



วิชาฟิสิกส์ ว(40206)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



เรื่อง

ปฏิกิริยาฟิชชัน



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



ฟิชชัน (Fission)

ฟิชชัน เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ของธาตุหนักที่แตกตัวออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งจะได้ธาตุใหม่ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และมีค่า B.E./A เพิ่มขึ้น ซึ่ง B.E. หลังปฏิกิริยาจะมากกว่า ก่อนปฏิกิริยาจึงปล่อยพลังงาน



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



การศึกษาปฏิกิริยาฟิชชันเริ่มจากการที่
รทเทอร์ฟอร์ดพบปฏิกิริยานิวเคลียร์
ในปี พ.ศ. 2477 เฟอร์มี พบว่าการยิง
นิวตรอนไปยังยูเรเนียมนั้นทำให้ได้ธาตุ
กัมมันตรังสีขึ้นมาหลายธาตุ



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



ฮาห์นและสตราสมานน์ สามารถตรวจสอบว่าธาตุใหม่คือ แบเรียม-139 มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 86 นาที และยังพบว่า ธาตุแลนทานัม-140 ครึ่งชีวิต 40 ชั่วโมงขึ้นด้วย และยังพบว่ายูเรเนียมแตกตัวเป็นสองส่วนได้นิวเคลียสที่มีเลขมวลระหว่าง 90-100 เลขอะตอมประมาณ 35



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



ไมเนอร์และฟริช อธิบายว่า เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชัน การยิงนิวตรอนไปยังยูเรเนียมยังทำให้ได้ธาตุที่หนักกว่ายูเรเนียม เช่น ธาตุพลูโตเนียม เนปทูนีียม เป็นต้น



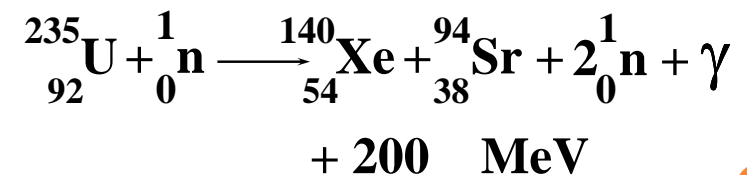
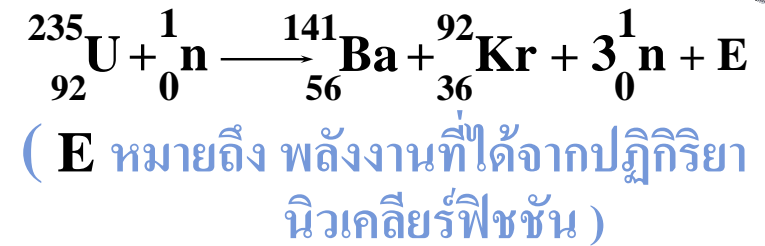
ครูภิรมย์ มีชำนาญ



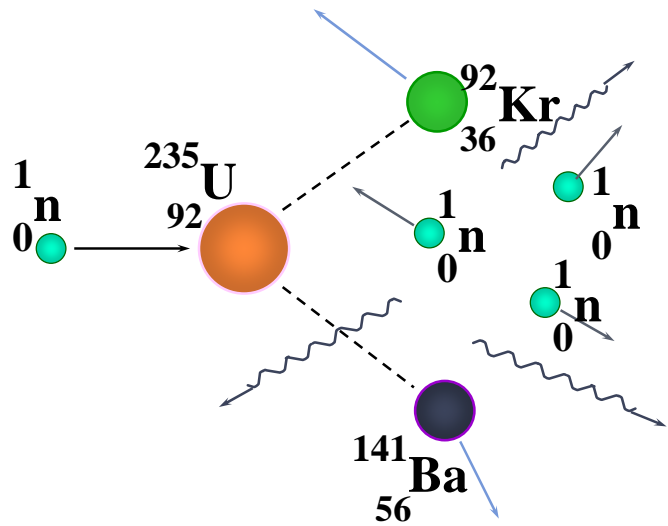
นิวเคลียสที่ได้จากฟิชชันของยูเรเนียมเป็นไปได้มากกว่า 40 คู่ มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 30-63 มีเลขมวล 72-158 ฟิชชันของยูเรเนียมทุกครั้งที่แตกตัวยังทำให้ได้นิวตรอนพลังงานสูงโดยเฉลี่ยประมาณครั้งละ 2 ถึง 3 ตัว



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



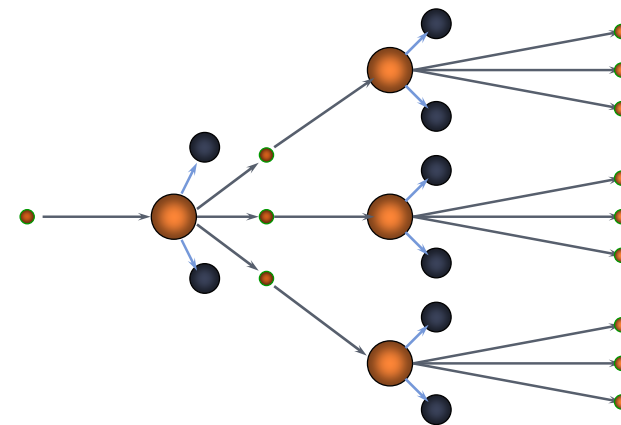
ครูภิรมย์ มีชำนาญ



เมื่อลดพลังงานนิวตรอนที่เกิดจากฟิชชันให้พอเหมาะ คือ ประมาณ 1 eV สำหรับ U-235 หรือ 1 MeV สำหรับ U-238 แล้ววิ่งไปชนนิวเคลียสยูเรเนียมที่อยู่ใกล้ทำให้เกิดฟิชชันต่อไปอีกเรื่อยๆ มีผลให้เกิดการแตกตัวอย่างต่อเนื่อง เรียกว่า **ปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction)**



เฟร์มี เป็นคนแรกที่สามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ให้สม่ำเสมอได้ โดยควบคุมจำนวนนิวตรอน ที่จะทำให้เกิดฟิชชัน เครื่องมือที่ใช้ผลิตพลังงานนิวเคลียร์สามารถควบคุมอัตราการเกิดฟิชชันและปฏิกิริยาลูกโซ่ เรียกว่า **เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (nuclear reactor)**





จำนวนนิวตรอนที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 3^n โดย n คือ จำนวนครั้งที่ชน บางปฏิกิริยาฟิชชันที่ได้นิวตรอน 2 ตัว จะได้จำนวนนิวตรอนเท่ากับ 2^n

ในปฏิกิริยาฟิชชันของยูเรเนียม พบว่าการแตกตัวของยูเรเนียม 1 นิวเคลียส จะมีพลังงานเกิดขึ้นประมาณ 200 MeV



การควบคุมปฏิกิริยาฟิชชันให้ เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่จะต้องลดความเร็วของนิวตรอนที่เกิดจากปฏิกิริยาด้วยตัว **มอดเรเตอร์ (moderator)** เช่น น้ำ เป็นต้น



ฟิวชัน Fusion

ฟิวชัน เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดจากการหลอมรวมกันของนิวเคลียสของธาตุเบา 2 ธาตุ เป็นนิวเคลียสของธาตุที่ใหญ่ขึ้น พลังงานยึดเหนี่ยวมีค่าสูงชัน และปล่อยพลังงานนิวเคลียร์ออกมา



ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่เบาที่สุดจึงเชื่อว่าบนดาวฤกษ์ และดวงอาทิตย์จะมีฟิวชันของไฮโดรเจน ซึ่งพบว่าบนดวงอาทิตย์ประกอบด้วยไฮโดรเจนและฮีเลียมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมวลรวมกันจะเป็น 99% ของมวลดวงอาทิตย์ และไฮโดรเจนมีมวลประมาณ 2 เท่าของฮีเลียม

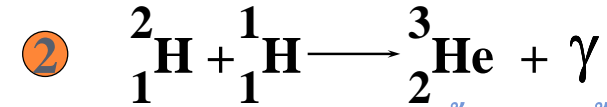
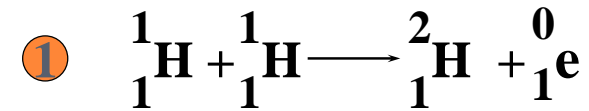




เนื่องจากดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงมาก
ประมาณ 10^7 เคลวิน จึงทำให้ไฮโดรเจน
แตกตัวเป็นโปรตอน แล้วหลอมรวมกัน
ได้ฮีเลียมกับอนุภาคที่มีมวลเท่ากับอิเล็ก
ตรอนแต่มีประจุไฟฟ้าเป็น $+e$ เรียกว่า
โพซิตรอน (β^+) ปฏิกิริยาฟิวชันนี้จะ
ให้พลังงานออกมา 26 MeV



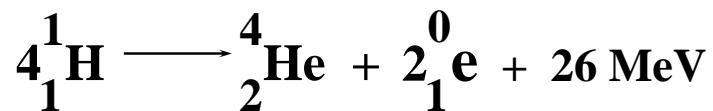
ปฏิกิริยาฟิวชันบนดวงอาทิตย์



ปฏิกิริยา 1 และ 2 จะเกิดขึ้นสองครั้ง
จึงได้ β^+ และ ${}_2^3\text{He}$ อย่างละ 2 อนุภาค
และ γ โดยใช้โปรตอน 6 อนุภาค



จากปฏิกิริยาฟิวชันทั้งสามขั้นตอนอาจ
เขียนสรุปสมการเป็น

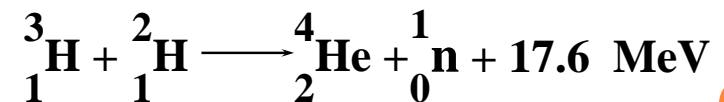
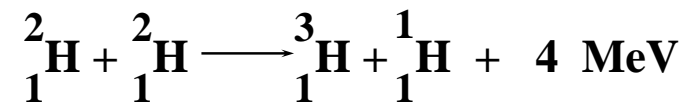


พลังงาน 26 MeV เกิดจากมวลที่หายไป
จึงทำให้มวลของดวงอาทิตย์ลดลง



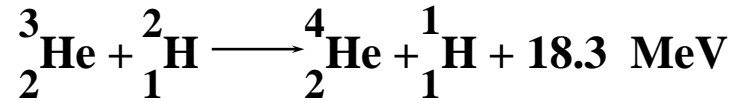
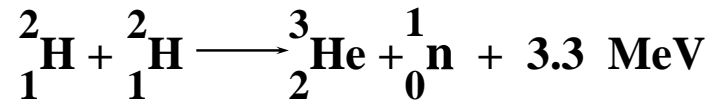
ฟิวชันของไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นในห้อง
ปฏิบัติการ เช่น การหลอมรวมกันของ
ดิวเทอรอนแล้วได้ฮีเลียม

กรณีที่ $\textcircled{1}$





กรณีศึกษา ②



ปฏิกิริยาทั้งสองมีโอกาสเท่าๆกันโดยใช้

${}^2_1\text{H}$ 6 ตัว ได้ ${}^4_2\text{He}$, ${}^1_1\text{H}$, ${}^1_0\text{n}$ และปล่อยพลังงานออกมา 21.6 MeV



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



กรณีที่ 1 ดิวเทอรอน 2 ตัว ได้
ทริตรอน (${}^3_1\text{H}$ คือ นิวเคลียสของ
ธาตุทริเทียม) ในกรณีที่ 2 ได้ ${}^3_2\text{He}$
เมื่อดิวเทอรอนวิ่งชน ${}^3_1\text{H}$ หรือชน
 ${}^3_2\text{He}$ จะได้ ${}^4_2\text{He}$



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



พลังงานที่ได้จากการที่ดิวเทอรอนรวม
เป็นฮีเลียม คือ 21.6 MeV ถ้าคำนวณ
จากดิวเทอเรียม 1 kg จะให้พลังงานถึง
 $3.45 \times 10^{14} \text{ J}$

ในน้ำ 1 ลิตร มีดิวเทอเรียม $\frac{1}{32} \text{ g}$ ซึ่ง
จะให้พลังงานถึง $7.5 \times 10^9 \text{ J}$ พลังงาน
นี้เทียบได้กับน้ำมันเชื้อเพลิง 200 ลิตร



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



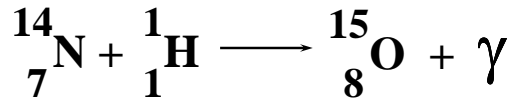
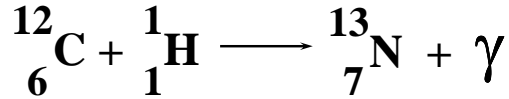
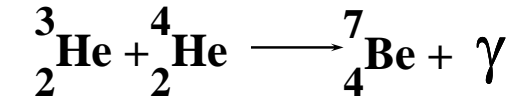
ดิวเทอเรียมมีอยู่ประมาณ 10^{17} kg ซึ่ง
ให้พลังงานจากฟิวชัน 10^{32} กิโลวัตต์-ปี
และสามารถใช้ได้นานมาก ปัจจุบันนี้
สามารถแยกดิวเทอรอนออกมาได้ง่าย มี
ค่าใช้จ่ายประมาณ 25 สตางค์ต่อน้ำ 1
ลิตร แต่ยังมีปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการ
ผลิตพลังงานจากฟิวชัน



ครูภิรมย์ มีชำนาญ

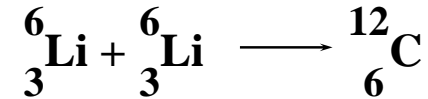


ตัวอย่างปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน



โจทย์ปฏิกิริยานิวเคลียร์

1. จากปฏิกิริยาฟิวชันต่อไปนี้ จะได้พลังงานเท่าไร

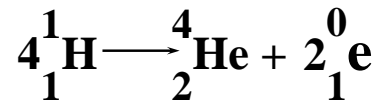


ให้มวลของ ${}^6_3\text{Li} = 6.01516 \text{ u}$

ให้มวลของ ${}^{12}_6\text{C} = 6.01516 \text{ u}$



2. จากปฏิกิริยาฟิวชัน



ถ้า มวลของ ${}^1_1\text{H} = 1.00782 \text{ u}$

มวลของ ${}^4_2\text{He} = 4.00290 \text{ u}$

ถ้า มวลของ ${}^0_1\text{e} = 0.00055 \text{ u}$



3. ถ้า ${}^{13}_6\text{C}$ เกิดจากการนำนิวตรอน 1 ตัว

มารวมกับ ${}^{12}_6\text{C}$ จงหาพลังงานยึด

เหนี่ยวของนิวตรอน เมื่อ

มวลอะตอม ${}^{12}_6\text{C} = 12.000 \text{ u}$

มวลอะตอม ${}^{13}_6\text{C} = 13.003354 \text{ u}$

มวลอะตอม ${}^1_0\text{n} = 1.0086650 \text{ u}$



4. เมื่อนิวเคลียสของ U-235 เกิดฟิชชัน จะให้พลังงาน 200 MeV จงคำนวณหาว่า จะต้องเกิดฟิชชันกี่ครั้ง/วินาทีจึงจะทำให้ได้กำลัง 10 เมกะวัตต์



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



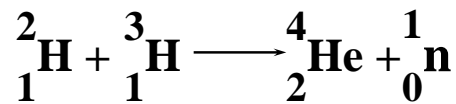
5. ปฏิกิริยาฟิวชันบนดวงอาทิตย์เปลี่ยนไฮโดรเจนเป็นพลังงานของรังสี ถ้าในแต่ละวินาทีจะมีพลังงานจากดวงอาทิตย์ 3.9×10^{26} j จงคำนวณว่ามวลของดวงอาทิตย์จะลดลงด้วยอัตราเร็วกี่กิโลกรัมต่อวินาที



ครูภิรมย์ มีชำนาญ



6. จงหาพลังงานจากปฏิกิริยาฟิวชัน



เมื่อ มวลของ ${}^2_1\text{H} = 2.01412 \text{ u}$

มวลของ ${}^3_1\text{H} = 3.016049 \text{ u}$

มวลของ ${}^4_2\text{He} = 4.002603 \text{ u}$

มวลของ ${}^1_0\text{n} = 1.008665 \text{ u}$



ครูภิรมย์ มีชำนาญ