

النوى، الكتلة والطاقة

I التكافؤ " كتلة- طاقة "

(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 .

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

$$E = mc^2$$

تسمى بعلاقة أينشتاين

ووحدة الطاقة الكتلية في الفيزياء النووية هي الإلكترون- فولط (eV) الذي تربطه بالجول العلاقة التالية: $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.
ومن مضاعفاته الميغا إلكترون فولط $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$

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 ملائمة تسمى ب: وحدة الكتلة الذرية $u.m.a.$: أي $u.m.a.$ 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 12 g/mol)

وبذلك تكون كتلة مول واحد من ذرات الكربون تساوي 12 g ، ويحتوي 1 المول على $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ ذرة.

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

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

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

لأن لدينا من خلال علاقة أينشتاين السابقة :
عدد التعريف عن الطاقة ب eV
فإن وحدة الكتلة هي eV/c^2

$$1 \text{ MeV} / c^2 = \frac{1,6 \times 10^{-13} \text{ J}}{(3 \times 10^8)^2 \text{ m}^2 / \text{s}^2} = 1,78 \times 10^{-30} \text{ Kg} = \frac{1,78 \times 10^{-30} \text{ u}}{1,66 \times 10^{-27}} \approx 1,073 \times 10^{-3} \text{ u}$$

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

$$\frac{\text{J}}{\text{m}^2 / \text{s}^2} = \frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{m}^2 \times \text{s}^{-2}} = \frac{\text{Kg} \times \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \times \text{m}}{\text{m}^2 \times \text{s}^{-2}} = \text{Kg} :$$

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

I 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.

$$E_\ell = \Delta m.c^2 = [Z.m_p + (A - N)m_n - m({}^A_Z X)]c^2$$

(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 $m({}^{238}_{92}U) = 238,003u$ ، 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 الأورانيوم ${}^{238}_{92}U$.

$$1u = 931,5MeV / c^2 \text{ نعطى:}$$

(أ) لدينا :

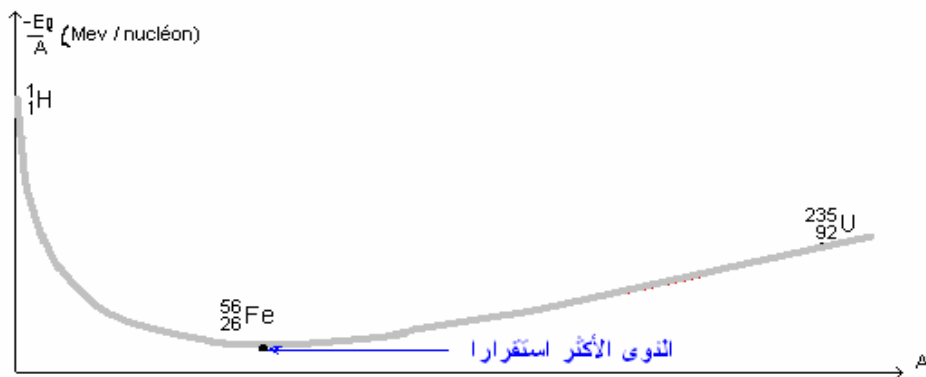
$$E_\ell = \Delta m.c^2 = [Z.m_p + (A - N)m_n - m({}^{238}_{92}U)]c^2 = [92 \times 1,0073 + (238 - 92) \times 1,0087 - 238,0003]u \times c^2 =$$

$$= 1,9415u \times c^2 = (1,945 \times 931,5MeV / c^2) \times c^2 = 1808,5MeV$$

$$\xi = \frac{E_\ell}{A} = \frac{1808,5}{138} \approx 7,59MeV / nucléon \text{ (ب)}$$

(5) منحنى أسطون :

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

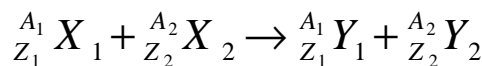


النوى الأكثر إستقرارا توجد في أسفل المنحنى ، بينما الغير مستقرة إذا كانت ثقيلة فهي **نشط** وإذا كانت خفيفة فهي **تندمج** وبذلك تتحول إلى نوى أكثر إستقرارا.

(6) الحصيلة الطاقية لتفاعل نووي:

(أ) تعميم :

نعتبر تفاعلا نوويا معادلته :



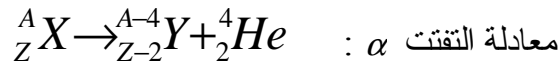
تكتب الحصلة الطاقة المقرونة بهذا التفاعل كما يلي: $\Delta E = [E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2) - E_\ell(Y_1) - E_\ell(Y_2)]$

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

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

(2) الحصلة الطاقة للتحويلات النووية التلقائية:

* الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي α :



الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي α هي:

$$E = [m_{({}_{Z-2}^{A-4} Y)} + m_{({}_2^4 He)} - m_{({}_Z^A X)}] \times c^2$$

وهي سالبة.

* الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^- :

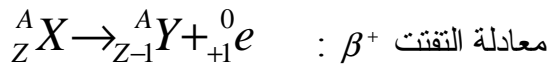


الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^- هي:

$$E = [m_{({}_{Z+1}^A Y)} + m_{({}_{-1}^0 e)} - m_{({}_Z^A X)}] \times c^2$$

وهي سالبة.

* الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^+ :



الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^+ هي:

$$E = [m_{({}_{Z-1}^A Y)} + m_{({}_{+1}^0 e)} - m_{({}_Z^A X)}] \times c^2$$

وهي سالبة.

III (التأثيرات البيولوجية للنشاط الإشعاعي:

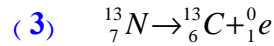
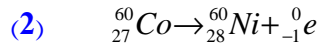
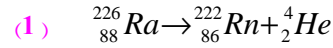
تؤثر الإشعاعات النووية على جسم الإنسان بكيفية متفاوتة.

الدقائق ألفا α : تتكون دقيقة ألفا من نواة الهيليوم ${}^4_2 He$ التي تحتوي على بروتونين و نيترونين و لها شحنة ثنائية موجبة $q = +2e = +2 \times 1,6 \times 10^{-19} c$ و تبلغ سرعة دقائق ألفا حين انطلاقها من المادة المشعة المشعة $\frac{1}{10}$ سرعة الضوء و لكن كبر حجمها النسبي و شحنتها الموجبة يجعلان قدرتها على الاختراق منخفضة فلا تستطيع أن تخترق الجزيئات الأولى في جلد الانسان أو في صفحة كتاب .

الدقائق بيتا β^- : هي الالكترونات ${}_{-1}^0 e$ لها طاقة عالية تنتقل بسرعة عالية تزيد على $16000 km/s$ 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) سرعتها هي سرعة انتشار الضوء فهي ذات قوة اختراق عالية و نافذة بشكل كبير ، لأيقافها يلزم عدة سنتيمترات من الرصاص ، وتستعمل 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.

نعتبر التحولات التالية:



نعطي : $m({}_2^4\text{He}) = 4,0015u$ ، $m({}_{86}^{222}\text{Rn}) = 221,9702u$ ، $m({}_{88}^{226}\text{Ra}) = 225,9770u$

$m(e) = 5,49 \times 10^{-4}u$ ، $m({}_{28}^{60}\text{Ni}) = 59,915u$ ، $m({}_{27}^{60}\text{Co}) = 59,9190u$

، $m({}_6^{13}\text{C}) = 13,000062u$ ، $m({}_7^{13}\text{N}) = 13,001898u$

أ) احسب تغير الكتلة المصاحب لكل تحول نووي .

ب) احسب طاقة كل تحول من التحولات السابقة.

نعطي : $1u = 931,5\text{MeV} / c^2$

أ) بالنسبة للتحول الاول ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$: $\Delta m_1 = m(\text{Rn}) + m(\text{He}) - m(\text{Ra}) = -5,3 \times 10^{-3}u \approx -4,94\text{MeV} / c^2$

بالنسبة للتحول الثاني ${}_{27}^{60}\text{Co} \rightarrow {}_{28}^{60}\text{Ni} + {}_{-1}^0\text{e}$: $\Delta m_2 = m(\text{Ni}) + m(e) - m(\text{Co}) = -3,45 \times 10^{-3}u \approx -3,21\text{MeV} / c^2$

بالنسبة للتحول الثالث ${}_7^{13}\text{N} \rightarrow {}_6^{13}\text{C} + {}_1^0\text{e}$: $\Delta m_3 = m(\text{C}) + m(e) - m(\text{N}) = -1,287 \times 10^{-3}u \approx -1,2\text{MeV} / c^2$

ب) الطاقة المتحررة خلال التحول الأول: $E_1 = \Delta m_1 \times c^2 = (-4,94\text{MeV} / c^2) \times c^2 = -4,94\text{MeV}$

الطاقة المتحررة خلال التحول الثاني: $E_2 = \Delta m_2 \times c^2 = (-3,21\text{MeV} / c^2) \times c^2 = -3,21\text{MeV}$

الطاقة المتحررة خلال التحول الثالث: $E_3 = \Delta m_3 \times c^2 = (-1,2\text{MeV} / c^2) \times c^2 = -1,2\text{MeV}$

SBIRO Abdelkrim

Lycée Agricole et Lycée Abdellah Cheffchouni

Oulad – Taima région d'Agadir Maroc

Mai : sbiabdou@yahoo.fr

Pour toutes vos observations contacter mon email