



บทที่ 20 ฟิสิกส์นิวเคลียร์และฟิสิกส์อนุภาค

20.1 เสถียรภาพของนิวเคลียส



คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.1 เสถียรภาพของนิวเคลียส

1. เพราะเหตุใดแรงผลัทางไฟฟ้าระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสจึงไม่สามารถทำให้โปรตอนแยกออกจากกันได้
 1. เพราะแรงไฟฟ้าระหว่างโปรตอนมีค่าเท่ากับแรงยึดเหนี่ยว
 2. เพราะแรงไฟฟ้าระหว่างโปรตอนมีค่าน้อยกว่าแรงยึดเหนี่ยว
 3. เพราะแรงไฟฟ้าระหว่างโปรตอนมีค่ามากกว่าแรงยึดเหนี่ยว
 4. ข้อมูลไม่เพียงพอต่อการสรุปเพราะไม่ทราบจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส
2. เพราะเหตุใดนิวเคลียสของไอโซโทปที่เสถียรและมีเลขอะตอมระหว่าง 20 ถึง 83 จึงมีจำนวนนิวตรอนมากกว่าโปรตอน
 1. เพราะนิวตรอนทำหน้าที่สร้างแรงยึดเหนี่ยวเพื่อชดเชยแรงผลัจากแรงไฟฟ้าภายในนิวเคลียส
 2. เพราะนิวตรอนไม่เกิดแรงไฟฟ้ากับอิเล็กตรอนโดยรอบทำให้นิวเคลียสคงสภาพอยู่ได้
 3. เพราะนิวตรอนไม่เกิดแรงไฟฟ้าระหว่างกันและกันทำให้ไม่มีแรงผลั ไม่เกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยว
 4. เพราะนิวตรอนไม่เกิดแรงไฟฟ้ากับโปรตอน ทำให้ไม่มีแรงผลั ไม่เกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยว



3. ข้อใดกล่าวถึงความหมายของปริมาณต่อไปนี้ได้ถูกต้อง

ก. พลังงานยึดเหนี่ยว

1. พลังงานที่ทำให้ไอเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียส
2. พลังงานที่พอดีกันกับการทำให้ไอเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม
3. พลังงานที่พอดีกันกับการทำให้โมเลกุลแตกออกเป็นอะตอม
4. พลังงานที่พอดีกันกับการทำให้นิวคลีออนทุกตัวในนิวเคลียสแยกออกจากกัน

ข. ส่วนพร่องมวล

1. ส่วนของมวลที่แตกต่างกันระหว่างผลรวมของอนุภาคในอะตอมกับมวลรวมของอะตอม
2. ส่วนของมวลที่แตกต่างกันระหว่างผลรวมของอนุภาคในนิวเคลียสกับมวลรวมของอะตอม
3. ส่วนของมวลที่แตกต่างกันระหว่างผลรวมของอนุภาคในนิวเคลียสกับมวลรวมนิวเคลียส
4. ส่วนของมวลที่แตกต่างกันระหว่างมวลรวมในนิวเคลียสกับมวลรวมในอะตอม

4. พลังงานยึดเหนี่ยวมีความสัมพันธ์กับส่วนมวลพร่องอย่างไร

1. พลังงานยึดเหนี่ยวมีค่าแปรผันตรงกับส่วนมวลพร่อง
2. พลังงานยึดเหนี่ยวมีค่าแปรผกผันกับส่วนมวลพร่อง
3. พลังงานยึดเหนี่ยวมีค่าแปรผันตรงกับส่วนมวลพร่องกำลังสอง
4. พลังงานยึดเหนี่ยวมีค่าแปรผกผันกับส่วนมวลพร่องกำลังสอง

5. พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียสมีความสัมพันธ์กับเสถียรภาพของนิวเคลียสอย่างไร

1. พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมาก นิวเคลียสจะมีเสถียรภาพน้อย
2. พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมาก นิวเคลียสจะมีเสถียรภาพมาก
3. พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน ไม่ส่งผลต่อเสถียรภาพของนิวเคลียส
4. สรุปไม่ได้ เพราะเสถียรภาพของนิวเคลียสมีผลจากจำนวนอิเล็กตรอนที่โคจรโดยรอบด้วย





แบบฝึกหัด 20.1 เสถียรภาพของนิวเคลียส

กำหนดให้

- มวล 1 u เท่ากับ 1.66×10^{-27} กิโลกรัม
- มวล 1 u เทียบเท่ากับพลังงาน 931.5 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์
- มวลของโปรตอนเท่ากับ 1.007276 u
- มวลของนิวตรอนเท่ากับ 1.008665 u
- มวลของอิเล็กตรอน 0.000549 u

1. กำหนดมวลอะตอมของยูเรเนียม-238 ($^{238}_{92}\text{U}$) เท่ากับ 238.050788 u จงหาปริมาณต่อไปนี้ ตอบเป็นทศนิยม 6 ตำแหน่ง

ก. ส่วนพร่องของมวลยูเรเนียม-238 (1.934202 u หรือ 3.210775×10^{-27} กิโลกรัม)

ข. พลังงานยึดเหนี่ยวของยูเรเนียม-238 (1.801709×10^3 เมกะอิเล็กตรอน)

ค. พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของยูเรเนียม-238 (7.570206 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ต่อนิวคลีออน)



2. กำหนดมวลอะตอมของแคลเซียม-40 ($^{40}_{20}\text{Ca}$) เท่ากับ 39.962591 u จงหาปริมาณดังต่อไปนี้ ตอบเป็นทศนิยม 6 ตำแหน่ง

ก. ส่วนมวลพร่องของแคลเซียม-40 (0.367209 u หรือ 6.095669×10^{-28} กิโลกรัม)

ข. พลังงานยึดเหนี่ยวของแคลเซียม-40 (3.420552×10^2 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์)

ค. พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของแคลเซียม-40 (8.551380 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ต่อนิวคลีออน)

3. จากข้อ 1 และข้อ 2 ที่ผ่านมา นิวเคลียสของกัมมันตภาพรังสีในข้อใดมีเสถียรภาพมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

1. นิวเคลียสทั้งสองมีเสถียรภาพเท่ากันเพราะประกอบขึ้นเป็นอะตอมของธาตุได้แล้ว

2. นิวเคลียสของยูเรเนียมมีเสถียรภาพมากกว่าเพราะมีมวลอะตอมรวมมากกว่าแคลเซียม

3. นิวเคลียสของยูเรเนียมมีเสถียรภาพมากกว่าเพราะมีพลังงานยึดเหนี่ยวมากกว่า

4. นิวเคลียสของแคลเซียมมีเสถียรภาพมากกว่าเพราะมีพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนมากกว่า



4. พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียสฮีเลียม (${}^4_2\text{He}$) มีค่าเท่ากับ 6.82 MeV/Nucleon จงหาส่วนมวลพร่องของฮีเลียมนี้ (0.029 u)

5. โปรตอนแต่ละอนุภาคที่อยู่ในนิวเคลียสของลิเทียม (${}^7_3\text{Li}$) ถูกยึดเหนี่ยวด้วยพลังงานเฉลี่ยเท่าใด กำหนดให้มวลอะตอมของลิเทียมเท่ากับ 7.016005 u ($5.606299 \text{ MeV/Nucleon}$)



20.2 กัมมันตภาพรังสี



คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.2 กัมมันตภาพรังสี

1. ข้อใดบอกความหมายของคำต่อไปนี้ได้ถูกต้อง

ก. กัมมันตภาพรังสี

1. ปรากฏการณ์ที่ธาตุสามารถรวมตัวกันได้เอง
2. ปรากฏการณ์ที่ธาตุแผ่รังสีได้เอง
3. ปรากฏการณ์ที่นิวเคลียสเกิดการดึงดูดรวมกันเอง
4. ปรากฏการณ์ที่ธาตุสามารถรวมตัวกันกลายเป็นโมเลกุลได้เอง

ข. ไอโซโทปกัมมันตรังสี

1. ปรากฏการณ์ที่ไอโซโทปของธาตุกัมมันตรังสีสามารถรวมตัวกันได้เอง
2. ปรากฏการณ์ที่ไอโซโทปของธาตุกัมมันตรังสีสามารถแผ่รังสีได้เอง
3. ปรากฏการณ์ที่ไอโซโทปของธาตุกัมมันตรังสีสามารถดึงดูดรวมกันได้เอง
4. ปรากฏการณ์ที่ไอโซโทปของธาตุกัมมันตรังสีสามารถรวมกันกลายเป็นโมเลกุลได้เอง

ค. รังสีในทางฟิสิกส์นิวเคลียร์

1. อนุภาคที่มีความเร็วต่ำ หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง
2. อนุภาคที่มีความเร็วต่ำ หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำ
3. อนุภาคที่มีความเร็วมาก หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง
4. อนุภาคที่มีความเร็วมาก หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำ

ง. การแผ่รังสี

1. กระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอะตอม
2. กระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างนิวเคลียส
3. กระบวนการปล่อยรังสีออกมาอย่างต่อเนื่อง
4. กระบวนการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์อย่างต่อเนื่อง





2. จากคุณสมบัติดังต่อไปนี้ เป็นสมบัติของรังสี โคบอลต์

ก. มีอำนาจทะลุทะลวงน้อยที่สุด

1. แอลฟา 2. บีตา 3. แกมมา 4. มีมากกว่า 1 รังสี

ข. มีความสามารถในการทำให้แก๊สแตกตัวเป็นไอออนได้ดีที่สุด

1. แอลฟา 2. บีตา 3. แกมมา 4. มีมากกว่า 1 รังสี

ค. ต้องใช้วัสดุที่มีความหนาแน่นมากที่สุดในการกั้นรังสีชนิดนั้น

1. แอลฟา 2. บีตา 3. แกมมา 4. มีมากกว่า 1 รังสี

ง. ไม่เบี่ยงเบนเมื่อเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็ก

1. แอลฟา 2. บีตา 3. แกมมา 4. มีมากกว่า 1 รังสี

จ. เมื่อเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก แนวการเคลื่อนที่จะเป็นแนววงกลมที่มีรัศมีมากที่สุด

1. แอลฟา 2. บีตา 3. แกมมา 4. มีมากกว่า 1 รังสี

ฉ. อัตราส่วนระหว่างประจุไฟฟ้าต่อมวลมีค่ามากที่สุด

1. แอลฟา 2. บีตา 3. แกมมา 4. มีมากกว่า 1 รังสี

3. ธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งสลายให้บีตา เลขอะตอมและเลขมวลของธาตุใหม่จะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างไร

1. เลขอะตอมเพิ่มขึ้น 1 และเลขมวลคงที่
2. เลขอะตอมลดลง 1 และเลขมวลเพิ่มขึ้น 1
3. เลขอะตอมคงที่ และเลขมวลเพิ่ม 1
4. ทั้งเลขอะตอม และเลขมวล มีค่าคงที่



4. เมื่อนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งสลายให้แกมมาแล้ว นิวเคลียสนั้นจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

1. นิวเคลียสมีพลังงานเพิ่มขึ้น โดยเลขมวลและเลขอะตอมคงที่
2. นิวเคลียสมีพลังงานลดลง โดยเลขมวลและเลขอะตอมคงที่
3. นิวเคลียสมีพลังงานเท่าเดิม โดยมีเลขมวลคงที่ และเลขอะตอมลดลง 1
4. นิวเคลียสมีพลังงานเท่าเดิม โดยมีเลขมวลลดลง 1 และมีเลขอะตอมเพิ่มขึ้น 1

5. จงพิจารณาข้อความดังต่อไปนี้

- ก. หลังการสลายนิวเคลียสแม่ นิวเคลียสลูกที่ได้อาจเป็นนิวเคลียสที่เสถียรหรือสลายต่อไปได้อีก
- ข. ธาตุและไอโซโทปกัมมันตรังสีมีการสลายให้รังสีไม่มีวันหมด
- ค. เฉพาะการสลายให้แอลฟาหรือบีตา จะทำให้ได้นิวเคลียสของธาตุใหม่
- ง. จำนวนนิวเคลียสที่สลายในหนึ่งหน่วยของเวลาขึ้นอยู่กับจำนวนนิวเคลียสที่มีอยู่ทั้งหมดขณะนั้น
- จ. การเพิ่มอุณหภูมิสามารถเพิ่มอัตราการสลายได้

ข้อความใดกล่าวถูกต้องตามหลักการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

1. ก ข ค
2. ก ง
3. ข ค จ
4. ก ง จ

6. กัมมันตภาพของธาตุกัมมันตรังสีคืออะไร

1. อัตราการรวมตัวกันของกัมมันตรังสี ณ ขณะหนึ่ง
2. อัตราการสลายตัวของกัมมันตรังสี ณ ขณะหนึ่ง
3. อัตราการเกิดนิวเคลียสของกัมมันตรังสี ณ ขณะหนึ่ง
4. อัตราการเปลี่ยนแปลงอะตอมของกัมมันตภาพรังสี ณ ขณะหนึ่ง



7. ถ้าเปรียบเทียบลูกบาศก์ 6 หน้า เป็นนิวเคลียสกัมมันตรังสี และการหงายหน้าแต้มสีเปรียบได้กับการสลาย ค่าคงตัวการสลายเปรียบเทียบได้กับปริมาณใดในการทอดลูกบาศก์

1. จำนวนลูกบาศก์ที่เหลืออยู่
2. จำนวนลูกบาศก์ที่หงายขึ้นมาในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ
3. ความน่าจะเป็นที่ลูกบาศก์จะหงายหน้าที่ไม่ได้แต้มสี
4. ความน่าจะเป็นที่ลูกบาศก์จะหงายหน้าที่แต้มสี

8. เริ่มต้นมีนิวเคลียสกัมมันตรังสี X และ Y อย่างละ 1 ล้านนิวเคลียส เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง นิวเคลียส X เหลืออยู่ 550000 นิวเคลียส ส่วนนิวเคลียส Y เหลืออยู่ 500000 นิวเคลียส นิวเคลียสใดมีการสลายตัวมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

1. นิวเคลียส X มีการสลายตัวมากกว่า เพราะเหลือนิวเคลียสมากกว่า
2. นิวเคลียส X มีการสลายตัวมากกว่า เพราะเหลือนิวเคลียสน้อยกว่า
3. นิวเคลียส Y มีการสลายตัวมากกว่า เพราะเหลือนิวเคลียสมากกว่า
4. นิวเคลียส Y มีการสลายตัวมากกว่า เพราะเหลือนิวเคลียสน้อยกว่า

9. ไอโซโทปกัมมันตรังสี W มีครึ่งชีวิตน้อยกว่า ครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี Z แสดงว่าไอโซโทปชนิดใดสลายได้เร็วกว่ากัน เพราะเหตุใด (W เร็วกว่า เพราะสลายเหลือครึ่งภายในช่วงเวลาที่สั้นกว่า)



แบบฝึกหัด 20.2 กัมมันตภาพรังสี

1. จากสมการการสลายตัวดังต่อไปนี้ จงคำนวณหาเลขมวล (A) และเลขอะตอม (Z) ของธาตุ X Y และ Z



2. จากสมการการสลายต่อไปนี้ ให้ระบุว่า X เป็นธาตุใดและมีเลขมวล (A) และเลขอะตอม (Z) มีค่าเท่าใด





3. นิวเคลียสของธาตุทอเรียม-232 ($^{232}_{90}\text{Th}$) สลายให้แอลฟาแล้วเป็นนิวเคลียสของไอโซโทป X ซึ่งมีการสลายต่อให้บีตา แล้วเป็นนิวเคลียสของไอโซโทป Y จงเขียนสมการการสลายที่ระบุเลขอะตอมและเลขมวลในทั้งสองสมการการสลายตัว ($^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{228}_{88}\text{X} + ^4_2\text{He}$ และ $^{228}_{88}\text{X} \rightarrow ^{228}_{89}\text{Y} + ^0_{-1}\text{e}$)

4. ตะกั่ว-214 ($^{214}_{82}\text{Pb}$) จำนวน 8.44×10^{10} อะตอม มีกัมมันตภาพ 1 มิลลิคูรี จงหาค่าคงตัวการสลายกำหนดให้ 1 คูรี มีค่าเท่ากับ 3.7×10^{10} เบ็กเคอเรล (4.38×10^{-4} ต่อวินาที)

5. ฟอสฟอรัส-32 ($^{32}_{15}\text{P}$) มีครึ่งชีวิต 14 วัน จะใช้เวลานานเท่าใด จึงจะเหลือฟอสฟอรัส-32 ร้อยละ 25 ของจำนวนเดิม (28 วัน)



6. ธาตุกัมมันตภาพรังสีชนิดหนึ่งมีครึ่งชีวิต 10 นาที มีจำนวนนิวเคลียสเท่ากับ 8×10^{20} นิวเคลียส จงหา

ก. เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที มีนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีสลายไปกี่นิวเคลียส (4×10^{20} นิวเคลียส)

ข. เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที มีนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีเหลือเท่าใด (1×10^{20} นิวเคลียส)

7. ไอโอดีน-131 ($^{131}_{53}\text{I}$) มีจำนวนนิวเคลียส 3.69×10^{10} นิวเคลียส และมีกัมมัตภาพ 1 ไมโครคูรี จงหาครึ่งชีวิตของไอโอดีน-131 มีค่าเป็นกี่วัน กำหนดให้ 1 คูรี มีค่าเท่ากับ 3.7×10^{10} เบ็กเคอเรล (8 วัน)

8. โพลonium-210 ($^{210}_{84}\text{Po}$) มีครึ่งชีวิต 140 วัน เริ่มต้นมีจำนวน 20.0 กรัม เมื่อเวลาผ่านไป 120 วัน จะเหลือโพลonium-210 อยู่กี่กรัม หากกำหนดให้ $e^{-0.594}$ เท่ากับ 0.552 (11.0 กรัม)





20.3 ปฏิกริยานิวเคลียร์และพลังงานนิวเคลียร์



คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.3 ปฏิกริยานิวเคลียร์และพลังงานนิวเคลียร์

1. ข้อใดกล่าวถึงความหมายของปฏิกริยานิวเคลียร์ได้ถูกต้อง

1. กระบวนการที่ธาตุเกิดปฏิกิริยากลายเป็นโมเลกุล
2. กระบวนการที่ธาตุเกิดปฏิกิริยากลายเป็นธาตุใหม่
3. กระบวนการที่ธาตุเกิดปฏิกิริยาแล้วกลายเป็นแก๊สมีเทน
4. กระบวนการที่นิวเคลียสเปลี่ยนองค์ประกอบเมื่อได้รับการกระตุ้น

2. ในการเกิดฟิชชัน นิวเคลียสมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

1. นิวเคลียสของธาตุเบาจับอิเล็กตรอนไว้ แล้วกลายเป็นนิวเคลียสในสถานะถูกกระตุ้น แล้วรวมกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น
2. นิวเคลียสของธาตุเบาจับนิวตรอนไว้ แล้วกลายเป็นนิวเคลียสในสถานะถูกกระตุ้น แล้วแตกตัวออกเป็นนิวเคลียสที่เล็กลง
3. นิวเคลียสของธาตุหนักจับอิเล็กตรอนไว้ แล้วกลายเป็นนิวเคลียสในสถานะถูกกระตุ้น แล้วรวมกันจนมีขนาดนิวเคลียสที่ใหญ่ขึ้น
4. นิวเคลียสของธาตุหนักจับนิวตรอนไว้ แล้วกลายเป็นนิวเคลียสในสถานะถูกกระตุ้น แล้วแตกออกเป็นนิวเคลียสที่มีขนาดเล็กลง



3. นิวเคลียสที่เกิดฟิวชันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

1. เปลี่ยนจากราตุหนักกลายเป็นธาตุเบา
2. เปลี่ยนจากราตุหนักกลายเป็นธาตุที่หนัก หรือมีขนาดนิวเคลียสใหญ่ขึ้นอีก
3. เปลี่ยนจากราตุเบากลายเป็นธาตุหนัก
4. เปลี่ยนจากราตุเบากลายเป็นธาตุที่เบา หรือมีขนาดนิวเคลียสเล็กลงอีก และอาจแตกตัวเป็นอนุภาค

4. พลังงานนิวเคลียร์ที่ได้จากฟิชชันและฟิวชันมาจากอะไร

1. เกิดจากการระเบิดและเผาไหม้อย่างรุนแรงของธาตุ
2. เกิดจากการที่มีมวลส่วนพร่อง มวลส่วนที่หายไปกลายเป็นพลังงาน
3. เกิดจากพลังงานภายนอกที่ใส่เพิ่มในปฏิกิริยา
4. มีคำตอบถูกมากกว่า 1 ข้อความ

5. จากตัวเลือกเป็นตัวอย่างของธาตุหรือไอโซโทปของธาตุ ที่สามารถทำให้เกิดฟิวชันได้ ยกเว้นข้อใด

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

6. เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ช่วยให้สามารถนำพลังงานนิวเคลียร์จากฟิชชันมาผลิตไฟฟ้าได้อย่างไร

1. การเผาไหม้จากปฏิกิริยาทำให้เกิดแสงสว่าง นำไปส่องยังวัตถุไวแสง ไปสร้างพลังงานไฟฟ้าได้
2. การเผาไหม้จากปฏิกิริยาทำให้เกิดความร้อน นำไปต้มน้ำ แล้วนำไปหมุนกังหันลมเพื่อปั่นไฟ
3. นำความเร็วของอนุภาคหลังเกิดปฏิกิริยาไปวิ่งชนกังหันลมเพื่อปั่นไฟ
4. ไม่มีข้อความที่ถูกต้อง จากการนำฟิชชันมาใช้ประโยชน์ เพราะเกิดขึ้นบนโลกไม่ได้



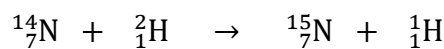


 แบบฝึกหัด 20.3 ปฏิกิริยานิวเคลียร์และพลังงานนิวเคลียร์

กำหนดให้

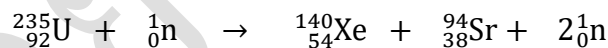
- มวล 1 u เท่ากับ 1.66×10^{-27} กิโลกรัม
- มวล 1 u เทียบเท่ากับพลังงาน 931.5 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์
- พลังงาน 1 อิเล็กตรอนโวลต์ เท่ากับ 1.66×10^{-19} จูล
- 1 โมลอะตอม เท่ากับ 6.02×10^{23} อะตอม

1. จงคำนวณหาพลังงานหน่วยเมกะอิเล็กตรอนโวลต์ที่ได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ต่อไปนี้ (8.610 MeV)



กำหนดให้	มวลอะตอม	$m_{{}^{14}_7\text{N}}$ เท่ากับ 14.003074 u	$m_{{}^2_1\text{H}}$ เท่ากับ 2.014102 u
		$m_{{}^{15}_7\text{N}}$ เท่ากับ 15.000108 u	$m_{{}^1_1\text{H}}$ เท่ากับ 1.007825 u

2. จากสมการการเกิดฟิชชันของยูเรเนียม-235

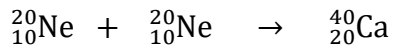


ถ้ามีพลังงานถูกปล่อยออกมา 200 MeV จงคำนวณหาพลังงานในหน่วยอิเล็กตรอนโวลต์ ที่ได้จากการเกิดฟิชชันของยูเรเนียม-235 มวล 1 กรัม

กำหนดให้ มวลอะตอมของยูเรเนียม-235 เท่ากับ 235.043930 u (5.13 $\times 10^{23}$ MeV)



3. การเกิดฟิวชันของนีออน-20 ($^{20}_{10}\text{Ne}$) 2 นิวเคลียส ทำให้ได้แคลเซียม ($^{40}_{20}\text{Ca}$) ดังสมการ



กำหนดให้ มวลอะตอมของ $^{20}_{10}\text{Ne}$ และ $^{40}_{20}\text{Ca}$ เท่ากับ 19.992436 u และ 39.962591 ตามลำดับ

จงหาพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาในหน่วยอิเล็กตรอนโวลต์ (20.75 MeV)

4. ฟิวชันบนดวงอาทิตย์และดวงดาวส่วนมาก เกิดจากการรวมกันของนิวเคลียสไฮโดรเจน (^1_1H) จำนวน 4 นิวเคลียส กลายเป็นนิวเคลียสของฮีเลียม (^4_2He) จำนวน 1 นิวเคลียส ดังสมการ



กำหนดให้ มวลอะตอมของ ^1_1H เท่ากับ 1.007825u มวลอะตอมของ ^4_2He เท่ากับ 4.002603u

มวลอะตอมของ $^0_{+1}\text{e}$ เท่ากับ 0.000549u มวลของนิวตริโน ($\bar{\nu}_e$) มีค่าน้อยมาก

จงหาพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิวชันนี้ในหน่วยอิเล็กตรอนโวลต์ (25.7 MeV)





5. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แห่งหนึ่ง ใช้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่มียูเรเนียม-235 ($^{235}_{92}\text{U}$) เป็นองค์ประกอบ จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. ถ้าเริ่มต้นมียูเรเนียม-235 จำนวน 100 มิลลิกรัม หลังการเกิดฟิชชัน มวลของยูเรเนียมหายไป 0.20% พลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาของยูเรเนียมมีค่าเป็นกี่จูล (1.80×10^{11} จูล)

ข. ถ้าเปรียบเทียบโรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ใช้น้ำมันเตา เพื่อให้ได้ความร้อนเท่ากับความร้อนจาก โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ จะต้องใช้น้ำมันกี่ตัน หากกำหนดให้ การเผาไหม้ 1 ตัน ได้ความร้อนมีค่าเป็น 8.40×10^9 จูล (21.4 ตัน)



20.4 ประโยชน์และการป้องกันอันตรายจากรังสี



คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.4 ประโยชน์และการป้องกันอันตรายจากรังสี

1. จงยกตัวอย่างการนำรังสีจากไอโซโทปกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์อย่างน้อย 2 ตัวอย่าง
2. นักโบราณคดีใช้ความรู้ด้านไอโซโทปกัมมันตรังสีของการหาอายุวัตถุโบราณอย่างไร
3. จงยกตัวอย่างการนำรังสีจากไอโซโทปกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง
4. การฉายรังสีให้กับส่วนของพืช ชักนำให้พืชเกิดมิวเทชันได้อย่างไร
5. ในชีวิตประจำวัน เราได้รับรังสีจากไอโซโทปกัมมันตรังสี จากแหล่งใดบ้าง ให้ระบุอย่างน้อย 3 อย่าง
6. ถ้าร่างกายได้รับรังสีจากไอโซโทปกัมมันตรังสีมากเกินไป จะมีอาการเริ่มต้นที่สังเกตได้อย่างไร
7. ถ้าจำเป็นต้องอยู่ในบริเวณที่มีไอโซโทปกัมมันตรังสี ควรปฏิบัติอย่างไร
8. ชุดหรืออุปกรณ์ที่นำมาสวมใส่เพื่อป้องกันรังสีจากไอโซโทปกัมมันตรังสี ควรทำจากวัสดุชนิดใด





20.5 ฟิสิกส์อนุภาค



คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 20.5 ฟิสิกส์อนุภาค

1. โปรตอนและนิวตรอนเป็นอนุภาคมูลฐานหรือไม่ จงอธิบาย
2. หลักฐานที่ยืนยันการค้นพบอิเล็กตรอนคืออะไร
3. เพราะเหตุใดนักฟิสิกส์จึงทำนายว่ามีนิวทริโนอยู่ในธรรมชาติ
4. ในแบบจำลองมาตรฐาน มีการจัดกลุ่มอนุภาคมูลฐานออกเป็นกี่กลุ่มอะไรบ้าง
5. การยึดเหนี่ยวกันของควาร์กเกี่ยวกับอนุภาคสื่อแรงชนิดใดและแรงพื้นฐานแรงใด
6. ในแบบจำลองมาตรฐาน การสลายให้บีตาทำให้ควาร์กมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรและเกี่ยวกับอนุภาคสื่อแรงชนิดใด
7. จงยกตัวอย่างประโยชน์ที่ได้จากการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง



คำถามท้ายบทที่ 20 ฟิสิกส์นิวเคลียร์และฟิสิกส์อนุภาค

1. แรงนิวเคลียร์เป็นแรงที่กระทำระหว่างอนุภาคดังตัวเลือกดังต่อไปนี้ ยกเว้นข้อใด
 1. โปรตอนและนิวตรอน
 2. นิวตรอนและนิวตรอน
 3. โปรตอนและโปรตอน
 4. โปรตอนและอิเล็กตรอน
2. นิวเคลียร์ของไอโซโทปของธาตุเดียวกัน ที่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน มีเสถียรภาพต่างกันหรือไม่อย่างไร
 1. ไม่แตกต่างกัน เพราะเสถียรภาพดูจากเพียงจำนวนนิวคลีออน
 2. ไม่แตกต่างกัน เพราะเสถียรภาพดูจากจำนวนโปรตอนในนิวเคลียส
 3. แตกต่างกัน เพราะจำนวนนิวตรอนที่มากกว่าทำให้เสถียรภาพนิวเคลียสมากขึ้น
 4. แตกต่างกัน เพราะจำนวนนิวตรอนที่เพิ่มขึ้นทำให้เสถียรภาพนิวเคลียสลดลง
3. พิจารณาข้อความดังต่อไปนี้
 - ก. มวลรวมของนิวเคลียสน้อยกว่ามวลรวมของนิวคลีออนในนิวเคลียส
 - ข. ต้องมีการเปลี่ยนมวลบางส่วนเป็นพลังงานสำหรับใช้ยึดเหนี่ยวนิวคลีออนให้อยู่ร่วมกันข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง
 1. ก เท่านั้น
 2. ข เท่านั้น
 3. ถูกทั้ง ก และ ข
 4. ไม่มีข้อใดถูก
4. นิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวสูงจะมีเสถียรภาพมากกว่านิวเคลียสที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวต่ำกว่าหรือไม่ เพราะเหตุใด



5. ใช้สมบัติต่อไปนี้เรียงลำดับของรังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสี ได้แก่ แอลฟา บีตา และแกมมา จากค่ามากไปน้อย

ก. มวล

ข. อำนาจทะลุทะลวง

ค. ความสามารถในการทำให้อากาศแตกตัวเป็นไอออน

6. นำธาตุกัมมันตรังสี 3 ชนิด ใส่กล่องตะกั่วหมายเลข 1 2 และ 3 กล่องละ 1 ชนิด จากนั้นทดลองให้รังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีผ่านแผ่นกระดาษและผ่านสนามแม่เหล็ก ได้ผลการทดลองเป็นดังตารางด้านล่างนี้

รังสีจากกล่องตะกั่ว	การทะลุผ่าน	การเบน
1	ผ่านกระดาษได้	ไม่เบนในสนามแม่เหล็ก
2	ผ่านกระดาษไม่ได้	เบนในสนามแม่เหล็ก
3	ผ่านกระดาษได้	เบนในสนามแม่เหล็ก

ถ้าธาตุในกล่องตะกั่วแต่ละใบแผ่รังสีเพียงชนิดเดียว ธาตุกัมมันตรังสีในกล่องแต่ละกล่องจะแผ่รังสีชนิดใดบ้างตามลำดับ

7. เมื่อนิวเคลียสมีการสลายและให้อนุภาคหรือรังสีดังต่อไปนี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. อนุภาคแอลฟา

ข. อนุภาคบีตา

ค. รังสีแกมมา



8. สำหรับการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง

1. ธาตุกัมมันตรังสีเมื่อแผ่รังสีกลายเป็นธาตุใหม่ ธาตุใหม่นี้อาจเป็นธาตุกัมมันตรังสีหรือเป็นธาตุที่เสถียรก็ได้
2. ธาตุกัมมันตรังสีมีการแผ่รังสีแอลฟา รังสีบีตาและรังสีแกมมาออกมาพร้อมกัน
3. รังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีทุกชนิดจะเบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็ก
4. ธาตุที่เกิดภายหลังจากการแผ่รังสีจะมีเลขอะตอมลดลง

9. นิวเคลียส $^{214}_{84}\text{Po}$ สลายไปเป็น $^{212}_{82}\text{Pb}$ และนิวเคลียส $^{198}_{79}\text{Au}$ สลายเป็น $^{198}_{80}\text{Hg}$

ก. ในการสลายของแต่ละนิวเคลียสจะมีธาตุใดถูกปล่อยออกมาตามลำดับ (แอลฟาและบีตา)

ข. จงเขียนสมการการสลายของนิวเคลียสแต่ละนิวเคลียส

10. โรงพยาบาลต่าง ๆ ใช้โคบอลต์-60 ($^{60}_{27}\text{Co}$) ในการฉายรังสียับยั้งเซลล์มะเร็ง เมื่อโคบอลต์-60 แผ่รังสีแล้วกลายเป็น นิกเกิล-60 ($^{60}_{28}\text{Ni}$) ซึ่งจะแผ่รังสีแกมมาต่อไปอีก

ก. จงเขียนสมการนิวเคลียร์แสดงการสลายของโคบอลต์-60

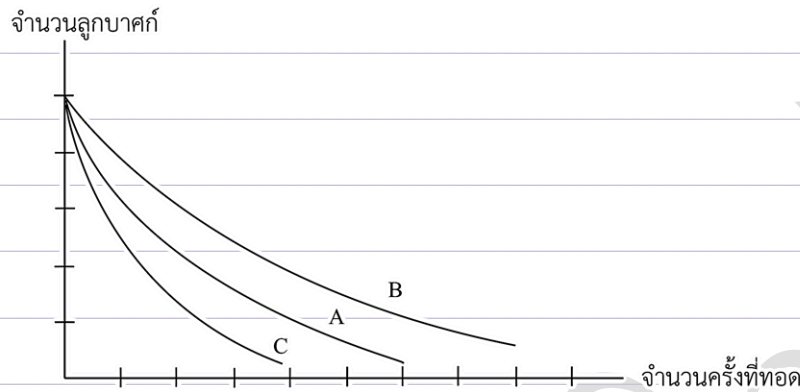
ข. รังสีที่ได้จากการแผ่รังสีของโคบอลต์-60 คือข้อใดและมีคุณสมบัติใด (บีตา)





11. ในกิจกรรมจำลองการสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสีด้วยการทอดลูกบาศก์ โดยใช้ลูกบาศก์ 6 หน้าแต้มสีไว้ 2 หน้า เมื่อเขียนกราฟระหว่างจำนวนลูกบาศก์ที่เหลือกับจำนวนครั้งที่ทอดจะได้เส้นกราฟ A ดังรูป ถ้าลูกบาศก์นั้นถูกแต้มสีไว้เพียงหน้าเดียว เส้นกราฟที่ได้อาจจะเป็นเส้นกราฟใด เพราะเหตุใด

(เส้น B เพราะหน้าแต้มสีลดลง การลดลงของจำนวนจะน้อยลง, เหลือมากขึ้น)



12. ถ้าเปรียบเทียบให้ลูกบาศก์ 6 หน้า เป็นนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี และการหลายหน้าแต้มสีเปรียบได้กับการสลายของนิวเคลียส จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

ก. ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีเปรียบเทียบกับปริมาณใดในลูกบาศก์

ข. ถ้าลูกบาศก์ชุดหนึ่งมีการแต้มสี 2 หน้า ส่วนอีกชุดหนึ่งมีการแต้มสี 3 หน้า ลูกบาศก์ชุดใด มีครึ่งชีวิตมากกว่า เพราะเหตุใด



13. ถ้าเปรียบเทียบให้เหรียญ 1 บาท เป็นนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี และการหยาด้านก้อยเปรียบเทียบกับ
การสลาย จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. ค่าคงตัวการสลายหาได้จากปริมาณใด

ข. ค่าคงตัวการสลาย มีค่าเท่าใด

14. กัมมันตภาพของธาตุกัมมันตรังสี มีความสัมพันธ์กับค่าครึ่งชีวิตอย่างไร

15. พิจารณาปริมาณดังต่อไปนี้

ก. ค่าคงตัวการสลายตัว

ข. จำนวนนิวเคลียสที่มีในขณะนั้น

ค. อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

ข้อใดกล่าวเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีชนิดใดชนิดหนึ่ง

1. ก เท่านั้น

2. ก และ ข

3. ข เท่านั้น

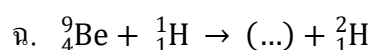
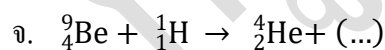
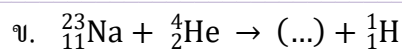
4. ทั้ง ก ข และ ค



16. ข้อใดกล่าวถึงความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยาฟิวชันและปฏิกิริยาฟิชชันได้ถูกต้อง

1. ทั้ง 2 ปฏิกิริยาเป็นการรวมกันของนิวเคลียสธาตุเบา
2. ทั้ง 2 ปฏิกิริยาเป็นการแยกออกจากกันของนิวเคลียสธาตุหนัก
3. ฟิวชันเป็นการรวมกันของนิวเคลียสธาตุเบา และฟิชชันเป็นการแยกออกจากกันของนิวเคลียสธาตุหนัก
4. ฟิวชันเป็นการแยกออกจากกันของนิวเคลียสธาตุหนัก และฟิชชันเป็นการรวมกันของนิวเคลียสธาตุเบา

17. จงพิจารณาสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ ไอโซโทปของธาตุหรืออนุภาค ที่เหมาะสมลงในวงเล็บที่เว้นว่างดังต่อไปนี้ว่าตรงตามข้อใด





18. พลังงานนิวเคลียร์ต่อมวลที่ได้จากฟิวชันระหว่างดิวเทรอนกับทริทอนแตกต่างจากพลังงานนิวเคลียร์ต่อมวลที่ได้จากฟิชชัน-235 อย่างไร (มากกว่าประมาณ 4 เท่า)

19. เหตุใดการทำให้เกิดฟิวชันขึ้นบนโลกจึงยากกว่าฟิชชัน (ต้องเกิดที่อุณหภูมิสูง)

20. ถ้ามนุษย์สามารถควบคุมพลังงานนิวเคลียร์จากฟิวชันให้เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้ จะช่วยแก้ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมได้อย่างไร

21. อาหารที่ผ่านการฉายรังสี มีอันตรายหรือไม่อย่างไร

22. รังสีที่มากเกินไป ทำให้เกิดความเสียหายทางชีวภาพต่อร่างกายมนุษย์อย่างไร

23. ไอโซโทปกัมมันตรังสีที่ฉีดเข้าไปในร่างกายเพื่อการตรวจวินิจฉัยของแพทย์ควรมีสมบัติที่สำคัญตรงตามข้อใดต่อไปนี้



24. ข้อใดต่อไปนี้ ไม่ตรงตามแนวทางการป้องกันอันตรายจากรังสี

25. สัญลักษณ์เตือนภัยรังสีจากทั้ง 2 รูปด้านล่างนี้ แตกต่างกันอย่างใด



26. ข้อใดอธิบายความจำเป็นที่ต้องใช้เครื่องเร่งอนุภาคในการศึกษาอนุภาคมูลฐานโดยใช้แนวคิดทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคของเดอบรอยล์

27. จงพิจารณาอนุภาคใดดังต่อไปนี้

ก. บีตาลบ

ข. คิวเทอรอน

ค. โปรตอน

ง. เลปตอน

จ. มีซอน

ฉ. ดับเบิลยูโบซอน

อนุภาคใดบ้างเป็นอนุภาคมูลฐาน



28. แรงแม่เหล็กเป็นแรงพื้นฐานหรือไม่อย่างไร

29. ในแบบจำลองอะตอมมาตรฐาน อันตรกิริยาระหว่างอนุภาคมูลฐานเกิดขึ้นได้อย่างไร

30. อันตรกิริยาต่อไปนี้เกี่ยวข้องกับอนุภาคสื่อแรงชนิดใด

31. การรักษามะเร็งด้วยวิธีการบำบัดด้วยโปรตอน มีข้อดีตรงตามข้อใดต่อไปนี้

32. ข้อใดกล่าวถึงประโยชน์ที่ได้จากการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาคในด้านต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง



ปัญหาท้ายบทที่ 20 ฟิสิกส์นิวเคลียร์และฟิสิกส์อนุภาค

กำหนดให้

- มวล $1u$ เท่ากับ 1.66×10^{-27} กิโลกรัม
- มวล $1u$ เทียบเท่ากับพลังงาน 931.5 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์
- พลังงาน 1 อิเล็กตรอนโวลต์เท่ากับ 1.6×10^{-19} จูล
- มวลของอะตอมไฮโดรเจนเท่ากับ 1.007825 u
- มวลของโปรตอนเท่ากับ 1.007276 u
- มวลของนิวตรอนเท่ากับ 1.008665 u
- มวลของอิเล็กตรอน 0.000549 u
- ค่าคงตัวอาโวกาโดร N_A มีค่าเท่ากับ 6.023×10^{23} อะตอมต่อโมล
- กัมมันตภาพ 1 คูรี เท่ากับ 3.7×10^{10} เบ็กเคอเรล

1. จงคำนวณส่วนพร่องมวล พลังงานยึดเหนี่ยวและพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน ของนิวเคลียสของธาตุและไอโซโทปต่อไปนี้ (0.042130u, 39.24 MeV, 5.606 MeV/นิวคลีออน)

ก. ลิเทียม-7 (${}^7_3\text{Li}$) มวลอะตอมเท่ากับ 7.016005 u

ข. โพแทสเซียม-39 (${}^{39}_{19}\text{K}$) มวลอะตอมเท่ากับ 38.963710 u

(0.347834u, 324.0 MeV, 8.308 MeV/นิวคลีออน)

ค. แคดเมียม-114 (${}^{114}_{48}\text{Cd}$) มวลอะตอมเท่ากับ 113.903361 u

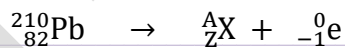
(1.044129u, 972.6 MeV, 8.53 MeV/นิวคลีออน)



2. นิวเคลียสของนิกเกิล-60 ($^{60}_{28}\text{Ni}$) มีพลังงานยึดเหนี่ยว 526.80 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ จงหามวลอะตอมของนิกเกิล-60 (59.930841 u)

3. พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของนิวเคลียสแมกนีเซียม-24 ($^{24}_{12}\text{Mg}$) เท่ากับ 8.26 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ต่อนิวคลีออน จงหาส่วนพร่องของมวลนิวเคลียสของแมกนีเซียม-24 (0.213 u)

4. สมการต่อไปนี้แสดงการสลายตัวของตะกั่ว-210



ก. A และ Z มีค่าเท่าใด (210, 83)

ข. X เป็นนิวเคลียสของธาตุใด (บิสมัท, $^{210}_{83}\text{Bi}$)

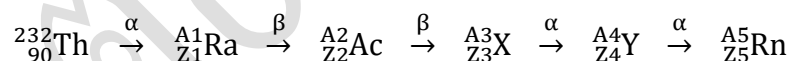


5. ในการสลายตัวของนิวเคลียสยูเรเนียม-238 ($^{238}_{92}\text{U}$) ได้นิวเคลียสสุดท้ายที่เสถียรคือ นิวเคลียสของตะกั่ว ซึ่งการสลายของนิวเคลียสยูเรเนียม-238 นี้จะได้อนุภาคแอลฟา 8 อนุภาค และอนุภาคบีตา 6 อนุภาค จงหาเลขอะตอมและเลขมวลของนิวเคลียสตะกั่วที่ได้จากการสลายของนิวเคลียสยูเรเนียม-238

(เลขมวล = 82, เลขอะตอม = 206)

6. ในอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม-238 ($^{238}_{92}\text{U}$) มีทั้งการสลายให้แอลฟา บีตาและแกมมา จนได้ธาตุสุดท้ายเป็นตะกั่ว-206 ($^{206}_{82}\text{Pb}$) ถ้าในอนุกรมการสลาย พบว่ามีการปล่อยอนุภาคแอลฟาออกมา 8 อนุภาค การสลายนี้จะมีการปล่อยอนุภาคบีตาออกมากี่อนุภาค (6 อนุภาค)

7. สมการการสลายตัวต่อไปนี้ เป็นบางส่วนของอนุกรมการสลายตัวของทอเรียม-232



ก. จงหาค่า A1 ถึง A5 และ Z1 ถึง Z5 (ค่า A = 228, 228, 228, 224, 220

ค่า Z = 88, 89, 90, 88, 86 ตามลำดับ)

ข. จงระบุว่า X และ Y เป็นนิวเคลียสของธาตุใด (X = ทอเรียม = $^{228}_{90}\text{Th}$ และ Y = เรเดียม = $^{224}_{88}\text{Ra}$)



8. ในการทดลองอุปมาอุปไมยการทอดลูกบาศก์กับการสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสี ถ้าลูกบาศก์มี 20 หน้า และมีหน้าที่แต้มสีไว้ 3 หน้า

ก. จงหาโอกาสที่ลูกบาศก์จะหงายหน้าที่แต้มสีไว้ $(\frac{3}{20})$

- ข. ถ้าใช้ลูกบาศก์เดียวกันนี้จำนวน 200 ลูก มาทดลองแล้วคัดลูกบาศก์ที่หงายหน้าแต้มสีออก จงหาจำนวน ครั้งของการทอดที่ทำให้ลูกบาศก์เหลือประมาณ 50 ลูก (9 ครั้ง)

9. ในการทดลองหาค่าครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี โดยใช้เครื่องนับไกเกอร์วัดกัมมันตภาพได้ผลการทดลองดัง ข้อมูลในตาราง

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

ครึ่งชีวิตของกัมมันตภาพรังสีนี้มีค่าประมาณเท่าใด และเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที จะตรวจวัดกัมมันตรังสีได้ประมาณเท่าใด (8 วินาที, 20.5 ต่อวินาที)





10. นำลูกบาศก์ที่มี 10 หน้า โดยแต้มสี 2 หน้า จำนวน 60 ลูก มาทอดแล้วคัดลูกที่หงายหน้าแต้มสีออก จะต้องทอดลูกบาศก์ประมาณกี่ครั้งจึงเหลือลูกบาศก์ประมาณ $\frac{1}{4}$ ของจำนวนลูกบาศก์เริ่มต้น (7 ครั้ง)

11. การฉายสีเพื่อรักษาโรคมะเร็งต้องใช้โคบอลต์-60 ($^{60}_{27}\text{Co}$) ที่มีกัมมันตภาพรังสี 0.1 มิลลิวูรี จงหาผลของโคบอลต์-60 กำหนดครึ่งชีวิตของโคบอลต์-60 เท่ากับ 5.26 ปี (8.78×10^{-8} กรัม)

12. เรดอน-222 ($^{222}_{86}\text{Rn}$) มีครึ่งชีวิต 3.82 วัน ถ้าเริ่มต้นมีเรดอน-222 ปริมาณ 1.0 มิลลิกรัม กัมมันตภาพรังสีของเรดอนมีค่าเท่าใด (5.69×10^{12} เบ็กเคอเรล)



13. ธาตุกัมมันตรังสีปริมาณหนึ่ง เมื่อทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง พบว่าสลายไป เท่ากับปริมาณเดิม $\frac{31}{32}$ จงหาครึ่งชีวิตของ
กัมมันตภาพรังสีนี้ (72 นาที)

14. ธาตุกัมมันตรังสี X มีจำนวนอะตอม 8×10^{13} อะตอม และมีครึ่งชีวิต 10 ปี สลายเป็นธาตุ Y ที่เสถียร หลังจาก
เริ่มสลายไปแล้ว 30 ปี ธาตุ X และ Y จะมีอะตอมเป็นเท่าใด (1×10^{13} และ 7×10^{13} อะตอม)

15. ซีโนน-135 ($^{135}_{54}\text{Xe}$) เป็นกัมมันตภาพรังสีซึ่งมีครึ่งชีวิต 9 ชั่วโมง เมื่อเวลาผ่านไป 10 ชั่วโมง จะเหลือจำนวน
นิวเคลียสของซีโนน-135 เป็นกี่เท่าตัวของจำนวนเริ่มต้น กำหนดให้ $e^{-0.77} = 0.463$ (0.463)





16. วัตถุแก๊สหนึ่งชนิดหนึ่งมีครึ่งชีวิต 10 ชั่วโมง เริ่มต้นมีจำนวนนิวเคลียส N_0 และเมื่อเวลาผ่านไป t นิวเคลียสของวัตถุแก๊สหนึ่งชนิดนี้จะสลายให้นิวเคลียสของธาตุใหม่ ถ้า N เป็นจำนวนนิวเคลียสที่เหลือ

ก. จงหาอัตราส่วนระหว่าง $\frac{N}{N_0}$ เมื่อเวลาผ่านไปเป็น 0, 10, 20, 30 และ 40 ชั่วโมงตามลำดับ

(1, 0.5, 0.25, 0.125)

ข. จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{N}{N_0}$ กับ t เมื่อเวลาผ่านไป 40 ชั่วโมง



ค. จากกราฟที่ได้ในข้อ ข. จงประมาณเวลาที่ทำให้ $\frac{N}{N_0} = 0.40$

(12.5 ชั่วโมง)



17. โพแทสเซียม ($^{44}_{19}\text{K}$) มีครึ่งชีวิต 20 นาที สลายให้แคลเซียม-44 ($^{44}_{20}\text{Ca}$) ซึ่งเป็นไอโซโทปที่เสถียร ถ้ามีโพแทสเซียม-44 ปริมาณ 10 มิลลิกรัม จงหา

ก. มีโพแทสเซียม-44 กี่นิวเคลียส $(1.37 \times 10^{20}$ นิวเคลียส)

ข. เริ่มต้น โพแทสเซียม-44 มีกัมมันตภาพเท่าใด $(7.91 \times 10^{16}$ เบ็กเคอเรล)

ค. เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง โพแทสเซียม-44 มีกัมมันตภาพเท่าใด $(9.72 \times 10^{15}$ เบ็กเคอเรล)

ง. เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง อัตราส่วนระหว่างอะตอมโพแทสเซียม-44 ต่ออะตอมแคลเซียม-44 เป็นเท่าใด $(\frac{1}{7})$



18. ไอโอดีน-125 ($^{125}_{53}\text{I}$) เป็นไอโซโทปที่ใช้มากในทางการแพทย์ มีครึ่งชีวิต 60 วัน และถ้าเริ่มต้นไอโอดีน-125 มีกัมมันตภาพ 4 เมกะเบ็กเคอเรล จะต้องใช้เวลานานเท่าใด เพื่อให้ไอโอดีน-125 สลายไปร้อยละ 75 ของปริมาณเริ่มต้น (120 วัน)

19. ยูเรเนียม-238 ($^{238}_{92}\text{U}$) มวล 1 กิโลกรัม แผ่รังสีแอลฟา โดยมีครึ่งชีวิตเป็น 4.5×10^5 จงหาจำนวนกัมมันตภาพของ ยูเรเนียม-238 นี้ (1.2×10^7 อะตอม/วินาที หรือ เบ็กเคอเรล)

20. ทอเรียม-230 ($^{230}_{90}\text{Th}$) มีมวล 0.1 มิลลิกรัม และกัมมันตภาพ 7.20×10^4 เบ็กเคอเรล ครึ่งชีวิตของทอเรียม-230 มีค่ากี่ปี (8×10^4 ปี)



21. ถ้าแคลเซียม-45 ($^{45}_{20}\text{Ca}$) แผ่รังสีบีตาแล้วกลายเป็นสแกนเดียม-45 ($^{45}_{21}\text{Sc}$) โดยเริ่มต้นแคลเซียม-45 มีกัมมันตภาพ 20 มิลลิวูรี เมื่อเวลาผ่านไป 100 วัน จะมีกัมมันตภาพเหลือ 13.14 มิลลิวูรี จงหาครึ่งชีวิตของแคลเซียม-45 กำหนดให้ $\ln 0.657$ มีค่าเท่ากับ -0.41 (165 วัน)

22. ทองคำ-198 ($^{198}_{79}\text{Au}$) มีครึ่งชีวิต 2.7 วัน และมีกัมมันตภาพรังสีเริ่มต้น 50 ไมโครคูรี จงหาจำนวนนิวเคลียสของทองคำ-198 ที่สลายไปในช่วงเวลา 10 ถึง 15 ชั่วโมง (2.9×10^{11} นิวเคลียส)

23. เรเดียม-224 ($^{224}_{88}\text{Ra}$) มีครึ่งชีวิต 3.5 วัน และมีอัตราการสลาย 2.4×10^2 เบ็กเคอเรล เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน เรเดียม-224 มีกัมมันตภาพเท่าใดในหน่วยไมโครคูรี (1.0×10^{-4} ไมโครคูรี)





24. คาร์บอน-14 ($^{14}_6\text{C}$) มีครึ่งชีวิต 5730 ปี ถ้าเริ่มต้นมีคาร์บอน-14 จำนวน 2.00 ไมโครกรัม ขณะนั้นกัมมันตภาพของคาร์บอนมีค่าเท่าใด (3.29×10^5 เบ็กเคอเรล)

25. ธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งมีครึ่งชีวิต 80 ปี จะใช้เวลานานเท่าใด กัมมันตรังสีจึงลดลงเหลือร้อยละ 25 ของปริมาณเริ่มต้น (160 ปี)

26. จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ $^4_2\text{He} + ^9_4\text{Be} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + X$ จงหาว่า X คืออะไร (นิวตรอน, ^1_0n)



27. จากสมการนิวเคลียร์ ${}_{16}^{33}\text{S} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{15}^{33}\text{P} + {}_1^1\text{H}$ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ให้พลังงาน 0.533 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ ถ้ามวลอะตอมของ ${}_{16}^{33}\text{S}$ มีค่า 32.97146 u มวลอะตอมของ ${}_{15}^{33}\text{P}$ มีค่าเท่าใด (32.97173 u)

28. ในการทดลองระเบิดนิวเคลียร์โคไซยูเรเนียม-235 ทำให้เกิดฟิชชัน ได้พลังงานทั้งสิ้น 9.0×10^{12} จูล พลังงานจำนวนนี้เกิดจากส่วนพร่องมวลเท่าใด (0.1 กรัม)

29. ระเบิดทีเอ็นที 1 ตัน เมื่อเกิดการระเบิดจะปล่อยพลังงานประมาณ 4.0 จิกะจูล ถ้าระเบิดปรมาณูที่ทิ้งที่ ฮิโรชิมา ได้จากฟิชชันของยูเรเนียม-235 ซึ่งปล่อยพลังงานเทียบได้กับระเบิดทีเอ็นที 2.0×10^4 ตัน จงคำนวณหามวลของยูเรเนียม-235 ที่เปลี่ยนไปเป็นพลังงาน กำหนดให้การเกิดฟิชชัน 1 ครั้งของยูเรเนียม-235 ปลดปล่อยพลังงาน 173.20 MeV (1.1 กิโลกรัม)





30. ในการเกิดฟิชชันแต่ละครั้งของนิวเคลียสแกมมันตรังสีชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ พบว่าส่วนพร่องมวลมีค่า 0.025 u จะต้องเกิดฟิชชันกี่ครั้งต่อวินาที จึงจะได้กำลัง 1000 วัตต์ (2.7×10^{14} ครั้งต่อวินาที)

31. จงหาพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ตามสมการ



กำหนดมวลอะตอมของเบริลเลียม-9 (${}^9_4\text{Be}$) เท่ากับ 9.012183 u และมวลอะตอมของเบริลเลียม-10 เท่ากับ 10.013535 u (4.59 MeV)

32. จงคำนวณพลังงานที่ได้ เมื่อคิวเทอเรียมมวล 1 กิโลกรัม เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ตามสมการ

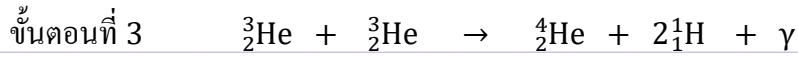
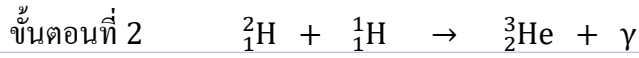
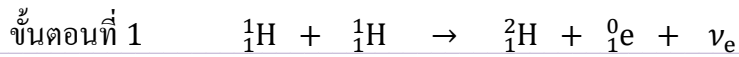


กำหนด มวลของคิวเทอเรียม (${}^2_1\text{H}$) เท่ากับ 2.014102 u

มวลของฮีเลียม (${}^4_2\text{He}$) เท่ากับ 4.002604u (5.7×10^{14} จูล)



33. ฟิวชันในดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ส่วนมาก เกิดจากการรวมกันของไฮโดรเจนเป็นฮีเลียม มีขั้นตอนดังนี้



จงหา

ก. พลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ 1 (0.930 MeV)

ข. พลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ 2 (5.49 MeV)

ค. พลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ 3 (12.86 MeV)

ง. พลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาการรวมกันของไฮโดรเจนเป็นฮีเลียม (25.7 MeV)





34. ในโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหิน ต้องเผาถ่านหิน 1 ตัน จึงจะให้ความร้อน 3.20×10^{10} จูล สำหรับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แห่งหนึ่ง ความร้อนมาจากฟิชชันของยูเรเนียม-235 ซึ่งการเกิดฟิชชันแต่ละครั้งจะให้ความร้อน 200 เมกะอิเล็กตรอน โวลต์ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แห่งนี้ต้องมียูเรเนียม-235 ที่เกิดฟิชชันเป็นมวลเท่าใดในหน่วยกรัม จึงจะทำให้เกิดความร้อนเท่ากับใช้ถ่านหินจำนวน 1 ตัน (0.390 กรัม)

35. โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ขนาดเล็กแห่งหนึ่งผลิตไฟฟ้าได้ 10 เมกะวัตต์ โดยใช้พลังงานจากฟิชชันของพลูโทเนียม-239 ถ้าพลังงานจากฟิชชันแต่ละครั้งมีค่า 3.3×10^{-11} จูล และถ้าเพียง 1 ใน 5 ของพลังงานที่ได้จากฟิชชันเท่านั้นที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ในแต่ละวันจะต้องมีพลูโทเนียม-239 เกิดฟิชชันกี่กรัม (53.6 กรัม)

36. ในอาคารใหญ่ๆ มักจะติดตั้งเครื่องตรวจจับควันไฟที่เพดานห้องเพื่อระวังป้องกันอัคคีภัย ถ้าอาคารแห่งหนึ่งใช้เครื่องตรวจจับควันไฟแบบที่ใช้ธาตุกัมมันตรังสีอะเมริเซียม-241 ($^{241}_{95}\text{Am}$) ที่แผ่รังสีแอลฟา

ก. จงเขียนสมการการแผ่รังสีแอลฟาของอะเมริเซียม-241

ข. จงอธิบายเหตุผลที่เครื่องตรวจจับควันไฟใช้ธาตุกัมมันตรังสีแอลฟา



37. ฟิวชันในดวงอาทิตย์เปลี่ยนไฮโดรเจนจำนวนมากให้เป็นพลังงานแผ่ออกมาทุก ๆ วินาที ถ้าแต่ละวินาที พลังงานที่แผ่ออกมาเท่ากับ 3.90×10^{26} จูล มวลของดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงอย่างไร ด้วยอัตราเท่าใด

(ลดลงในอัตรา 4.3×10^8 กิโลกรัม/วินาที)

38. จงหาพลังงานที่เกิดจากการประลัยของคู่อนุภาคกับปฏิยานุภาคต่อไปนี้ โดยไม่พิจารณาพลังงานจลน์เริ่มต้น

ก. อิเล็กตรอนกับโพสิตรอน (1 MeV)

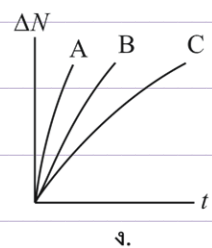
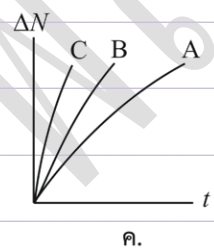
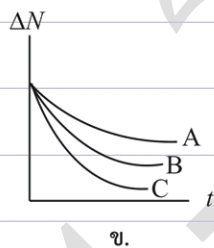
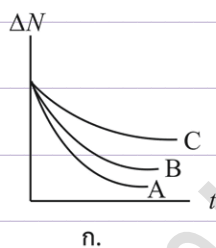
ข. โปรตอนกับแอนติโปรตอน (1.9 GeV)

39. ถ้าธาตุ X มีจำนวนอะตอมเป็น 2 เท่าของธาตุ Y แต่มีกัมมันตภาพเป็น 3 เท่า ของธาตุ Y ครึ่งชีวิตของธาตุ X จะเป็นกี่เท่าของธาตุ Y ($\frac{2}{3}$)



40. ธาตุกัมมันตรังสี A มีครึ่งชีวิต 12 ชั่วโมง แผลรังสีแล้วกลายเป็นธาตุกัมมันตรังสี B ซึ่งมีครึ่งชีวิต 20 ชั่วโมง จากนั้นกัมมันตภาพรังสี B แผลรังสีต่อแล้วกลายเป็นธาตุ C ที่เสถียร ในขณะที่กัมมันตภาพรังสี B คงตัว อัตราส่วนระหว่างจำนวนนิวเคลียสของธาตุ A และ B เป็นเท่าใด $(\frac{3}{5})$

41. ถ้ามีกัมมันตภาพรังสี 3 ชนิด ได้แก่ A B และ C โดยครึ่งชีวิตของ A มากกว่าครึ่งชีวิตของ B และครึ่งชีวิตของ B มากกว่าครึ่งชีวิตของ C ถ้าเวลาเริ่มต้น ธาตุทั้ง 3 มีจำนวนนิวเคลียสเท่ากัน กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนิวเคลียสที่สลายไป (ΔN) กับเวลา (t) คือข้อ (ก)



42. ในอนุกรมการสลายตัวของเรดอน-222 ($^{222}_{86}\text{Rn}$) มีทั้งการสลายให้แอลฟาและสลายให้บีตา จนได้บิสมัท-214 ($^{214}_{83}\text{Bi}$) ในอนุกรมการสลายนี้ มีการปล่อยอนุภาคแอลฟาและอนุภาคบีตาออกมาอย่างละกี่อนุภาค (แอลฟา 2 อนุภาค, บีตา 1 อนุภาค)



43. ถ้าให้อนุภาคแอลฟา (${}^4_2\text{He}$) มวล 4.002603 u และประจุ $+2e$ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.5×10^7 เมตร/วินาที ไปยังศูนย์กลางนิวเคลียสของโฮโลเนียม-165 (${}^{165}_{87}\text{Ho}$) ซึ่งถูกตรึงไว้ จงหาระยะที่อนุภาคแอลฟาเข้าใกล้นิวเคลียสของโฮโลเนียม-165 ได้มากที่สุด $(4.1 \times 10^{-14} \text{ เมตร})$

44. ธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งแผ่รังสีแอลฟาโดยมีกัมมันตภาพ 3.2×10^{19} เบ็กเคอเรล ถ้าอนุภาคแอลฟาแต่ละอนุภาคมีพลังงานเฉลี่ย 5.2 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ และอนุภาคแอลฟาจากธาตุนี้นั้นชนแผ่นอะลูมิเนียมบางซึ่งมีมวล 2×10^{-4} กิโลกรัม ซึ่งสามารถกั้นรังสีแอลฟาได้หมด

ก. จงหาพลังงานในหน่วยจูล ที่แผ่นอะลูมิเนียมดูดกลืนไว้ในแต่ละวินาทีในหน่วยจูล $(2.66 \times 10^{-3} \text{ จูล})$

- ข. หากพลังงานที่แผ่นอะลูมิเนียมได้รับ เปลี่ยนเป็นความร้อนเมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที แผ่นอะลูมิเนียมจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นกี่องศาเซลเซียส กำหนดให้ ความร้อนจำเพาะของอะลูมิเนียม 900 จูลต่อกิโลกรัม·เคลวิน $(0.9 \text{ องศาเซลเซียส})$



45. ในการสลายของธาตุกัมมันตรังสี เมื่อเวลาผ่านไป $t = nT_{1/2}$ จงแสดงให้เห็นว่า $A = \frac{A_0}{2^n}$ และ $m = \frac{m_0}{2^n}$ โดยที่ A_0 คือ กัมมันตรังสีเริ่มต้น และ m_0 คือ มวลเริ่มต้น

46. ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เมื่อให้นิวตรอนไปชนกับนิวเคลียสของยูเรเนียม-235 ($^{235}_{92}\text{U}$) แล้วเกิดฟิชชัน จะมีพลังงานถูกปล่อยออกมา 200 เมกะอิเล็กตรอนต่อครั้ง ถ้าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์นี้มีกำลัง 800 เมกะวัตต์ และมีประสิทธิภาพร้อยละ 25 เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องนี้สามารถทำให้ยูเรเนียม-235 เกิดฟิชชันได้กี่ครั้งต่อวัน (8.64×10^{24} ครั้งต่อวัน)



47. ในการให้นิวตรอนไปชนนิวเคลียสของยูเรเนียม-235 ($^{235}_{92}\text{U}$) จะทำให้ได้นิวเคลียสของยูเรเนียม-236 ($^{236}_{92}\text{U}$) ในสถานะถูกกระตุ้น ดังสมการ $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow ^{236}_{92}\text{U}^*$

จากนั้น นิวเคลียสของยูเรเนียม-236 จะเกิดฟิชชัน ทำให้ได้นิวเคลียสลูกคือ โมลิบดีนัม-98 ($^{98}_{42}\text{Mo}$) และ ซีโนน-136 ($^{136}_{54}\text{Xe}$) พร้อมทั้งมีนิวตรอนถูกปล่อยออกมา 2 อนุภาค และมีบีตา 4 อนุภาค

กำหนดให้ มวลของยูเรเนียม-235 เท่ากับ 235.043925 u

มวลของโมลิบดีนัม-98 เท่ากับ 97.905404 u

มวลของซีโนน-136 เท่ากับ 135.907220 u (207.4 MeV)

จงคำนวณหาพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาจากฟิชชันของยูเรเนียม-235 โดยไม่คิดพลังงานของอนุภาคบีตา

