# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## تركيب النواة:

- مركز كل ذرة عبارة عن نواة على شكل كرة تتركز فيها معظم كتلة الذرة ومشحونة بشحنة كهربائية موجبة.
- تتكون النواة من بروتينات ونيوترونات.
- عدد البروتونات في النواة هو العدد الذري Z (atomic no.).
- يوجد في الطبيعة 92 عنصرا تبدأ بالهيدروجين (Z=1) الى عنصر اليورانيوم (Z=92). وقد امكن حديثا تحويل عدد من العناصر والحصول على عناصر صناعية عددها الذري (Z=111).
- يرمز لعدد النيوترونات في النواة بالرمز N، ويكون عدد النيوترونات والبروتونات هو العدد الكتلي A (عدد النويات بالنواة) ويساوي: $\underline{A = N + Z}$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

تتكون النواة من نيوكلونات أي بروتونات ونيترونات. ويرمز للنواة عادة بالآتي: ${}^{A}_{Z}X$

حيث أن:

X رمز العنصر.

Z العدد الذري atomic number وهو عدد البروتونات في نواة ذرة العنصر.

A العدد الكتلي mass number وهو عدد البروتونات + عدد النيترونات ( N = A + Z).

على سبيل المثال، نواة ذررة الاكسجين بها 8 بروتونات و 8 نيوترونات، فيكون العدد الكتلي يساوي 16 وبالتالي رمز نواة الاكسجين هو: ${}^{16}_{8}O$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## النظائر Isotopes:

- هي النوى التي لها نفس عدد البروتونات Z (العدد الذري) ولكن تختلف في N (عدد النيوترونات) من نواة إلى أخرى. اي يختلف العدد الكتلي A.
- فمثلا نواة البورون 10 بها 5 بروتونات و 5 نيوترونات فيكون العدد الكتلي لها 10، ولكن هناك البورون 11 الذي تحتوي نواته على 5 بروتونات و 6 نيوترونات وبالتالي العدد الكتلي له هو 11. $^{10}_{5}Br \Rightarrow ^{11}_{5}Br$
- النظائر لنفس العنصر لها نفس الخواص الكيميائية لأن لها نفس العدد من الإلكترونات ونفس التركيب الذري. ولكن قد لايكون لها نفس الخواص النووية.
- قد يكون لعنصر ما أكثر من نظير، وقد يكون بعضها مستقر وبعضها غير مستقر (أي نشط إشعاعيا)، ويوجد في الطبيعة حوالي 280 نظيرا مستقرا وحوالي 800 نظير مشع للعناصر المعروفة والتي يمكن ان تكون موجودة في الطبيعة أو يمكن انتاجها في المعمل.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## النظائر Isotopes:

- اذا كان للعنصر اكثر من نظير، فإن العينة الطبيعية له تحتوي على كل النظائر المستقرة له وتكون مخلوطة بنسب مختلفة.
- فمثلا، يوجد الكلور في الطبيعة كخليط من نظيرين أحدهما الكلور 35 $^{35}_{17}Cl$ والكلور37 $^{37}_{17}Cl$ ويكونان بنسبة 75.53% للاول و 24.47% للثاني.
- بعض العناصر في الطبيعة ليس لها نضائر مثل الصوديم 23 $^{23}_{11}Na$ فهو يوجد بنسبة 100% في العينة الطبيعية.
- بعضها قد يصل الى عشرة نظائر مثل نضائر القصدير $Sn_{50}$ وتكون نظائرة مختلطة بنسب مختلفة.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## كتلة النواة

- كتلة البروتون تساوي: $m_p = 1.672648 \times 10^{-27}$ kg
- كتلة النيوترون تساوي: $m_n = 1.674955 \times 10^{-27}$ kg
- كتلة الالكترون اقل منهما بحوالي 1836 مرة، لذلك فإن كتلة الذرة تساوي تقريبا كتلة النواة (كتلة المادة تتركز في انوية ذراتها).
- وحدة الكتلة الذرية atomic mass unit (u): وحدة لتحديد الكتل الذرية للعناصر بدلا من الكيلوجرام وتساوي 12:1 من كتلة ذرة الكربون 12.

# Nuclear Physics الفيزياء النووية

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

ويمكن حساب الطاقة التي تعادل كتلة ذرية واحدة كالتالي:

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

**Therefore: $1u = 931.5\ MeV$**

كتلة البروتون على سبيل المثال تساوي:

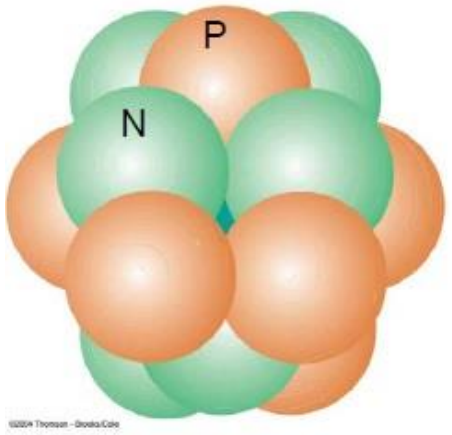
$m_p = 1.672648 \times 10^{-27}\ kg \quad = 1.007276\ u \quad = 938.28\ MeV$

| | Particle | kg | u | MeV/ |
|---|---|---|---|---|
| بروتون | Proton | $1.672\,62 \times 10^{-27}$ | 1.007 276 | 938.28 |
| نيوترون | Neutron | $1.674\,93 \times 10^{-27}$ | 1.008 665 | 939.57 |
| الكترون | Electron | $9.109\,39 \times 10^{-31}$ | $5.48\,579 \times 10^{-4}$ | 0.510 999 |
| ذرة هيدروجين | $^{1}_{1}$H atom | $1.673\,53 \times 10^{-27}$ | 1.007 825 | 938.783 |
| نواة هليوم | $^{4}_{2}$He nucleus | $6.644\,66 \times 10^{-27}$ | 4.001 506 | 3 727.38 |
| ذرة كربون-١٢ | $^{12}_{6}$C atom | $1.992\,65 \times 10^{-27}$ | 12.000 000 | 11 177.9 |

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## حجم النواة

- نصف قطر النواة أصغر بمراحل من نصف قطر الذرة، وعلى سبيل المثال نصف قطر النواة لعنصر الذهب في حدود $10^{-15}$ m، وهذه اصغر بكثير من نصف قطر الذرة نفسها الذي يبلغ تقريبا $10^{-11}$ m.
- حجم النواة يعتمد على العدد الكتلي A ويساوي:



النواة

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

حيث $r_o$ ثابت التناسب ويساوي $1.2 \times 10^{-15}$ m

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

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

فمثلا حجم نواة ذرة الكربون 12 حيث A=12 هو:

$$V = \left(\frac{4}{3}\pi r_o^3\right) A = \frac{4}{3}\pi \times \left(1.2\times10^{-15}\right)^3 \times 12 = 8.6859\times10^{-44}\, m^3$$

والكثافة تساوي:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{12\times1.660566\times10^{-27}}{8.6859\times10^{-44}} = 2.3\times10^{17}\ \mathrm{kg/m^3}$$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

ولان كتلة الذرة تساوي تقريبا كتلة نواتها فإن كتلة نواة ذرة عددها الكتلي A هو:

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

أما كثافة النواة فهي ثابتة لجميع النوى و تساوي:

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

وهذه الكثافة عالية جدا (كثافة الماء تساوي $10^3\ kg/m^3$) ويدل هذا على أن المادة النووية مضغوطة جدا داخل النواة.

# Nuclear Physics الفيزياء النووية

سؤال ١ ص ٦٢١: احسب عدد البروتونات والنيوترونات ونصف قطر لنوى النظائر التالية:

$$^{18}_{8}O,\ ^{56}_{26}Fe,\ ^{126}_{53}I,\ ^{200}_{80}Hg,\ ^{232}_{90}Th \Rightarrow\ \ ^{A}_{Z}X$$

$$r = r_0 A^{1/3} = 1.2x10^{-15} A^{1/3}$$

سؤال ٣: نصف القطر لنواة نظير هو $6x10^{-15}$ m، أوجد العدد الكتلي لهذه النواة؟

$$r = r_0 A^{1/3} = 1.2x10^{-15} A^{1/3} \Rightarrow \therefore A = \left( \frac{r}{1.2x10^{-15}} \right)^3$$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## استقرار النواة:

- حتي تكون النظائر مستقرة، يجب أن تكون الجسيمات النووية (النيوكلونات) متماسكة مع بعضها داخل النواة.
- كما هو معروف وجود البورتونات موجبة الشحنة قريبة من بعضها سينتج عنه تنافر بسبب القوى الكهربائية بينها.
- ولكي تكون النواة مستقرة والجسيمات النووية داخلها مترابطة فإنه يجب أن تكون هناك قوى جذب أقوى من القوى الكهربائية النافرة.
- هذه القوى تسمى القوى النووية وهي لا تعتمد على الشحنة الكهربية وتكون أكبر بحوالي 40 مرة من القوى الكهربية النافرة.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## 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.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

- كتلة النواة كاملة أقل من كتلة مكوناتها مجتمعة، مثلا كتلة نواة الكربون 12:

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

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

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

- أي أن هناك مقدار من الكتلة اختفى عندما اجتمعت البروتونات والنيوترونات قريبة من بعضها لتكون نواة الكربون 12.
- وهذا المقدار من الكتلة الذي اختفى ($\Delta m$) يكافئ الطاقة التى استخدمت لربط النيوكلونات مع بعضها وتسمى بطاقة الربط (B.E.).
- ولمعرفة نصيب كل نيوكلون من هذه الطاقة، في حالة الكربون 12، فإن:

$$\frac{\text{B.E.}}{\text{A}} = \frac{92.2\,\text{MeV}}{12} = 7.68\,\text{MeV}$$

- ولكي تفتت نواة الكربون 12 المتماسكة الى مكوناتها (بروتونات ونيوترونات) فإنه يحتاج الى طاقة مقدارها 92.2 MeV لكي تتحول هذه الطاقة الى كتلة تضاف الى النواة ومن ثم الى كتلة البروتونات والنيوترونات.

# Nuclear Physics الفيزياء النووية

ويمكن كتابة معادلة الطاقة الرابطة لأي نواة كما يلي:

$$B.E = \left(Zm_p + Zm_e + Nm_n - M\left({}^{A}_{z}X\right)\right) \times 931.5 \ \text{MeV}$$

- اذاكانت الكتل بوحدة الكتل الذرية (a.m.u). وتساوي:

$$B.E = \left(Zm_p + Zm_e + Nm_n - M\left({}^{A}_{z}X\right)\right) \times C^2 \ Joul$$

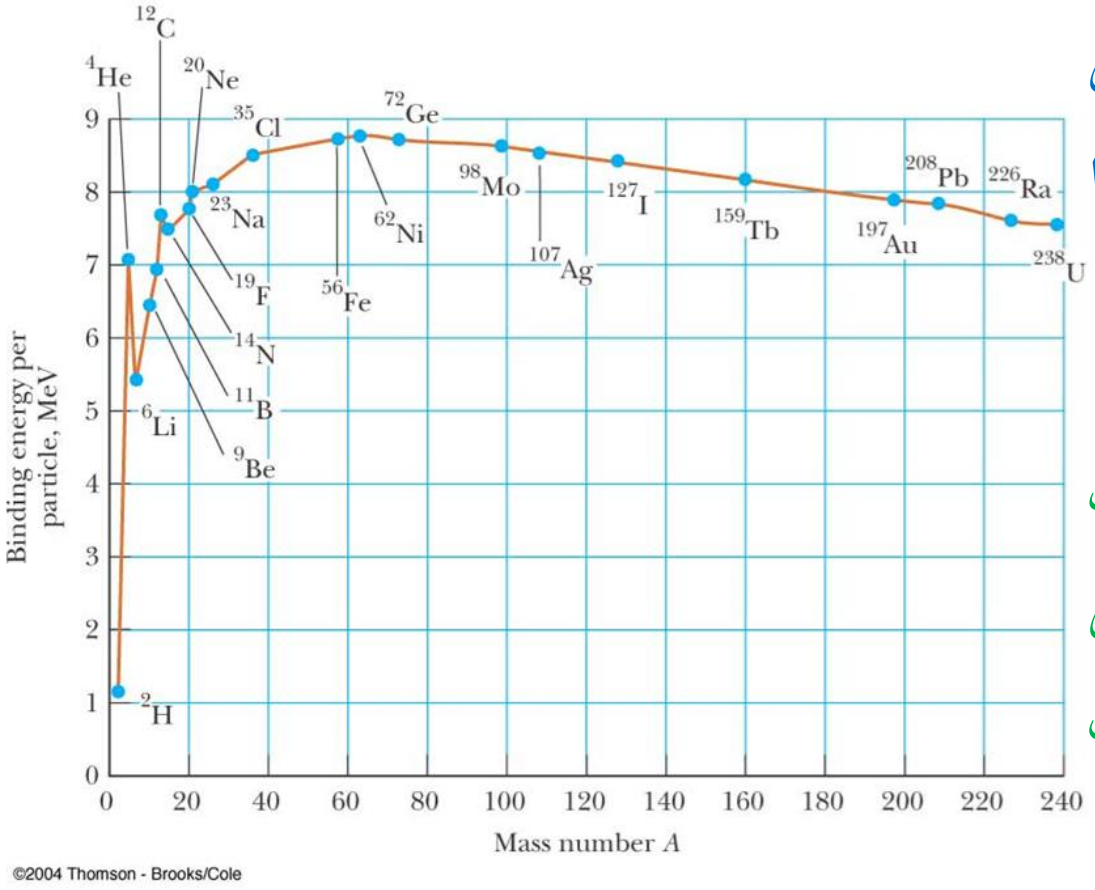
- اذا كانت الكتل بوحدة الكيلو جرام. حيث أن $m_p$ كتلة البروتون، $m_e$ كتلة الإلكترون، $m_n$ كتلة النيوترون، M كتلة ذرة نواة العنصر ${}^{A}_{z}X$ ، N عدد النيوترونات، Z هو العدد الذري.
- ويمكن كتابة العلاقة السابقة كما يلي:

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

$$\text{Where } m_H = m_p + m_e = 1.007825u$$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## العلاقة بين B.E و A

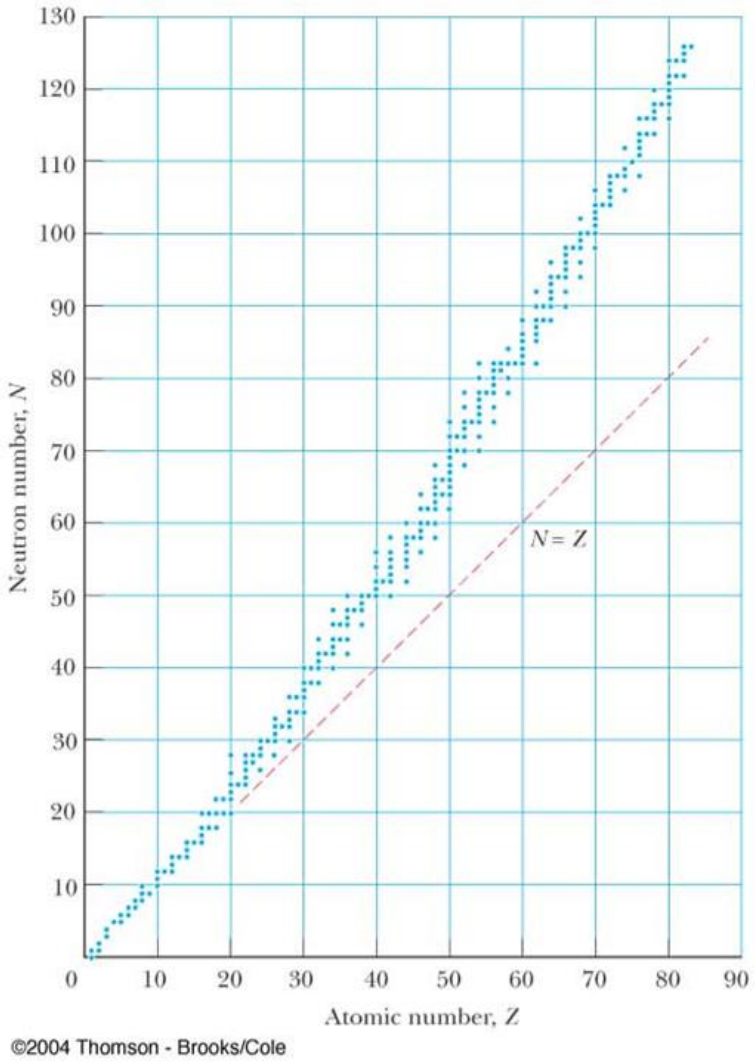


©2004 Thomson - Brooks/Cole

- B.E لكل نيوكليون تتراوح بين 8MeV-8.8MeV لجميع النوى عدا الخفيفة. وتبلغ أقصاها عند A=60.

- تقل تدريجيا في النوى الثقيلة وذلك بسبب قوة التنافر الكهربية بين البروتونات الكثيرة والتي تضعف القوى النووية الجاذبة.

# Nuclear Physics الفيزياء النووية



©2004 Thomson - Brooks/Cole

## 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 الأحمر).

- تستقر النواة عندما يزيد عدد النيترونات عن عدد البروتونات (النقاط الزرقاء)

مثال (١٤-٢) :

احسب الطاقة الرابطة لكل نيوكليون لنواة نظير الحديد ٥٦ ($^{56}_{26}Fe$).

كتلة ذرة نظير الحديد ٥٦ تساوي : $M(^{56}_{26}Fe)=55.934937\ u$ .

الحل :

بما أن : $B.E=[Zm_H+(A-Z)m_n-M(^{A}_{Z}X)]\times 931.5$

وبما أن : $Z=26$ و $A-Z=N=56-26=30$

$$\therefore B.E=[26\times 1.007825+30\times 1.008665-55.934937]\times 931.5\ MeV$$

$$=492.2663\ MeV$$

$$\therefore \frac{B.E}{A}=\frac{492.2663}{56}=8.79\ MeV/Nucleon$$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

- **النشاط الإشعاعي الطبيعي Natural radioactivity :**

- اكتشف العالم بيكريل Becquerel هذه الظاهرة في 1896 عندما وضع ملح اليورانيم على فلم تصوير مغلف ولاحظ أن الفلم مظلم مما دل على تعرضه لنوع من الاشعة غير المرئية استطاعت النفاذ الى الفلم.
- سميت ظاهرة انبعاث الإشعاعات من المواد تلقائيا بالنشاط الاشعاعي (Radioactivity) ولوحظ أن هناك مواد اخرى غير اليورانيوم تبعث انواع من الاشعاعات.
- قام العالم رذرفورد بتصنيف الإشعاعات حسب شحنتها الكهربية وقدرة نفاذها في المادة الى ثلاثة أنواع:

1. جسيمات ألفا $\alpha$.
2. جسيمات بيتا $\beta$ بنوعيها الموجبة والسالبة.
3. أشعة جاما $\gamma$.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

1. جسيمات ألفا $\alpha$: وهي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم ( $^4_2He$ ) وشحنتها موجبة وتساوي 2e+ ومداها قصير في الهواء (3cm).
2. جسيمات بيتا $\beta$ بنوعيها الموجبة والسالبة: وهي جسيمات مشحونة تخترق مسافة طويلة في الهواء (3m). وتصنف الى نوعين:

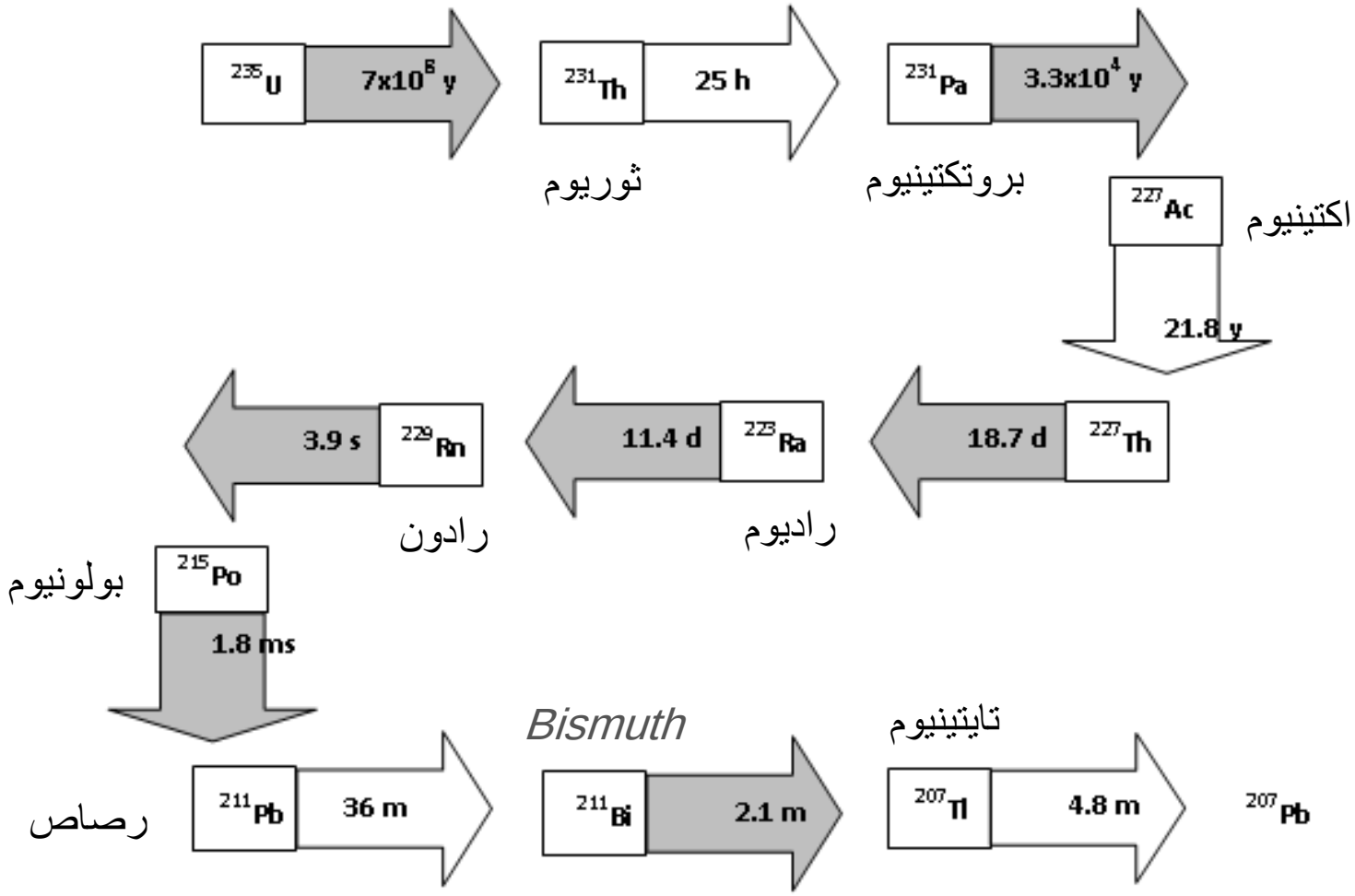
- جسيمات بيتا الموجبة ($\beta^+$): وهي جسيمات مشحونة بشحنة موجبة وتساوي عدديا شحنة وكتلة الالكترون.
- جسيمات بيتا السالبة ($\beta^-$): وهي جسيمات مشحونة بشحنة سالبة كالإلكترون ولها نفس كتلته. ولكنها تختلف عن الالكترونات حيث أنها تصدر من النواة بينما الالكترونات لا يمكن أن توجد في النواة وانما في مدارات الذرات.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

3. أشعة جاما γ: وهي عبارة عن إشعاعات كهرومغناطيسية ليس لها شحانة أو كتلة وطول موجتها قصير جدا ومداها في الهواء طويل جدا.

**اقترح رذر فورد أن ظاهرة النشاط الاشعاعي وانبعاث α، β، γ، ليس إلا تفككا أو تحللا للنواة وأن العنصر النشط اشعاعيا يتحول الى عنصر آخر.**

# Nuclear Physics الفيزياء النووية




Half lives for radioactive daughters of Uranium-235 decay . Shaded arrows indicate alpha processes, whereas clear arrows indicate beta processes

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

**جسيمات ألفا:** هي عبارة عن نواة ذرة الهليوم $^{4}_{2}He$ وهي موجبة الشحنة ومداها في حدود 3 cm في الهواء.

عندما ينبعث جسيم الفا من النواة، فإن شحنتها تقل بمقدار 2e عن شحنة النواة الأم والعدد الكتلي يقل بمقدار 4.

ومعادلة التحلل بانبعاث جسيمات ألفا هي:

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

- مثال:

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

عدد النيوكلونات A هو نفسه قبل وبعد التحلل، كما أن الشحنة الكهربية Z لها نفس القيمة على جانبي المعادلة، وكذلك الطاقة الكلية قبل التحلل مساوية لها بعد التحلل حسب مبدأ حفظ الطاقة.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

لكي ينبعث جسيم الفا، يجب أن يكون له طاقة حركية يتحرك بها خارج النواة، هذه الطاقة يكتسبها من الفرق بين كتلة النواة الأم والكتل الناتجة (كتلة النواة الناتجة، وكتلة جسيمات الفا). فهناك طاقة متحررة نتيجة للتحلل التلقائي تسمى طاقة التحلل (وتسمى عادة بقيمة Q) أي أن:

- 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)، $M_\alpha$ كتلة جسيم ألفا.

هذه الطاقة تتوزع كطاقة حركية على جسيم ألفا وعلى النواة الناتجة، ولكن معظم الطاقة سيأخذها جسيم ألفا لأن النواة الناتجة عادة تكون كتلتها كبيرة.

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

مثال ١٤–٣ :

هل البولونيوم ٢١٠ باعث لجسيمات ألفا إذا علم أن :

$M(^{210}Po) = 209.98285\ u$

$M(^{206}Pb) = 205.97440\ u$

$M_\alpha = 4.002603\ u$

الحل :

معادلة التحلل هي :

$$^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$$

$$\therefore Q = [M(^{210}Po) - (M(^{206}Pb) + M_\alpha)]\ 931.5\ MeV$$

$$= [209.98285 - (205.96440 + 4.002603)]\ 931.5\ MeV$$

$$= 0.00585\ u \times 931.5\ MeV\ /\ u$$

$$= 5.45\ MeV$$

وبماأن Q>0 فإنه ممكن للبولونيوم 210 أن يتحلل بانبعاث جسيمات ألفا.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

- **جسيمات بيتا السالبة $\beta^-$:** تحلل جسيمات بيتا هو وسيلة أخرى لاستقرار النواة، وتتغير شحنة النواة الناتجة بمقدار واحد، فإذا كانت النواة الأم غير المستقرة والباعثة لجسيمات بيتا هي ${}^{A}_{z}X$ فإن النواة الناتجة تكون ${}^{A}_{z+1}Y$ في حالة تحلل بيتا السالبة ( $\beta^-$ ) وتكون ${}^{A}_{z-1}Y$ في تحلل بيتا الموجبة ( $\beta^+$ )، كما في التحللين التاليين:

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

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

- نلاحظ أن العدد الكتلي لم يتغير، وأن الشحنة الكهربية قبل التحلل تساوي الشحنة الكهربية بعد التحلل، ولكن العنصر الناتج لكل تحلل قد تغير.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

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

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

- ومعادلة التحلل بانبعاث جسيمات بيتا السالبة هي:

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

- **مثال:**

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

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

- **جسيمات بيتا الموجبة $\beta^+$:** ينبعث بوزيترون (وهو جسيم كتلته تساوي كتلة الإلكترون وشحنته تساوي مقدارا شحنة الإلكترون إلا انها موجبة) من النواة ناتج من تحول بروتون إلى نيترون وذلك كي تصبح النسبة بين النيترونات والبروتونات هي نسبة الاستقرار، أي أن:

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

- ومعادلة التحلل بانبعاث جسيمات بيتا الموجبة هي:

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

- **مثال:**

$$ {}^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + \beta^+ $$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

- طاقة التحلل اللازمة لانطلاق جسيم بيتا خارج النواة هي:

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

- حيث $\mathbf{M_x}$ هي كتلة النواة الأم (قبل التحلل)، $\mathbf{M_y}$ كتلة النواة الناتجة (بعد التحلل)، $\mathbf{m_e}$ كتلة الإلكترون.
- لقد وجد أن هناك جسيمين يصاحبان تحلل $\beta+$ و $\beta-$ وسميا نيوترينو ( $\nu$ ) وضد نيوترينو ( $\nu'$ ) وهما جسيمان ليس لهما كتلة ولا شحنة ولكن وجودهما ضروري لكي تبقى الطاقة والزخم قبل التحلل وبعدة محفوظة.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

- **التحلل بانبعاث أشعة جاما**

$$ {}^{A}_{z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{z}X + {}^{0}_{0}\gamma $$

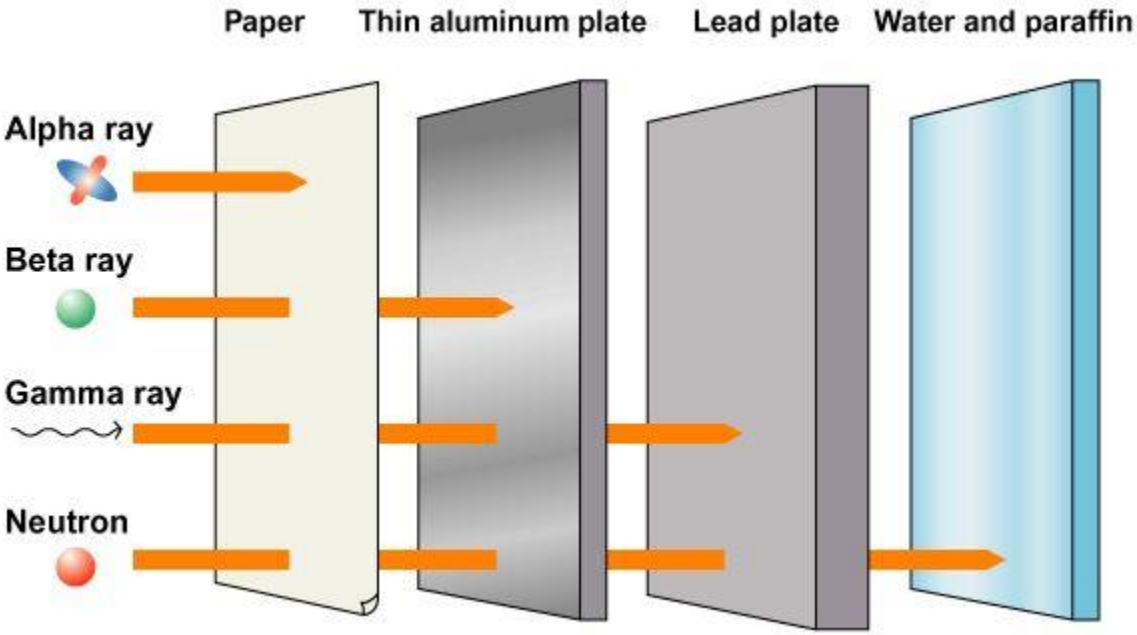
- $X^{*}$ يعني أن النواة في حالة مثارة وفي مستوى طاقة أعلى من مستواها الأدنى، ولكي تصل إلى حالة أكثر استقرارا فإنها تبعث أشعة جاما.
- في هذا النوع من التحلل لا يتغير العدد الكتلي A ولا العدد الذري Z لأن إشعاع جاما ليس له شحنة ولا كتلة.
- اشعاعات جاما ذات أطوال موجية قصيرة في حدود أطوال أشعة X، والفرق بينهما أن اشعة جاما مصدرها النواة المثارة بينما اشعة اكس تنبعث من الذرة المثارة بسبب انتقال الإلكترونات من المدارات الخارجية الى المدارات الداخلية في الذرة.

# Nuclear Physics الفيزياء النووية

## Various Decay Pathways

| | |
|---|---|
| Alpha decay | ${}^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$ |
| Beta decay ($e^-$) | ${}^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{A}_{Z+1}\mathrm{Y} + e^- + \bar{\nu}$ |
| Beta decay ($e^+$) | ${}^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{A}_{Z-1}\mathrm{Y} + e^+ + \nu$ |
| Gamma decay | ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + \gamma$ |

| Type of radiation | Symbol | Composition | Charge | Mass (atomic mass units) |
|---|---|---|---|---|
| Alpha | $\alpha$ | 2 protons and 2 neutrons (a helium nucleus) | +2 | 4 |
| Beta | $\beta^-$ | electron | –1 | Negligible |
| Positron | $\beta^+$ | antimatter electron | +1 | Negligible |
| Gamma | $\gamma$ | photons of electromagnetic energy | 0 | 0 |



# Nuclear Physics الفيزياء النووية

## Radioactivity decay law قانون التحلل الإشعاعي

إن شدة الإشعاع المنبعثة من مادة مشعة لا تعتمد على الحرارة أو الضغط أو اي مؤثر خارجي ولكنها تعتمد فقط على كمية المادة المشعة، أي عدد النوى غير المستقرة في العينة N. ومعدل التحلل الإشعاعي $\Delta N/\Delta t$ يتناسب طردا مع N أي أن:

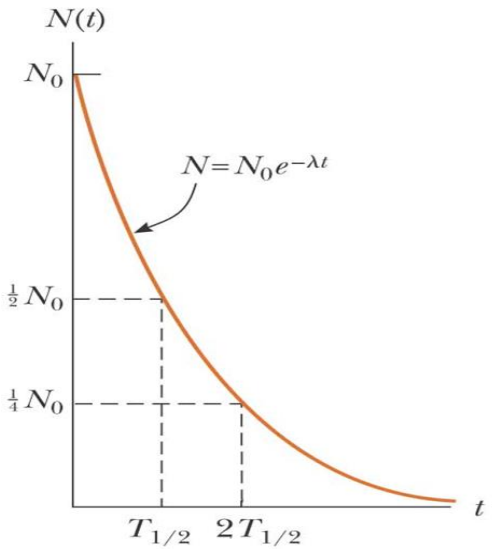
$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$$

$\lambda$ ثابت التحلل وقيمته موجبة، والاشارة السالبة تدل على أن عدد النوى غير المستقرة يقل مع مرور الزمن.

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.**



# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## عمر النصف Half life

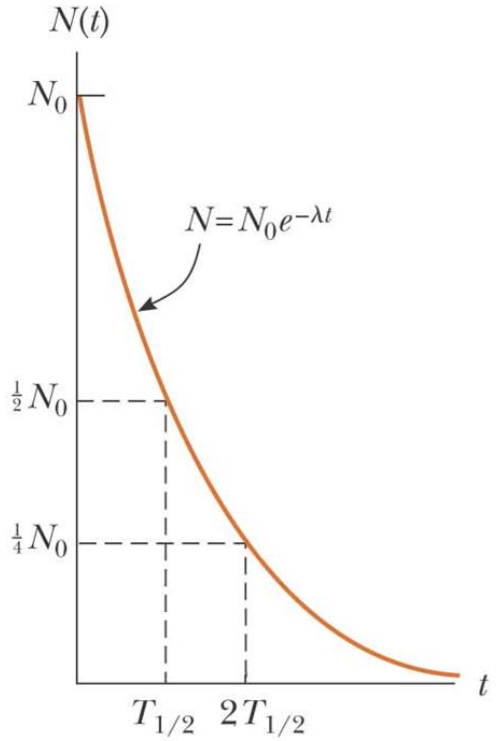
هو الزمن اللازم لكي تتحلل نوى نظير معين إلى نصف عددها ويرمز له بالرمز $T_{1/2}$ ويمثله العلاقة:

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

- وهذه العلاقة تربط عمر النصف $T_{1/2}$ مع ثابت التحلل $\lambda$.
- وتتراوح أعمار النصف للنظائر المشعة من قيم صغيرة ( $10^{-20}$ sec) الى قيم كبيرة جدا ($10^{16}$ years).

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

مثال: نظير الكربون 14 ( $^{14}_{6}C$ ) نظير مشع وعمر النصف له 5730 سنة، فلو كان هناك عينة منها بها 1000 نواة مشعة (No)، فإنه بعد عمر نصف واحد (اي بعد 5730 سنة) سيتحلل نصف العدد ويبقى No /2 (500 نواة مشعة). وبعد 11460 سنة (أي 2 عمر نصف) سيتحلل نصف العدد المتبقي ويبتبقى ربع الكمية (أي 250 نواة) لم تتحلل وهكذا.




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

# Nuclear Physics الفيزياء النووية

## Radioactivity النشاط الإشعاعي

الشدة الإشعاعية أو معدل التحلل للعينة **R** عند الزمن **t** هي: $R = N_o \lambda e^{-\lambda t}$

$$R = R_o e^{-\lambda t} \qquad \text{where } R_o = N_o \lambda$$

الوحدات الفيزيائية للشدة الإشعاعية هي الكيوري **Curie (Ci)**: ويعرف بأنة الشدة الإشعاعية لكتلة جم واحد من الراديوم 226 وهو يساوي:

$$1Ci = 3.7 \times 10^{10} \text{ decay/sec}$$

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

$$1Bq = 1 \text{ decay/sec}$$

فالكيوري الواحد بوحدات البيكريل يساوي:

$$1Ci = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

**مثال14-4: عينة من الكوبالت 60 ($Co^{60}$)، الذي عمر النصف له 5.26 سنة، به $3\times10^{16}$ نواة مشعة. ماهي شدته الإشعاعية (بوحدات الكيوري) بعد مرور 15.78 سنة؟**

الحل :

$$N_o = 3\times10^{16}\ \text{nucleus}\ ,\ T_{1/2} = 5.26\ \text{y}\ ,\ t = 15.78\ \text{y}$$

لتحويل السنين إلى ثواني :

$$T_{1/2} = 5.26\text{y} \times 3.16\text{x}10^{7}\ \text{sec/ y} = 1.66216\times10^{8}\ \text{sec}$$

المعادلة التي يمكن حساب الشدة الإشعاعية منها عند أي زمن هي :

$$R = R_o.e^{-\lambda t}$$
$$= N_o\lambda.e^{-\lambda t}$$
$$\lambda = \frac{1n2}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{1.66216\times10^{8}\ \text{sec}}$$
$$= 4.17016\times10^{-9}\ \text{decay / sec}$$

( الشدة الإشعاعية عند الزمن $t = 0$ ) هي :

$$R_o = N_o\lambda = 3\times10^{16}\times4.17016\times10^{-9}$$
$$= 1.25\times10^{8}\ \text{decay / sec}$$

الزمن الذي مر على العينة ( بالثواني ) t يساوي :

$$t = 15.78\text{y}\times3.16\text{x}10^{7}\ \text{sec/ y} = 4.98648\times10^{8}\ \text{sec}$$

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

$$\therefore R = 1.25\text{x}10^{8}\ \frac{\text{decay}}{\text{sec}} \times e^{-(4.17016\times10^{-9}\ \text{sec}^{-1}\times4.98648\times10^{8}\ \text{sec})}$$

$$= 1.5625\times10^{7}\ \frac{\text{decay}}{\text{sec}} = 1.5625\times10^{7}\ \text{Bq}$$

وهذه الشدة تساوي 1/8 الشدة الأصلية عند الزمن $t = 0$ ، ( لاحظ أن الزمن الذي مر ، t ، يساوي ٣ أعمار نصفية ) .

**مثال14-4: عينة من الكوبالت 60 ($Co^{60}$)، الذي عمر النصف له 5.26 سنة، به $3\times10^{16}$ نواة مشعة. ماهي شدته الإشعاعية (بوحدات الكيوري) بعد مرور 15.78 سنة؟**

وبما أن :

$$1\,Ci = 3.7 \times 10^{10}\,Bq$$

$$\therefore 1\,Bq = \frac{1}{3.7 \times 10^{10}}\,Ci$$

$$\therefore R = 1.5625 \times 10^{7} \times \frac{1}{3.7 \times 10^{10}}$$

$$= 4.223 \times 10^{-4}\,Ci$$

$$= 422.3\ \mu Ci$$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## التفاعلات النووية: Nuclear Reactions

كل ما وصف في السابق من تحلل يحدث بشكل تلقائي طبيعي دون تدخل خارجي، لقد خطر للعالم رذرفورد فكرة إجراء تجارب على تصادمات بين جسيمات الفا ذات السرعة العالية وبعض العناصر الخفيفة لنظائر خفيفة.

أجرى تجربة قذف فيها جسيمات ألفا على غاز النيتروجين واكتشف انبعاث البروتونات، وفسر ذلك بأن جسيم ألفا يصطدم بنواة النيتروجين فتمسك به النواة، ويتبع ذلك تفكك للنواة المركبة ينبعث منها بروتون بسرعة عالية كما في المعادلة النووية التالية:

$$ {}^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \rightarrow \left[ {}^{18}_{9}F \right] \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H $$

الفلور 18 غير موجود في الطبيعة فهو غير مستقر ولذلك فإنه يتفكك الى نظير الأكسجين 17 ويبقى البروتون الذي ينبعث من هذا التفاعل.

التفاعل السابق بدأ بنواتين مستقرتين (هيليوم 4 و النيتروجين 14) وانتهى بنواتين مستقرتين (الأكسجين 17 والهيدروجين 1). تسمى هذه العملية بعملية تحويل العنصر.

ويجب في هذه التفاعلات ان تبقى الشحنة الكلية ثابتة كما يجب أن تتعادل الأعداد الكتلية في طرفي المعادلة.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## التفاعلات النووية: Nuclear Reactions

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:

$$Q = \left[(M_x + M_X) - (M_y + M_Y)\right] C^2 \quad \text{Joule}$$

اذا كانت الكتل بوحدة الكيلو جرام. وتكون:

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

اذا كانت الكتل بوحدات الكتل الذرية (**u**).

# Nuclear Physics الفيزياء النووية

Some of principal primordial, cosmogenic and man-made radionuclides

| Primordial radionuclides | | Cosmogenic radionuclides | | Man-made radionuclides | |
|---|---|---|---|---|---|
| Radionuclide | Half- life | Radionuclide | Half- life | Radionuclide | Half- life |
| Uranium-235 | $7.04 \times 10^8$ yr | Carbon-14 | 5730 yr | Manganese-54 | 312 day |
| Uranium-238 | $4.47 \times 10^9$ yr | Hydrogen-3 | 12.4 yr | Cobalt-58 | 71day |
| Thorium-232 | $1.4 \times 10^{10}$ yr | Beryllium-7 | 53 day | Cobalt-60 | 5.3 yr |
| Radium-226 | $1.60 \times 10^3$ yr | Beryllium-10 | $2.7 \times 10^6$ yr | Zinc-65 | 244 day |
| Radon-222 | 3.82 day | Sulphur-35 | 88 days | Plutonium-239 | $2.4 \times 10^4$ yr |
| Potassium-40 | $1.28 \times 10^9$ yr | Chlorine-36 | $3 \times 10^5$ yr | Plutonium-240 | $6.5 \times 10^3$ yr |
| Rubidium-87 | $4.7 \times 10^{10}$ yr | Argon-39 | 269 yr | Plutonium-241 | 14.4 yr |