الوحدة (5): التحوّلات النّووية – الجزء 2

قائمة المفاتيح

- التحوّل النّووي المفتعل
- علاقة آينشتاين
- وحدة الكتل الذّرية $u.m.a$
- النّقص الكتلي Δm
- طاقة التّماسك E_l
- طاقة التّماسك لكل نكليون $\frac{E_l}{A}$
- منحنى أستون - Aston
- التّفاعلات النّووية المفتعلة
- الطّاقة المحرّرة E_{lib}
- المفاعل النّووي

www.dzexams.com

مفاتيح الإجابة عن أسئلة الوحدة 5

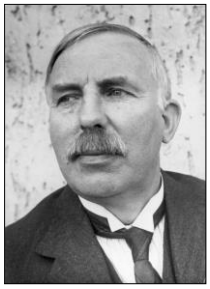
"التّحوّلات النّوويّة"

المفتاح الأوّل:

" التحوّل النّووي المفتعل"

التحوّل النووي المفتعل يصطنعُه الإنسان في المُفاعلات النّووية على عكس التحوّل النّووي الطبيعي الذي يحدُثُ تلقائيّا.

أوّل تحوّل مفتعل قام به العالم روذرفود سنة 1919 حيث قذف أنوية الآزوت $^{14}_{7}N$ بواسطة الجسيمات α .



$$^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}p$$

التحوّل النّووي المفتعل خاضع أيضا لقانونا الانحفاظ:

$$^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 \longrightarrow {}^{A_3}_{Z_3}X_3 + {}^{A_4}_{Z_4}X_4$$

قانونا الانحفاظ (قانونا صودي)	انحفاظ الكتلة (A)	$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$
	انحفاظ الشحنة (Z)	$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

المفتاح الثّاني:

"علاقة آينشتاين (طاقة-كتلة)"

هي الطّاقة التي تُصاحب الكتلة، حيثُ:

$$E = m.c^2$$

- E: طاقة الكتلة بوحدة الجول (J).
- m: كتلة الجسم بوحدة (Kg).
- c: سرعة الضّوء في الفراغ ($c=3\times10^8$ m/s).

يمكن حساب الطّاقة بـ eV أو MeV، حيث:

تحويلات

- 1 eV = $1,6 \times 10^{-19}$ J
- 1 Mev = 10^6 eV

التّدريب (1)

* أُحسب طاقة كتلة الإلكترون $^{0}_{-1}e$ بوحدة J و MeV، علما أنّ: $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ Kg.

يُعطى:

$c=3\times10^8$ m/s

المفتاح الثّالث:

"وحدة الكتل الذريّة u.m.a "

باعتبار الأنوية عناصر صغيرة جدّا فلابدّ لنا أن نختار وحدة لقياسها، فوحدة الكيلوغرام (Kg) لا تُناسبُها.

لهذا نختار وحدة جديدة تُسمّى "وحدة الكتل الذريّة" u.m.a (unité de masse atomique) و نرمزُ لها اختصارا بـ u .

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

$1u = 931,5$ MeV/c^2

تعريف u.m.a: وحدة الكتل الذريّة (u) هي $\frac{1}{12}$ من كتلة نوة الكربون ^{12}C.

amine.zeddoun

المفتاح الرّابع:

"النّقص الكتلي Δm"

www.dzexams.com

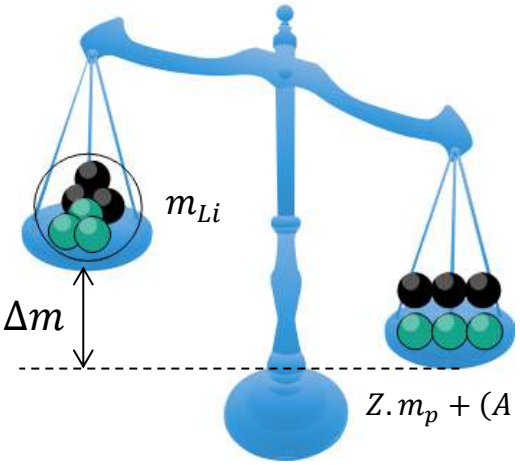
لدينا نواة الليثيوم $^{6}_{3}Li$ التي تحتوي على 3 بروتونات و 3 نترونات.

نواة الليثيوم $^{6}_{3}Li$ مُجتمعة.

تخيّل لو قمنا بتفكيك النّواة ستصبح البروتونات و النترونات حرّة.

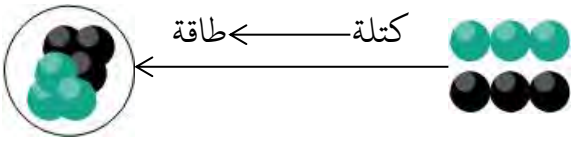
نواة الليثيوم $^{6}_{3}Li$ مُفكّكة.

الآن نأتي بميزان و نضع النّواة مُجتمعة في كفّة و النّواة المفككّة إلى نكليونات حرّة في كفّة أخرى.



نلاحظُ أنّ كتلة النّكليونات > كتلة النّواة !! لماذا؟

السبّب هو عند التحام النّكليونات في النّواة، تنقُص الكتلة لتتحوّل إلى طاقة تجعل النّكليونات مُتماسكة مع بعضها البعض.



و من هنا نستنتج قانون النّقص الكتلي Δm :

$\Delta m = Z.m_p + (A-Z).m_n - m_X$	
كتلة البروتون (تُعطى).	m_p
كتلة النّترون (تُعطى).	m_n
كتلة النّواة (تُعطى).	m_X

**النقص الكتلي صالح لجميع الأنوية.

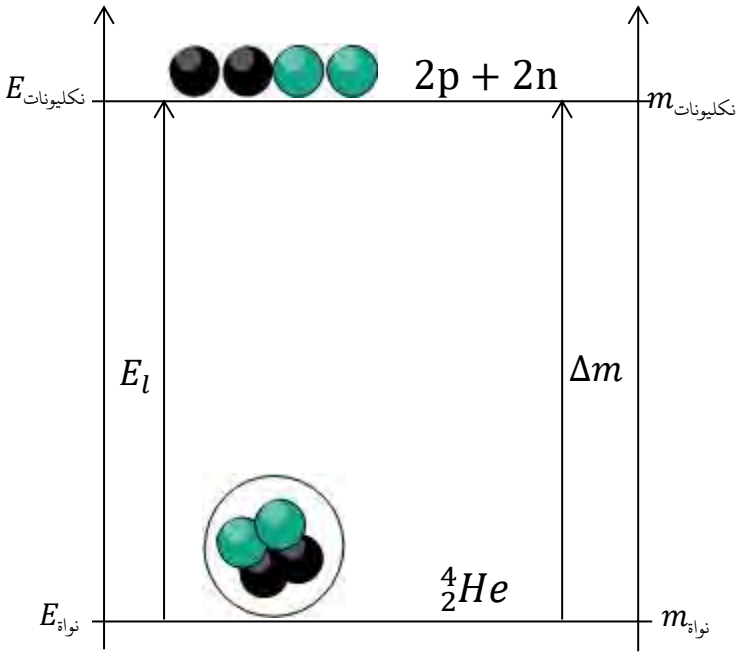
التّدريب (3)
* أُحسب النّقص في الكتلة Δm لنواة الكلور $^{36}_{17}Cl$ بوحدة u ثم جدها بوحدة MeV/c^2، علما أنّ:
- $m_p = 1,673 \times 10^{-27}$ Kg
- $m_n = 1,675 \times 10^{-27}$ Kg
- $m_{Cl} = 59,711 \times 10^{-27}$ Kg

المفتاح الخامس:

"طاقة التّماسك (الرّبط) E_l"

لقد قُلنا سابقا، أنّه عندما نجمع النّكليونات في النّواة تنقُصُ الكتلة (النّقص الكتلي Δm) لتتحوّل إلى طاقة نُسميها "طاقة التماسك النووي E_l".

تعريف طاقة الرّبط النّووي E_l: هي الطّاقة اللاّزم إعطاؤها للنّواة و هي ساكنة لتفكيكها إلى نكليوناتها معزولة و ساكنة، أي هي طاقة تماسك النّواة يرمز لها بـ E_l



amine.zeddoun

www.dzexams.com

$$E_l = \Delta m.c^2$$

حيث:

$$E_l = (Z.m_p + (A-Z).m_n - m_X).c^2$$

m_p	كتلة البروتون (تُعطى).
m_n	كتلة النّترون (تُعطى).
m_X	كتلة النّواة (تُعطى).
c	سرعة الضّوء في الفراغ ($c=3\times10^8$ m/s).

ملاحظة مُهمّة جدّا

$$E_l(J) = \Delta m(Kg) \times c^2$$

$$E_l(MeV) = \Delta m(u) \times 931{,}5$$

التّدريب (4)

* أُحسب طاقة الرّبط E_l لنواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ بوحدة MeV ثم جدها بوحدة J، علما أنّ:

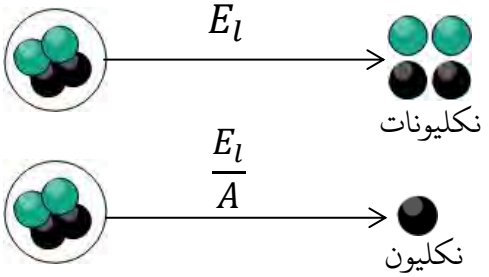
- $m_p = 1{,}00728$ u
- $m_n = 1{,}00866$ u
- $m_U = 234{,}99332$ u

المفتاح السّادس:

"طاقة التّماسك (الرّبط) $\frac{E_l}{A}$ لكل نكليون (نويّة)"

تعريف: هي الطّاقة اللاّزمة لنزع نكليون واحد من النّواة و يرمزُ لها $\frac{E_l}{A}$ و لحسابها نمرُّ على مرحلتين:

1. حساب طاقة الرّبط E_l.
2. نقسم طاقة الرّبط E_l على A، فنجد: $\frac{E_l}{A}(MeV/\text{نكليون})$



طاقة الرّبط لكل نكل نكليون تمكّننا من معرفة الأنوية الأكثر استقرارا حيث كلّما كانت $\frac{E_l}{A}$ كبيرة كانت النّواة أكثر استقرار.

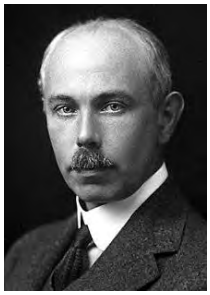
التّدريب (5)

* رتّب الأنوية التّالية من الأقلّ إلى الأكثر استقرارا:

النّواة	$^{56}_{26}Fe$	$^{238}_{92}U$	$^{140}_{54}Xe$	$^{3}_{1}H$
$E_l(MeV)$	492,24	1801,66	1164,75	8,57
$\frac{E_l}{A}(MeV/\text{نكليون})$				

المفتاح السّابع:

"مُنحنى أستون - Aston"



مُنحنى أستون- Aston يُعبّر عن طاقة الرّبط لكلّ نكليون $\frac{E_l}{A}$ بقيمة سالبة بدلالة عددها الكتلي A، و نُميّزُ فيه (3) مناطق:(منحنى أستون مرفق)

1 المنطقة(1): $0 < A < 190$

منطقة خاصة بالأنوية الأكثر استقرارا (الأكثر تماسكا) و لها طاقة ربط لكلّ نكليون كبيرة قيمتها المتوسّطة 8 MeV/nucléon من بينها ^{63}Cu و ^{56}Fe.

2 المنطقة(2): $A < 0$

الأنوية في هذا المجال أقلّ استقرارا (أنوية خفيفة) تستقرّ بآلية الاندماج (اتّحاد نواتين خفيفتين لتتشكّل نواة أكثر تماسكا).

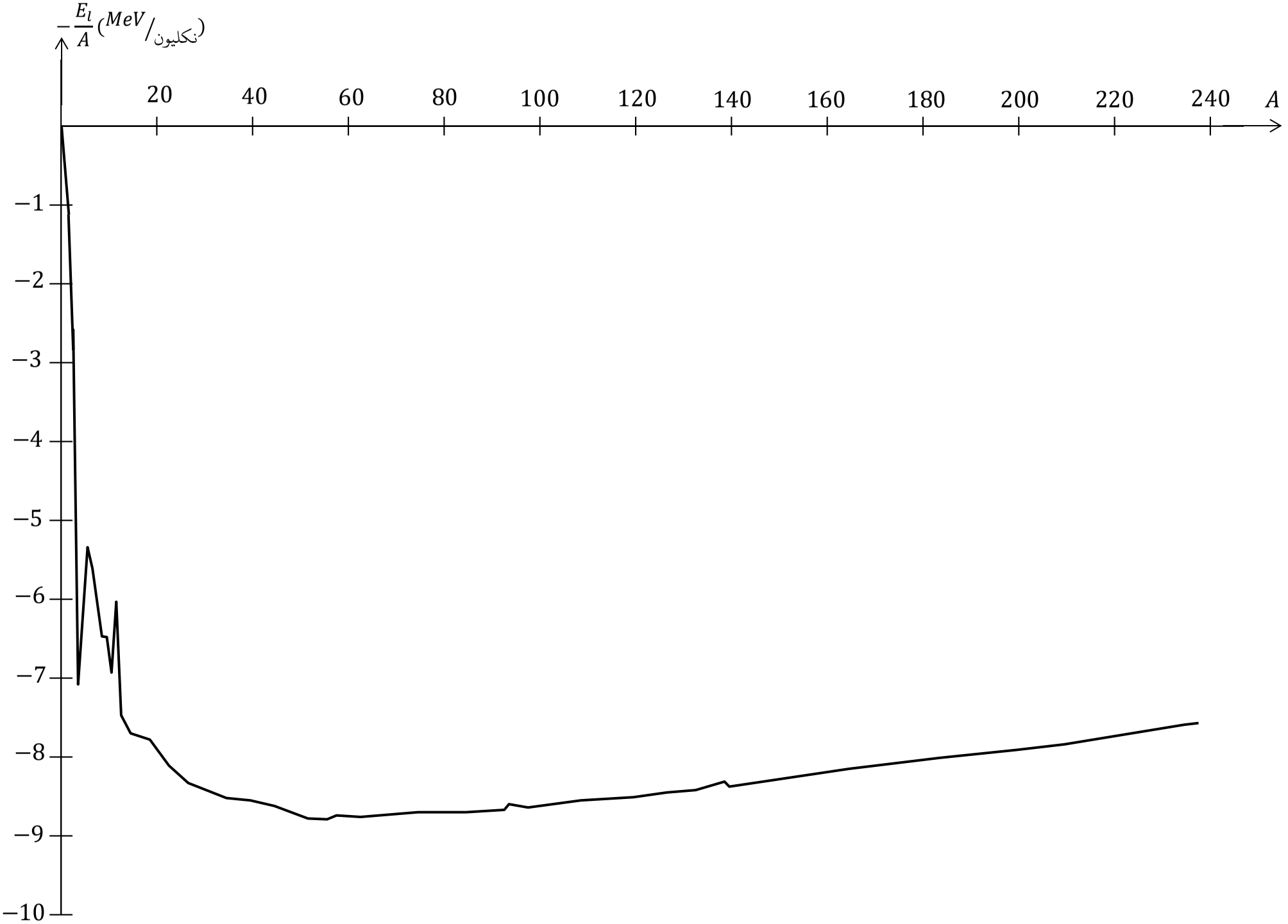
3 المنطقة(3): $A > 190$

الأنوية في هذا المجال غير مستقرّة (أنوية ثقيلة) تستقرّ بآلية الانشطار(تنشطر نواة ثقيلة بقذفها بنترون إلى نواتين أكثر تماسكا).

الهدف منه: نُقارن به استقرار الأنوية (تقع أسفل البيان)، و يوَضّح لنا آلية الإنشطار و آلية الاندماج.

amine.zeddoun

www.dzexams.com



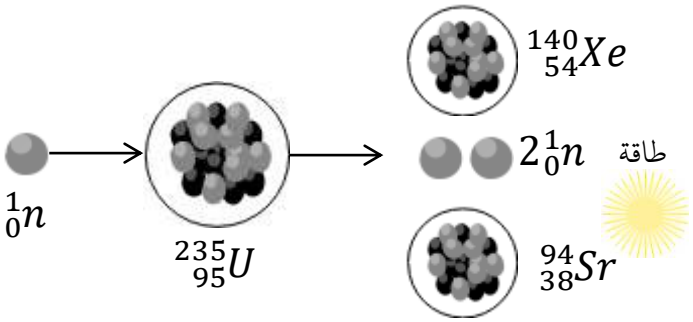
www.dzexams.com

المفتاح الثّامن:

"التّفاعلات النّووية المفتعلة"

1 تعريف الانشطار النّووي: هو تفاعل نووي مفتعل تنشطر فيه نواة ثقيلة لتُعطي نواتين أكثر استقرارا و نترونات مع تحرير طاقة.

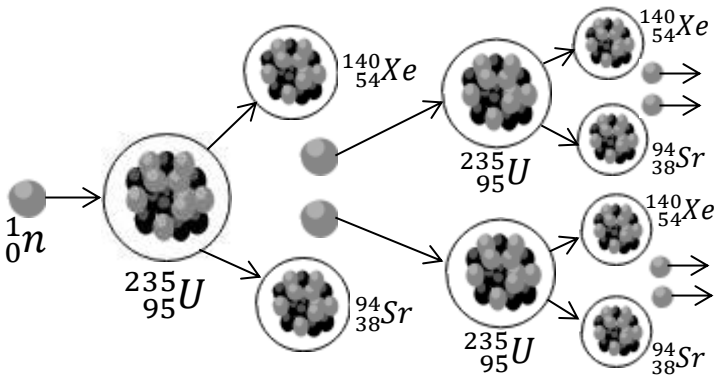
$$^{235}_{95}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2^{1}_{0}n$$



سبب اختيار النّترون $^{1}_{0}n$ لأنّه متعادل كهربائيا كي لا يحدث تنافر مع النّواة موجبة الشّحنة عند قذفها به.

جعل بطيئا كي لا يخترق النّواة.

يعرف تفاعل الانشطار أنّه تفاعل تسلسلي مغذّى ذاتيا حيث يفتعل النّترون الابتدائي انشطار النّواة الأولى و النّترونات المُنبعثة من هذا الانشطار تفتعل انشطارات أخرى و هكذا تتضاعف الآلية بشكل متسلسل.

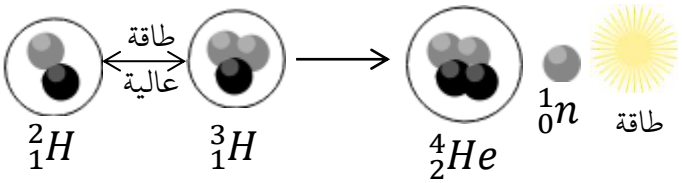


amine.zeddoun

للحدّ من تفاعل الانشطار نستعمل قضبان الكادميوم (Cd) لامتصاص النّترونات.

2 تعريف الانشطار النّووي: هو تفاعل نووي مُفتعل تندمج فيه نواتين خفيفتين لتُعطي نواة أكثر استقرارا مع تحرير طاقة.

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$



إنّ تفاعل الإندماج هو الأكثر احتمالا في مفاعلات الاندماج مستقبلا عكس تفاعل الانشطار.

يمكنُنا أن نستنتج الآن أنّ الأنوية الغير مستقرّة تتحوّل بـ(3) طرق:

- تفكّكية (إصدار إشعاعات α, β^-, β^+).
- انشطارية.
- اندماجيّة.

التّدريب (7)

* أوجد قيم x ، y ، A و Z في التفاعلات التّالية:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{131}_{53}I + ^{102}_{z}Y + x\,^{1}_{0}n$$

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{Z}_{2}He + y^{1}_{0}n$$

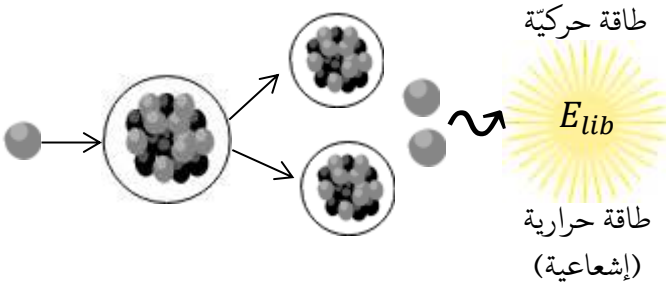
$$^{137}_{55}Cs \rightarrow ^{137}_{56}Ba + ^{A}_{Z}y$$

المفتاح التّاسع:

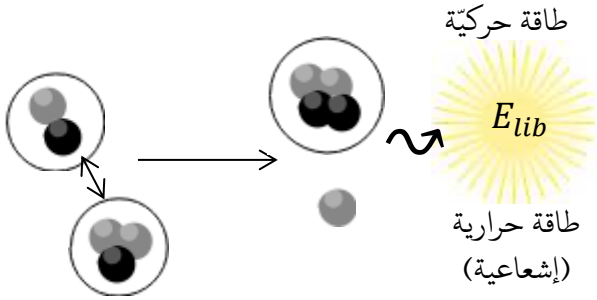
"الطّاقة المحرّرة E_{lib}"

قلنا سابقا أنّ في تفاعلي الانشطار و الاندماج تتحرّر طاقة، نُسمّيها الطّاقة المُحرّرة E_{lib}.

www.dzexams.com



تفاعل الانشطار يُحرّر طاقة (E_{lib})



تفاعل الاندماج يُحرّر طاقة (E_{lib})

★ و تُحسبُ كمايلي:

$$E_{lib} = \Delta m.c^2$$

حيث:

$$E_{lib} = (m_{\text{متفاعلات}} - m_{\text{نواتج}}).c^2$$

$m_{\text{متفاعلات}}$	كتلة المتفاعلات (تُعطى).
$m_{\text{نواتج}}$	كتلة النّواتج (تُعطى).
c	سرعة الضّوء في الفراغ (c=3×10^8 m/s).

ملاحظة مُهمّة جدّا

$$E_{lib}(J) = \Delta m(Kg) \times c^2$$

$$E_{lib}(MeV) = \Delta m(u) \times 931{,}5$$

★ و يمكننا حسابُها أيضا كمايلي:

$$E_{lib} = E_{l\ \text{نواتج}} - E_{l\ \text{متفاعلات}}$$

$E_{l\ \text{متفاعلات}}$	طاقة ربط المتفاعلات(تُعطى).
$E_{l\ \text{نواتج}}$	طاقة ربط النّواتج (تُعطى).

**أحيانا ستجد في معطيات التّمرين طاقة الرّبط لكل نكليون $\frac{E_l}{A}$ يجب أوّلا الانتقال إلى E_l بالضرب × A ثم حساب E_{lib}

التّدريب (8)

* تُعطى معادلة انشطار نظير اليورانيوم 235:

$$^{235}_{95}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2^{1}_{0}n$$

1- أُحسب الطّاقة المحرّرة من نواة اليورانيوم 235. بـMeV ثمّ بـJ
2- استنتج الطاقة المحرّرة لكل نكليون.
3- أُحسب النّقص الكتلي Δm لنواة $^{94}_{38}Sr$.

تـُعطى:

m(U)= 234,9935 u
m(Xe)= 139,8920 u
m(Sr)= 93,8945 u
m(n)= 1,00866 u
m(p)= 1,00728 u

$$\frac{E_l}{A}(Sr) = 8{,}593\ MeV/nuc$$

amine.zeddoun

التّدريب (9)

* تُعطى معادلة اندماج الديتيريوم $^{2}_{1}H$ و الثريثيوم $^{3}_{1}H$:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

1- أُحسب الطّاقة المحرّرة لتفاعل الاندماج. بـMeV ثمّ بـJ.
2- استنتج الطاقة المحرّرة لكل نكليون.
3- من الأفضل تفاعل الاندماج أم الانشطار ؟برّر.

تـُعطى:

m($^{2}_{1}H$)= 2,01355 u
m($^{3}_{1}H$)= 3,0155 u
m($^{4}_{2}He$)= 4,0015 u
m(n)= 1,00866 u
m(p)= 1,00728 u

★ تظهر E_{lib} في شكل طاقة حرارية و طاقة حركيّة.

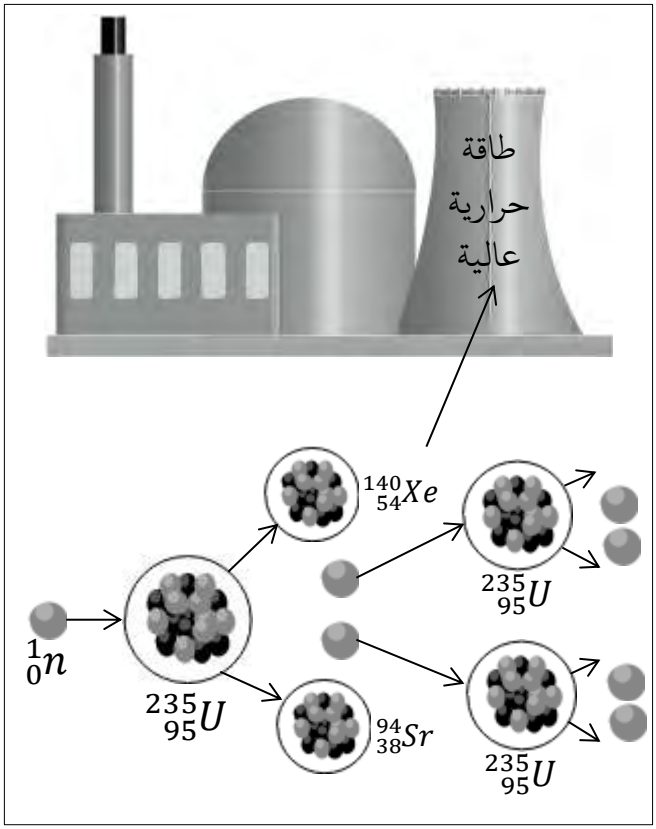
www.dzexams.com

المفتاح العاشر:

"المُفاعل النّووي"

تعريفُهُ: جهاز لإنتاج طاقة نووية كبيرة باستخدام كميّة قليلة من الوقود (مثل اليورانيوم U).

يعتمد المفاعل النّووي على مبدأ الانشطار ، حيث نعلم أنّ هذا التّفاعل تسلسلي مُغذّى ذاتيّا.نترون حرّ واحد و كميّة هائلة من أنوية اليورانيوم U تُنتج لنا طاقة حرارية عالية جدّا و كتلة كبيرة من النّترونات التي سنتعملُها في تفاعلات أخرى في مدّة زمنيّة قصيرة.



مبدأ المفاعل النّووي

**تفاعل الانشطار (تفاعل تسلسلي مُغذّى ذاتيّا).

يُعطى مردود المفاعل النّووي r كمايلي:

$$r = \frac{E_{\text{كهربائية}}}{E_{\text{نوويّة}}} \times 100 = \frac{P.t}{N.E_{lib}} \times 100$$

r	المردود(%).
P	الاستطاعة (W) بالواط.
t	الزّمن (s).
N	عدد الأنوية (نواة).
E_{lib}	الطّاقة المحرّرة بـ(J).

لا تنسى:

$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$

سلبيات و إيجابيات المفاعل النّووي

إيجابيات المفاعل	سلبيات المفاعل
الحصول على الطّاقة	استعمالُه في صناعة الأسلحة.
استعمالهُ في الطبّ و الإشعاع	يتسبّب في أمراض وراثيّة بسبب الإشعاعات (ماري كوري)

التّدريب (10)

* نظير اليورانيوم 235 يمكن استخلاصُه عن طريق الطّرد المركزي و يُستخدم كوقود ذرّي في محرّكات الغّواصات النّووية لإنتاج طاقة هائلة ناتجة عن تفاعل انشطاري يمكن نمذجته بالمعادلة التّالية:

$$^{235}_{95}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2{}^{1}_{0}n$$

تُعطى الطّاقة المُحرّرة من هذا التّفاعل E_{lib}=184,7 MeV

- ينتجُ محرّك الغوّاصة استطاعة تحويل P=25 MW حيث يستهلك كتلة صافية m من اليورانيوم المخصّب $^{235}_{95}U$ خلال 30 jours.

أ- ماهي الطّاقة النّووية المحرّرة من انشطار الكتلة m السّابقة التّي تستهلكها الخواصة خلال مدّة 30 j، علما أنّ مردود هذا التّحويل r=85 % ؟

ب- احسب قيمة الكتلة m.

amine.zeddoun

www.dzexams.com