ชื่อ-นามสกุล.....รหัสนักศึกษา.....วันที่.....

Worksheet 3/2554	เรื่อง : นิวเคลียร์ฟิสิกส์เบื้องต้น	วิชา PHYS 3408 ฟิสิกส์แผนใหม่

1. โครงสร้างและคุณสมบัติของนิวเคลียส

1.1 นิวเคลียสประกอบด้วย โปรตอน และ นิวตรอน เรียกรวมว่า นิวคลีออน (Nucleon) or นิวไคลด์ (Nuclei)

1.2 แรงที่ทำให้นิวคลีออนถูกยึดเข้าด้วยกัน คือ แรงนิวเคลียร์

1.3 เมื่อนิวตรอนกับโปรตอนรวมกันเป็นนิวเคลียสจะพบว่ามีมวลส่วนหนึ่งที่หายไปเรียกว่า มวลพร่อง (mass defect) โดยมวลที่หายไปนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่ใช้ในการยึดนิวคลีออนให้มารวมกันเรียกว่า พลังงานยึดเหนี่ยว (Binding Energy)

1.4 $^{65}_{30}Zn$ มีเลขอะตอมเท่ากับ 30 เลขมวลเท่ากับ 65 มีจำนวนโปรตอน 30 ตัว มีนิวตรอน 35 ตัว และมีอิเล็กตรอน 30 ตัว

2. กัมมนตภาพรังสี

2.1 สารกัมมันตรังสี คือ สารที่มีคุณสมบัติในการแผ่รังสีออกมาได้เอง เนื่องจากสภาพไม่มั่นเสถียรของนิวเคลียส

2.2 กัมมันตภาพรังสี มี 3 ชนิด ได้แก่ รังสีแอลฟา (α) รังสีเบตา (β) รังสีแกมมา (γ)

ชนิดที่มีมวลมากที่สุด คือ รังสีแอลฟา (α) ชนิดที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ รังสีแกมมา (γ)

ชนิดที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก คือ รังสีแอลฟา (α) หรือ เบตาบวก (β^+) ชนิดที่มีประจุไฟฟาเป็นลบ คือ รังสีเบตาลบ (β^-)

ชนิดที่ไม่เบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก คือ รังสีแกมมา (γ)

ชนิดที่มีความสามารถทะลุทะลวงมากที่สุด คือ รังสีแกมมา (γ)

2.3 อัตราการสลายตัว คือ อัตราการลดลงของจำนวนนิวคลีออนต่อเวลา เขียนความสัมพันธ์ได้ว่า $\boxed{R = -\frac{dN}{dt} = \lambda N}$ เมื่อ λ คือ ค่าคงที่ของการสลายตัว มีหน่วยเป็น ต่อเวลา (s^{-1})

อัตราการสลายตัวมีหน่วยเป็น Bq

* N คือ จำนวนนิวคลีออน (หรือนิวเคลียส) ที่เหลือ เมื่อเวลาผ่านไป t

2.4 ค่าครึ่งชีวิต คือ ช่วงเวลาที่ธาตุกัมมันตรังสีสลายไปเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณที่มีอยู่เดิม

---

3. จงคำนวณหาพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของ $^{238}_{92}U$ ซึ่งมีมวลอะตอมเท่ากับ 238.05079 u

Sol: นิวเคลียสของ $^{238}_{92}U$ ประกอบด้วย โปรตอน 92 ตัว และ นิวตรอน 146 ตัว

$146\ {}^{1}_{0}n = 146(1.008665\ u) = 147.26509\ u$

$92\ {}^{1}_{1}H = 92(1.007825\ u) = 92.7199\ u$

ดังนั้น $146\ {}^{1}_{0}n + 92\ {}^{1}_{1}H = 239.98499\ u$

แต่มวลของ $^{238}_{92}U = 238.05079\ u$

มวลพร่อง (Δm) ; $= 239.98499\ u - 238.05079\ u = 1.9342\ u$

พลังงานยึดเหนี่ยว ; $\boxed{BE = \Delta m \times 931.5\ MeV/u} = (1.9342\ u) \times (931.5\ MeV/u)$

$= 1801.2073\ MeV$

$\therefore$ พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน $= \frac{1801.2073\ MeV}{238\ nucleons} = 7.5702\ MeV$ *

พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนของ $^{238}_{92}U$ เท่ากับ 7.5702 หน่วย MeV

---

4. โคบอลต์-60 (^{60}Co) ที่นิยมใช้เป็นแหล่งรังสีในทางการแพทย์ มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 5.25 ปี จงคำนวณหา

a) ค่าคงที่การสลายตัวของสารกัมมันตภาพรังสีนี้

b) ต้องใช้เวลาเท่าใดที่ปริมาณของมันจึงจะลดลงหนึ่งในสามของปริมาณเริ่มต้น

Soln. a) $T_{1/2} = 5.25$ yrs.

$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{5.25\ \text{yrs}} = 0.132\ \text{yrs}^{-1}$

$\therefore \lambda = 0.132\ \text{yrs}^{-1}$ ✱

b) $N = \frac{N_0}{3}$

$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N_0}{3} = N_0 e^{-\lambda t}$

$\ln\left(\frac{1}{3}\right) = -\lambda t$

$t = -\frac{\ln\left(\frac{1}{3}\right)}{\lambda} = \frac{-(-1.0986)}{0.132\ \text{yrs}^{-1}}$

$= 8.3228$ yrs. ✱

ค่าคงที่การสลายตัวของสารกัมมันตภาพรังสี (^{60}Co) เท่ากับ 0.132 หน่วย yrs^{-1}

เวลาที่ปริมาณของ ^{60}Co ลดลงหนึ่งในสามของปริมาณเริ่มต้นเท่ากับ 8.3228 หน่วย yrs.

---

5. ${}_1^2H + {}_1^2H \rightarrow {}_2^3He + {}_0^1n$ ปฏิกิริยานี้ ดูด หรือ คายพลังงานเท่าใด

กำหนดให้ ${}_1^2H = 2.141040u$ ${}_2^3He = 3.016029u$ ${}_0^1n = 1.008665u$

Soln. มวลรวมก่อนเกิดปฏิกิริยา ; $2.141040\ u + 2.141040\ u = 4.282080\ u$

มวลรวมหลังเกิดปฏิกิริยา ; $3.016029\ u + 1.008665\ u = 4.024694\ u$

$\therefore$ มวลรวมก่อนเกิดปฏิกิริยา > มวลรวมหลังเกิดปฏิกิริยา $\Rightarrow$ ปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermal Reaction)

พลังงานความร้อนที่คายออกมา $Q = \Delta m \times 931.5\ \text{MeV}/u$

$\Delta m = 4.282080u - 4.024694\ u = 0.257386\ u$

$Q = (0.257386\ u) \times 931.5\ \text{MeV}/u$

$= 239.755$ MeV

*ให้ดูข้อมูลนี้ ${}_1^2H = 2.014102\ u$

ปฏิกิริยานี้ คาย พลังงานเท่ากับ 239.755 MeV