الفصل الرابع عشر: الفيزياء النووية Nuclear Physics

يرمز للنواة عادة بالآتي: $^{A}_{Z}X$

X رمز العنصر. وتتكون النواة من نيوكلونات أي بروتونات ونيترونات.

Z العدد الذري atomic number وهو عدد البروتوناتZفي نواة ذرة العنصر

A العدد الكتلي mass number وهو عدد البروتونات + عدد النيترونات N: $A = N + Z$

النظائر Isotopes

هي النوى التي لها نفس Z ولكن تختلف في N من نواة إلى أخرى.

النظائر لنفس العنصر لها نفس الخواص الكيميائية لأن لها نفس العدد من الإلكترونات ونفس التركيب الذري. ولكن قد لايكون لها نفس الخواص النووية.

كتلة النواةMassof the Nucleus

كتلة المادة تتركز في أنوية ذراتها، أي أن كتلة الذرة تساوي تقريبا كتلة نواتها.

وحدة الكتلة الذرية atomic mass unit (u): وحدة لتحديد الكتل الذرية للعناصر بدلا من الكيلوجرام وتساوي1/12 من كتلة ذرة الكربون 12 أي أن:

$1u = 1.660566 \times 10^{-27}$ kg

$E = mc^2 = (1.660566 \times 10^{-27})(3 \times 10^8)^2 = 0.149 \times 10^{-9}$ Joule = 931.5 MeV

Therefore: 1u = 931.5 MeV

كتلة البروتون على سبيل المثال تساوي:

$m_p = 1.672648 \times 10^{-27}$ kg

$= 1.007276$ u $= 938.28$ MeV

حجم النواة Volume of Nucleus

نصف قطر النواة أصغر بمراحل من نصف قطر الذرة، ويعتمد على العدد الكتلي A ويساوي:

$$r = r_o \sqrt[3]{A}$$

حيث r_o ثابت التناسب ويساوي 1.2×10^{-15} m

إذا حجم النواة (باعتبار أنها كروية) يتناسب مع العدد الكتلي كما في العلاقة:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi r_o^3 A$$

كتلة النواة (وهي نفس كتلة ذرتها الأم تقريبا) تساوي:

$$M = A \times 1.660566 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

أما كثافة النواة **فهي ثابتة لجميع النوى** و تساوي:

$$\rho = \frac{M}{V} = 2.3 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

الطاقة الرابطة النووية Nuclear Binding Energy (B.E)

تتغلب القوى النووية على قوة التنافر الكهربية (القوة الكولومية) بين البروتونات، مما يجعل النيوكلونات ملتحمة داخلة النواة وتبقى النواة مستقرة. كتلة النواة كاملة أقل من كتلة مكوناتها مجتمعة، مثلا:

$$M(^{12}_{6}C) = 11.996706u$$

whereas

$$6\times m_p + 6\times m_n = 12.09564u$$

فالفرق في الكتلة:

$$\Delta m = 12.09564 - 11.996706 = 0.09894u$$

من علاقة إينشتاين تُحسب الطاقة المكافئة لهذا الفرق في الكتلة:

$$E = \Delta mc^2 = 0.09894 x 931.5 = 92.2\,MeV$$

وهي الطاقة الرابطة B.E للنيوكلونات مع بعضها البعض

معادلة الطاقة الرابطة تكتب على الصيغة:

$$B.E = \left[\left(Zm_H + Nm_n - M(^{A}_{z}X)\right)\right]\times 931.5\,MeV$$

حيث: Zm_H عدد البروتونات × كتلة الهيدروجين

Nm_n عدد النيترونات × كتلة النيترون

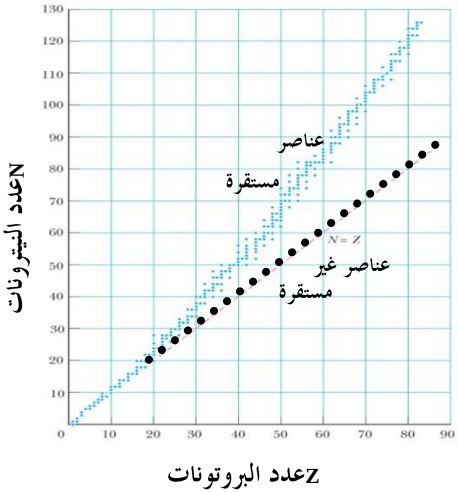
$M(X)$ كتلة النواة

الطاقة الرابطة لكل نيوكليون تساوي: B.E/A

العلاقة بين Z و N

تكون النواة مستقرة حتى N=Z=20 أي A=40 فقط، وبعدها لا تستطيع القوى النووية مقاومة قوة التنافر الكهربية (الخط المستقيم المنقط).

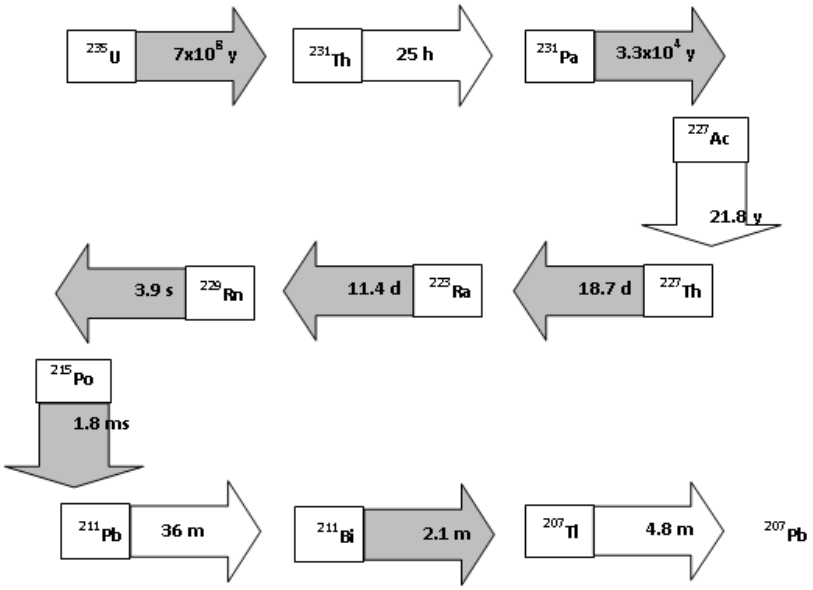
تستقر النواة عندما يزيد عدد النيترونات عن عدد البروتونات.



النشاط الإشعاعي الطبيعي Natural radioactivity

اكتشف Becquerel هذه الظاهرة في عام1896.

وتتحلل المواد المشعة باطلاق:جسيمات ألفا α.جسيمات بيتا βبنوعيها الموجبة والسالبة.أشعة جاما γ.



جسيمات ألفا:هي عبارة عن نواة ذرة الهليوم وهي موجبة الشحنة ومداها في حدود 3 cm في الهواء. ومعادلة التحلل بانبعاث جسيمات ألفا هي:

$$^{A}_{z}X \rightarrow ^{A-4}_{z-2}Y + ^{4}_{2}He$$

مثال:

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

طاقة التحلل اللازمة لانطلاق جسيم ألفا خارج النواة هي:

$$Q = \left[M_x - (M_y + M_\alpha)\right] 931.5 \quad MeV$$

حيث M_x هي كتلة النواة الأم (قبل التحلل)، M_y كتلة النواة الناتجة (بعد التحلل)، M_a كتلة جسيم ألفا.

يجب أن تكون Q أكبر من الصفر حتى تكون النواة باعثة لجسيمات ألفا.

جسيمات بيتا السالبة β^-:ينبعث إلكترون من النواة ناتج من تحول نيترون إلى بروتون وذلك كي تصبح النسبة بين النيترونات والبروتونات هي نسبة الاستقرار، أي أن:

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

ومعادلة التحلل بانبعاث جسيمات بيتا السالبة هي:

$$^{A}_{z}X \rightarrow ^{A}_{z+1}Y + \beta^-$$

مثال:

$$^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + \beta^-$$

جسيمات بيتا الموجبة β^+: ينبعث بوزيترون من النواة ناتج من تحول بروتون إلى نيترون وذلك كي تصبح النسبة بين النيترونات والبروتونات هي نسبة الاستقرار، أي أن:

$$^1_1p \rightarrow ^1_0n + ^0_1e$$

ومعادلة التحلل بانبعاث جسيمات بيتا الموجبة هي:

$$^A_zX \rightarrow ^A_{z-1}Y + \beta^+$$

مثال: $^{13}_7N \rightarrow ^{13}_6C + \beta^+$

طاقة التحلل اللازمة لانطلاق جسيم بيتا خارج النواة هي:

$$Q = \left[M_x - (M_y + M_e)\right] 931.5 \quad MeV$$

حيث M_x هي كتلة النواة الأم (قبل التحلل)، M_y كتلة النواة الناتجة (بعد التحلل)، m_e كتلة الإلكترون.

التحلل بانبعاث أشعة جاما

X^* يعني أن النواة في حالة مثارة وفي مستوى طاقة أعلى من مستواها الأدنى، ولكي تصل إلى حالة أكثر استقرارا فإنها تبعث أشعة جاما

$$^A_zX^* \rightarrow ^A_zX + ^0_0\gamma$$

قانون التحلل الإشعاعي Radioactivity decay law

شدة الإشعاع النووي يعتمد فقط على عدد النوى المشعة في العينة N. ومعدل التحلل الإشعاعي DN/Dt يتناسب طردا مع N أي أن:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$$

λ ثابت يسمى ثابت التحلل

عدد النوى المشعة N عند زمن t يعطى بالعلاقة:

$$N = N_o e^{-\lambda t}$$

حيث N_o هي عدد النوى المشعة في العينة عند زمن t=0.

النشاط الإشعاعي Radioactivity

لشدة الإشعاعية أو معدل التحلل للعينة عند الزمن t هي:

$$R = R_o e^{-\lambda t}$$

$$R = N\lambda$$

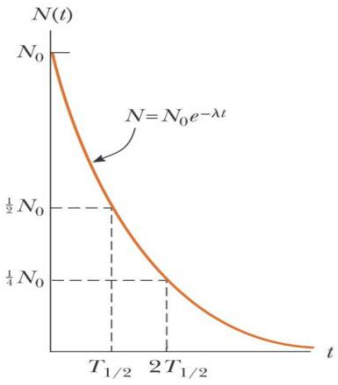
ووحدة قياسها في الوحدات الدولية هي البيكريل Becquerel (Bq):

1Bq =1 decay/sec

وتقاس أيضا بالكيوري Curie (Ci):

$1Ci=3.7x10^{10}$ decay/sec = $3.7x10^{10}$ Bq

حيث أن الكيوري الواحد يمثل الشدة الاشعاعية لجرام واحد من ^{226}Ra



عمر النصف Half life

هو الزمن اللازم لكي تتحلل نوى نظير معين إلى نصف عددها ويمثله العلاقة:

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

يبين الشكل العلاقة الأسية للتحلل الإشعاعي. عدد النوى المشعة N (على محور y) عند أي لحظة زمنية t (على محور x) .

التحول النووي الصناعي Synthetical Nuclear Transmutation

أمكن انتاج العديد من العناصر أو النظائر الصناعية سواء كانت مشعة أو مستقرة، وذلك باستعمال المعجلات النووية حيث يُعجَّل (يُسرَّع) الجسيم النووي كالبروتونات والنيترونات والالكترونات ومن ثم قذف نواة العنصر الهدف به.

$$x + X \rightarrow y + Y$$

في هذه المعادلة x الجسم النووي، X نواة الهدف، y الجسيم المنبعث، Y النواة الناتجة. وتكون الطاقة المتحررة هي:

$$Q = \left[(M_x + M_X) - (M_y + M_Y)\right] 931.5 \quad MeV$$