

1) علاقة أينشتاين:

أثبتت الميكانيك النسبوية الخاصة التي أنشأها ألبرت أينشتاين سنة 1905م أن هناك تكافؤا بين الكتلة والطاقة (أي أن الكتلة تعتبر شكلا من أشكال الطاقة)، بحيث أن كل مجموعة مادية كتلتها m تمتلك طاقة E تسمى **الطاقة الكتلية** وهي تساوي حاصل ضرب الكتلة ومربع سرعة انتشار الضوء في الفراغ .

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

تسمى بعلاقة أينشتاين

$$E = m.c^2$$

ووحدة الطاقة الكتلية في الفيزياء النووية هي **الإلكترون- فولط (eV) الذي تربطه بالجول العلاقة التالية: $1eV = 1,6 \times 10^{-19} J$**

ومن مضاعفاته الميغا إلكترون فولط $1MeV = 10^6 eV = 1,6 \times 10^{-13} J$ **Mégaélectronvolt**

وتبين هذه العلاقة أن كل تغير لكتلة مجموعة ما بالمقدار Δm يوافق تغير للطاقة الكتلية لهذه المجموعة بالمقدار $\Delta E = \Delta m.c^2$

2) وحدة الكتلة الذرية:

نظرا لكون كتل النوى والدقائق صغيرة جدا ، يعبر عنها في الفيزياء النووية بوحدة ملانمة تسمى ب: **وحدة الكتلة الذرية** **Unité de masse atomique : u.m.a.** والتي يرمز إليها ب: **u** فقط من أجل التبسيط.

ووحدة الكتلة الذرية تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون $^{12}_6C$ أي **1u** يساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون **12**.

(الكتلة المولية ل: $^{12}_6C$ تساوي $12g/mol$)

كتلة مول واحد من ذرات الكربون تساوي **12 g** . وكل مول يحتوي على $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ ذرة.

$$1.u = \frac{m(^{12}_6C)}{12} = \frac{12g}{12 \cdot N_A} = \frac{12 \times 10^{-3} Kg}{12 \times 6,02 \times 10^{23}} = 1,66 \times 10^{-27} Kg$$

$$1u = 1,66 \times 10^{-27} Kg$$

كما نستعمل **كوحدة للكتلة** في الفيزياء النووية الوحدة التالية : **eV/c^2** .

من خلال علاقة أينشتاين السابقة :

$$eV/c^2 \rightarrow m = \frac{E}{c^2} \leftarrow eV$$

عدد العبر عن الطاقة ب **eV** فإن وحدة الكتلة هي **eV/c^2**

$$1u \approx 931,5 MeV / c^2$$

$$\frac{J}{m^2 / s^2} = \frac{N \times m}{m^2 \times s^{-2}} = \frac{Kg \times m.s^{-2} \times m}{m^2 \times s^{-2}} = Kg : \text{ ننتحقق من تجانس الوحدات في العلاقة السابقة}$$

وهكذا في الفيزياء النووية نستعمل كوحدة للكتلة إما: **ال: u** أو **ال: MeV/c^2**

II طاقة الربط للنواة:

1) النقص الكتلي:

بينت قياسات دقيقة أنجزت بواسطة مطياف الكتلة بالنسبة لنواة $^A_Z X$ أن كتلة النواة ، مرتبطة ، تكون دائما أصغر من كتل الدقائق المكونة لها (غير مرتبطة) ويسمى هذا الفرق بالنقص الكتلي . (*Le défaut de masse*)

نسمي النقص الكتلي Δm لنواة $^A_Z X$ الفرق بين مجموع كتل النويات وكتلة النواة :

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m(^A_Z X)$$

وهو مقدار موجب.

2) طاقة الربط:

طاقة الربط E_ℓ لنواة ${}^A_Z X$ هي الطاقة التي يجب إعطاؤها للنواة في حالة سكون لفصل نوياتها وتبقى في حالة سكون. وتعطى العلاقة التالية: $E_\ell = \Delta m.c^2 = [Z.m_p + (A - N)m_n - m({}^A_Z X)]c^2$ وهي دائما موجبة .

(3) طاقة الربط بالنسبة لنوية:

نستعمل أحيانا **طاقة الربط بالنسبة لنوية** وتعطى العلاقة التالية: $\xi = \frac{E_\ell}{A}$ حيث E_ℓ هي طاقة الربط للنواة و A عدد النويات. ووحدها: $MeV / nucléon$. كلما كانت طاقة الربط بالنسبة لنوية كبيرة كلما كانت النواة أكثر استقرارا.

(4) تطبيق:

علما أن كتلة نواة الأورانيوم ${}^{238}_{92}U$ هي $m({}^{238}_{92}U) = 238,0003u$ ، كتلة البروتون: $m_p = 1,0073u$ و كتلة النيوترون $m_n = 1,0087u$.

(أ) احسب طاقة الربط لنواة الأورانيوم ${}^{238}_{92}U$.
 (ب) احسب طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة الأورانيوم ${}^{238}_{92}U$.
 نعطي: $1u = 931,5MeV / c^2$

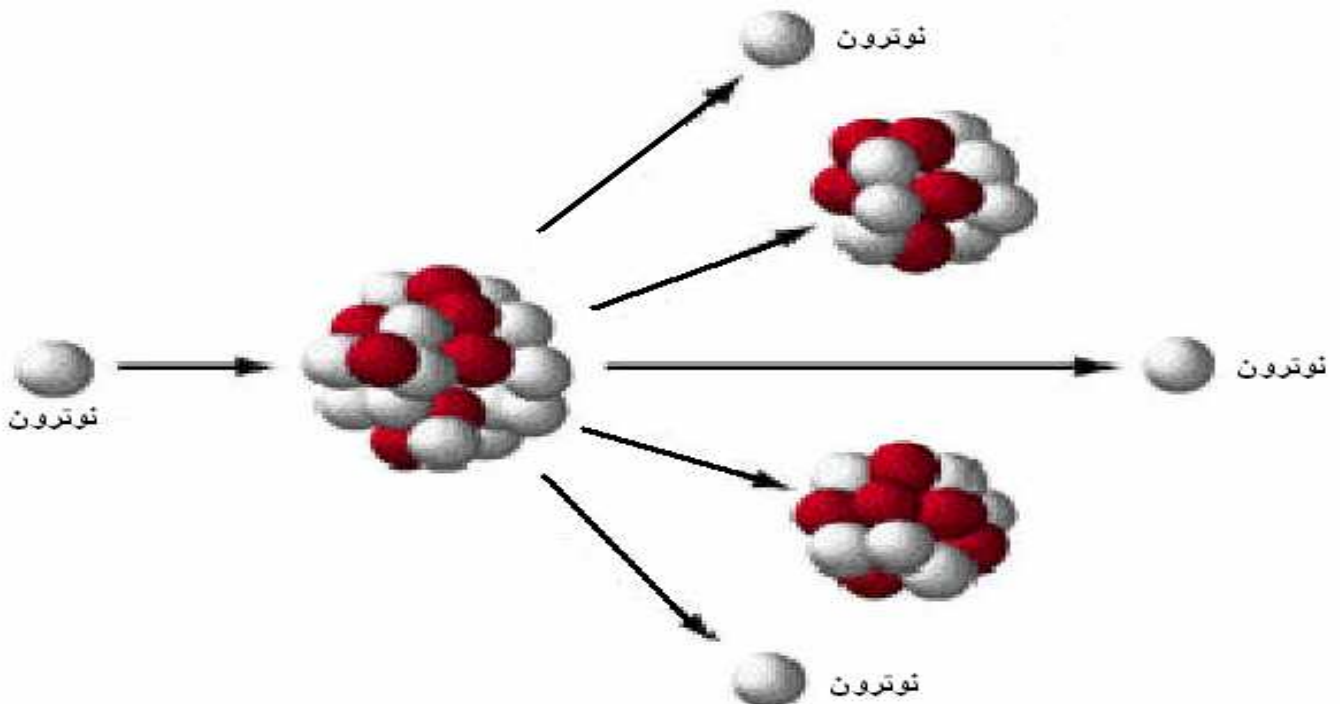
$$E_\ell = \Delta m.c^2 = [Z.m_p + (A - N)m_n - m({}^{238}_{92}U)]c^2 = [92 \times 1,0073 + (238 - 92) \times 1,0087 - 238,0003]u \times c^2 =$$

$$= 1,9415u \times c^2 = (1,9388 \times 931,5MeV / c^2) \times c^2 = 1805,99MeV$$

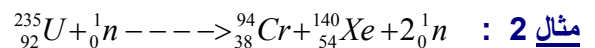
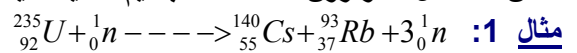
$$\xi = \frac{E_\ell}{A} = \frac{1805,99}{238} \approx 7,6MeV / nucléon \quad (\text{ب})$$

(5) الانشطار والاندماج النووي: خاص بشعبتي العلوم الفيزيائية والرياضية

أ- الانشطار النووي: تفاعل نووي تنقسم خلاله نواة ثقيلة بعد قذفها بنو ترون إلى نواتين خفيفتين. أي: تشظية نواة عند تصادمها بقذيفة نووية.



يستحسن استعمال النيوترون للقذف لأنه جسيم محايد لا يتنافر مع النواة ويصل إليها بسهولة .



الطاقة المتحررة خلال هذا التفاعل الأخير هي: $\Delta E = \Delta m.c^2$ مع $\Delta m = m_f - m_i$

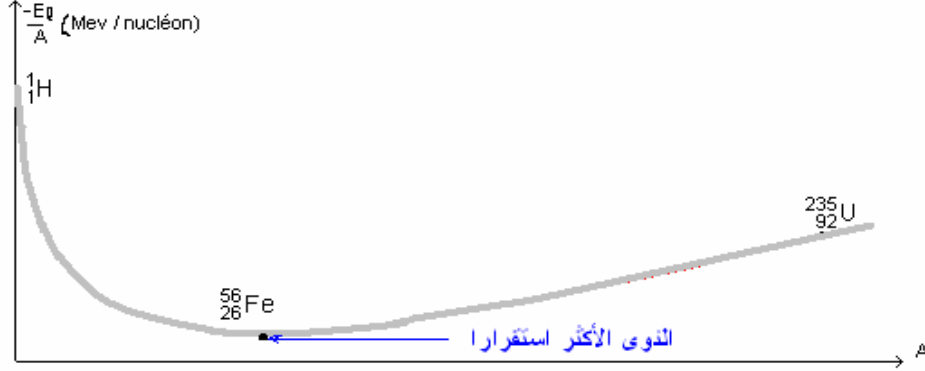
ب - الاندماج النووي : تفاعل يتم خلاله انضمام نواتين خفيفتين لتكوين نواة أكثر ثقلا . مثل: اندماج نظائر الهيدروجين وتكوين الهيليوم.

مثال 1 : ${}^2_1H + {}^1_1H \rightarrow {}^3_2He$ الطاقة المتحررة خلال هذا التفاعل: $\Delta E = [m({}^3_2He) - m({}^2_1H) - m({}^1_1H)]c^2$

مثال 2 : ${}^3_2He + {}^3_2He \rightarrow {}^4_2He + 2{}^1_1H$ الطاقة المتحررة خلال هذا التفاعل: $\Delta E = [2m({}^1_1H) + m({}^4_2He) - 2m({}^3_2He)]c^2$

6) منحنى أسطون :

لمقارنة استقرار النوى ، نخط المنحنى الممثل لتغيرات $-\frac{E_\ell}{A}$ بدلالة عدد النويات . يسمى هذا المنحنى : **منحنى أسطون** .



النوى الأكثر إستقرارا توجد في أسفل المنحنى ، بينما الغير مستقرة إذا كانت ثقيلة فهي **نتشطر** وإذا كانت خفيفة فهي **تندمج** وبذلك تتحول إلى نوى أكثر إستقرارا.

7) الحصيلة الطاقية لتفاعل نووي:

أ) تعميم :

تعتبر تفاعلا نوويا معادلته :

$${}^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow {}^{A'_1}_{Z'_1}Y_1 + {}^{A'_2}_{Z'_2}Y_2$$

تكتب الحصيلة الطاقية المقرونة بهذا التفاعل كما يلي:

$$\Delta E = [E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2) - E_\ell(Y_1) - E_\ell(Y_2)]$$

وحسب تعبير طاقة الربط E_ℓ يصبح تعبير ΔE كما يلي :

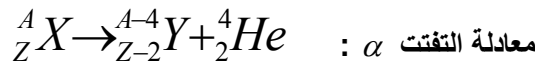
$$\Delta E = [m_{(Y_1)} + m_{(Y_2)} - m_{(X_1)} - m_{(X_2)}] \times c^2$$

أي بصفة عامة :

$$\Delta E = \Delta m \times c^2 = [\sum m(\text{نواتج}) - \sum m(\text{مفاعلات})] \times c^2$$

ب) الحصيلة الطاقية للتحويلات النووية التلقائية:

* **الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي α :**



الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي α هي:

$$E = [m_{({}^{A-4}_{Z-2}Y)} + m_{({}^4_2He)} - m_{({}^A_ZX)}] \times c^2$$

وهي سالبة.

مثال : ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^4_2He$ **نعطي :** $m({}^{226}_{88}Ra) = 225,9770u$ ، $m({}^{222}_{86}Rn) = 221,9702u$ ، $m({}^4_2He) = 4,0015u$

التغير الكتلي : $\Delta m = m(Rn) + m(He) - m(Ra) = -5,3 \times 10^{-3}u \approx -4,94MeV/c^2$

الطاقة المتحررة : $E = \Delta m \times c^2 = (-4,94MeV/c^2) \times c^2 = -4,94MeV$ **لأن :** $1u = 931,5MeV/c^2$

• **الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^- :**



الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^- هي:

$$E = \left[m_{(Z+1)^+} + m_{(e)} - m_{(Z)^+} \right] \times c^2$$

وهي سالبة

مثال: ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}e$ **نعطي:** $m(e) = 5,49 \times 10^{-4} u$ ، $m({}^{60}_{28}\text{Ni}) = 59,915 u$ ، $m({}^{60}_{28}\text{Co}) = 59,9190 u$

التغير الكتلي: $\Delta m_2 = m(\text{Ni}) + m(e) - m(\text{Co}) = -3,45 \times 10^{-3} u \approx -3,21 \text{Mev} / c^2$

الطاقة المتحررة: $E = \Delta m \times c^2 = (-3,21 \text{Mev} / c^2) \times c^2 = -3,21 \text{Mev}$

لأن $1u = 931,5 \text{Mev} / c^2$

*** الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^+ :**



معادلة التفتت β^+ : معادلة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^+ هي:

$$E = \left[m_{(Z-1)^+} + m_{(e)} - m_{(Z)^+} \right] \times c^2$$

وهي سالبة

مثال: ${}^{13}_7\text{N} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + {}^0_1 e$ **نعطي:** $m(e) = 5,49 \times 10^{-4} u$ ، $m({}^{13}_6\text{C}) = 13,000062 u$ ، $m({}^{13}_7\text{N}) = 13,001898 u$

التغير الكتلي: $\Delta m = m(\text{C}) + m(e) - m(\text{N}) = -1,287 \times 10^{-3} u \approx -1,2 \text{Mev} / c^2$

الطاقة المتحررة: $E = \Delta m \times c^2 = (-1,2 \text{Mev} / c^2) \times c^2 = -1,2 \text{Mev}$

ملحوظة: بالنسبة للتحويلات النووية الطاقة المتحررة تكون سالبة لأنها مفقودة من طرف المجموعة.

III (التآثيرات البيولوجية للنشاط الإشعاعي:

تؤثر الإشعاعات النووية على جسم الإنسان بكيفية متفاوتة.

الدقائق ألفا α : تتكون دقيقة ألفا من نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ التي تحتوي على بروتونين و نيترونين و لها شحنة ثنائية موجبة

و شحنتها الموجبة يجعلان قدرتها على الاختراق منخفضة فلا تستطيع أن تخترق الجزيئات الأولى في جلد الإنسان أو في صفحة كتاب . $q = +2e = +2 \times 1,6 \times 10^{-19} c$ و تبلغ سرعة دقائق ألفا حين انطلاقها من المادة المشعة $\frac{1}{10}$ سرعة الضوء و لكن **حجمها النسبي**

الدقائق بيتا β^- : هي الاكترونات ${}^0_{-1}e$ لها طاقة عالية **تنتقل بسرعة عالية** تزيد على $16000 \text{km} / s$ و نتيجة لسرعتها العالية و **حجمها الصغير** فان للدقائق بيتا قوة اختراق أعلى من قوة اختراق الدقائق ألفا. فهي تستطيع أن تخترق جسم الانسان الى مسافة صغيرة و تسبب عندئذ الحروق . تستعمل في معالجة الخلايا السرطانية.

الأشعة غاما γ هي مثل أشعة X موجات كهرومغناطيسية (ليست بدقائق مادية) سرعتها هي سرعة انتشار الضوء فهي ذات قوة اختراق عالية و نافذة بشكل كبير ، لأيقافها يلزم عدة سنتيمترات من الرصاص ، و تستعمل في تشخيص الأمراض بالصور. و نظرا لأن أشعة غاما لا تملك شحنة و لا كتلة فان انطلاقها لا يغير العدد الكتلي أو العدد الذري للذرة.

SBIRO Abdelkrim

ملحوظة :

الانشطار والاندماج النووي: خاص بشعبي العلوم الفيزيائية والرياضية.