริ่มต้น แคลเซียม-45 มีกัมมันตภาพ 20 มิลลิคูรีเมื่อเวลาผ่านไป 100 วัน จะมีกัมมันตภาพเหลือ 13.14 มิลลิคูรีจงหาครึ่งชีวิตของแคลเซียม-45 กำหนด ln(0.657) เท่ากับ -0.42

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

36. ทองคำ -198 (198 79Au) มีครึ่งชีวิต 2.7 วัน และมีกัมมันตภาพเริ่มต้น 50 ไมโครคูรีจงหาจำนวน นิวเคลียสของทองคำ -198 ที่สลายไปในช่วงเวลา 10 – 15 ชั่วโมง กำหนด $e^{-0.1069}$ เท่ากับ 0.8986 และ $e^{-0.16035}$ เท่ากับ 0.8518

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

37. เรเดียม-224 (224 88Ra) มีครึ่งชีวิต 3.5 วัน และมีอัตราการสลาย 2.4 × 102 เบ็กเคอเรล เมื่อเวลา ผ่านไป 21 วัน เรเดียม-224 มีกัมมันตภาพเท่าใดในหน่วยไมโครคูรี

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

38. คาร์บอน-14 (14 6C) มีครึ่งชีวิต 5730 ปีถ้าเริ่มต้นมีคาร์บอน-14 จำนวน 2.00 ไมโครกรัม ขณะนั้น กัมมันตภาพของคาร์บอน-14 มีค่าเท่าใด

คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2

39. ธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีครึ่งชีวิต 80 ปีจะใช้เวลานานเท่าใด กัมมันตภาพจึงลดลงเหลือ ร้อยละ 25 จากปริมาณเริ่มต้น