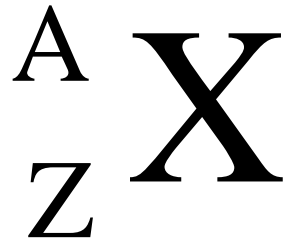


# Nuclear Physics الفيزياء النووية

## تركيب النواة



يرمز للنواة عادة بالآتي:

$X$  رمز العنصر. وتتكون النواة من نيوكلونات أي بروتونات ونيوترونات.

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

$A$  العدد الكتلي mass number وهو عدد البروتونات + عدد النيوترونات  $N$

$$A = N + Z$$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## 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 لا يكون لها نفس الخواص النووية.

# Nuclear Physics الفيزياء النووية

## كتلة النواة

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 وتساوي 1:12 من كتلة ذرة الكربون 12 أي أن:

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

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

$$\text{Therefore: } 1u = 931.5 \text{ MeV}$$

كتلة البروتون على سبيل المثال تساوي:

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

$$= 1.007276 u = 938.28 \text{ MeV}$$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## حجم النواة

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

$$r = r_0 \sqrt[3]{A}$$

حيث  $r_0$  ثابت التناسب ويساوي  $1.2 \times 10^{-15} \text{ m}$

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

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi r_0^3 A$$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

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:

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

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## الطاقة الرابطة النووية (B.E) Nuclear Binding Energy

- تتغلب القوى النووية على قوة التنافر الكهربائية (القوة الكولومية) بين البروتونات، مما يجعل النيوكليونات ملتصمة داخل النواة وتبقى النواة مستقرة.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

- كتلة النواة كاملة أقل من كتلة مكوناتها مجتمعة، مثلا:

$$M({}^{12}_6\text{C}) = 11.996706\text{u}$$

whereas

$$6 \times m_p + 6 \times m_n = 12.09564\text{u}$$

- فالفرق في الكتلة:

$$\Delta m = 12.09564 - 11.996706 = 0.09894\text{u}$$

- من علاقة أينشتاين تُحسب الطاقة المكافئة لهذا الفرق في الكتلة:

$$E = \Delta mc^2 = 0.09894 \times 931.5 = 92.2\text{MeV}$$

- وهي الطاقة الرابطة B.E للنوكلونات مع بعضها البعض

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

معادلة الطاقة الرابطة تكتب على الصيغة:

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

$$m_H = m_p + m_n$$

- كتلة نواة الهيدروجين تساوي

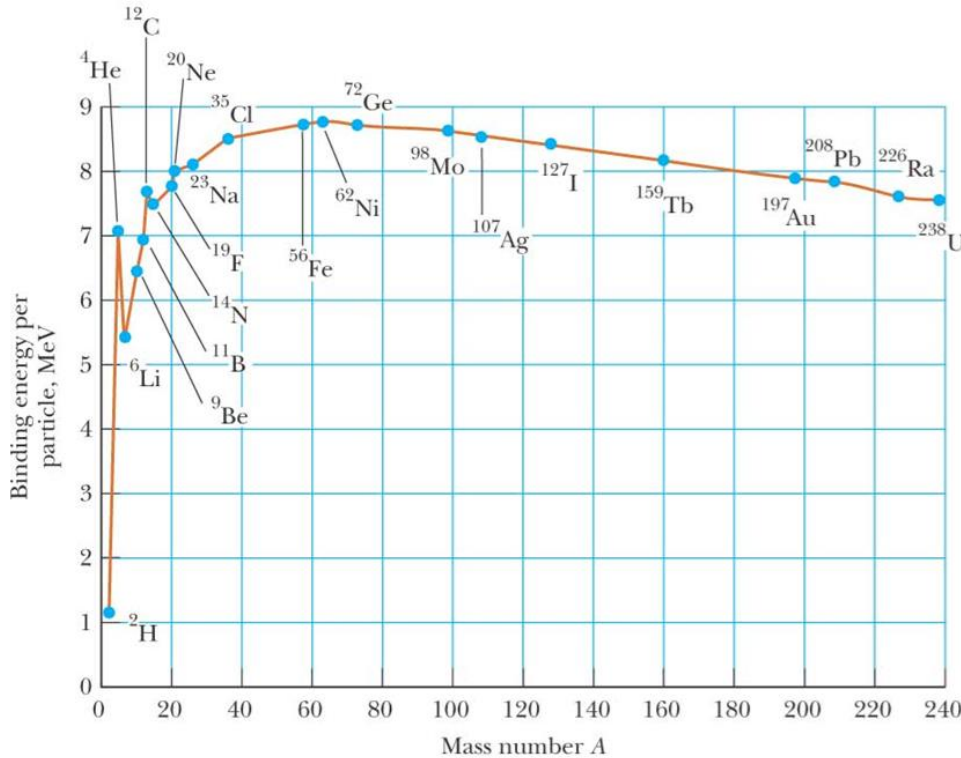
$$B.E = \left( Zm_H - M({}_Z^A X) \right) \times 931.5 \text{ MeV}$$

- فالطاقة الرابطة لكل نيوكليون تساوي:  $B.E/A$



# Nuclear Physics الفيزياء النووية

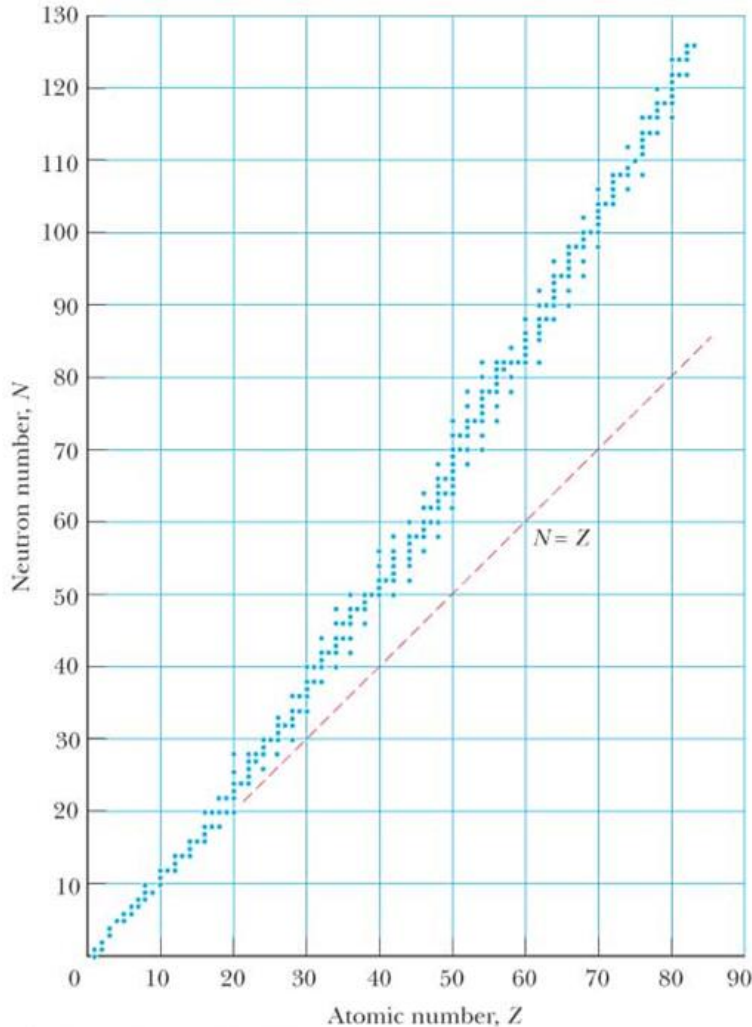
## العلاقة بين B.E و A



©2004 Thomson - Brooks/Cole

- B.E لكل نيوكليون تتراوح بين  $8\text{MeV}-8.8\text{MeV}$  لجميع النوى عدا الخفيفة. وتبلغ أقصاها عند  $A=60$ .
- تقل تدريجيا في النوى الثقيلة وذلك بسبب قوة التنافر الكهربائية بين البروتونات الكثيرة والتي تضعف القوى النووية الجاذبة.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics



©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 الكهربائية (الخط الأحمر).

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

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## • النشاط الإشعاعي الطبيعي Natural radioactivity

• اكتشف Becquerel هذه الظاهرة في 1896.

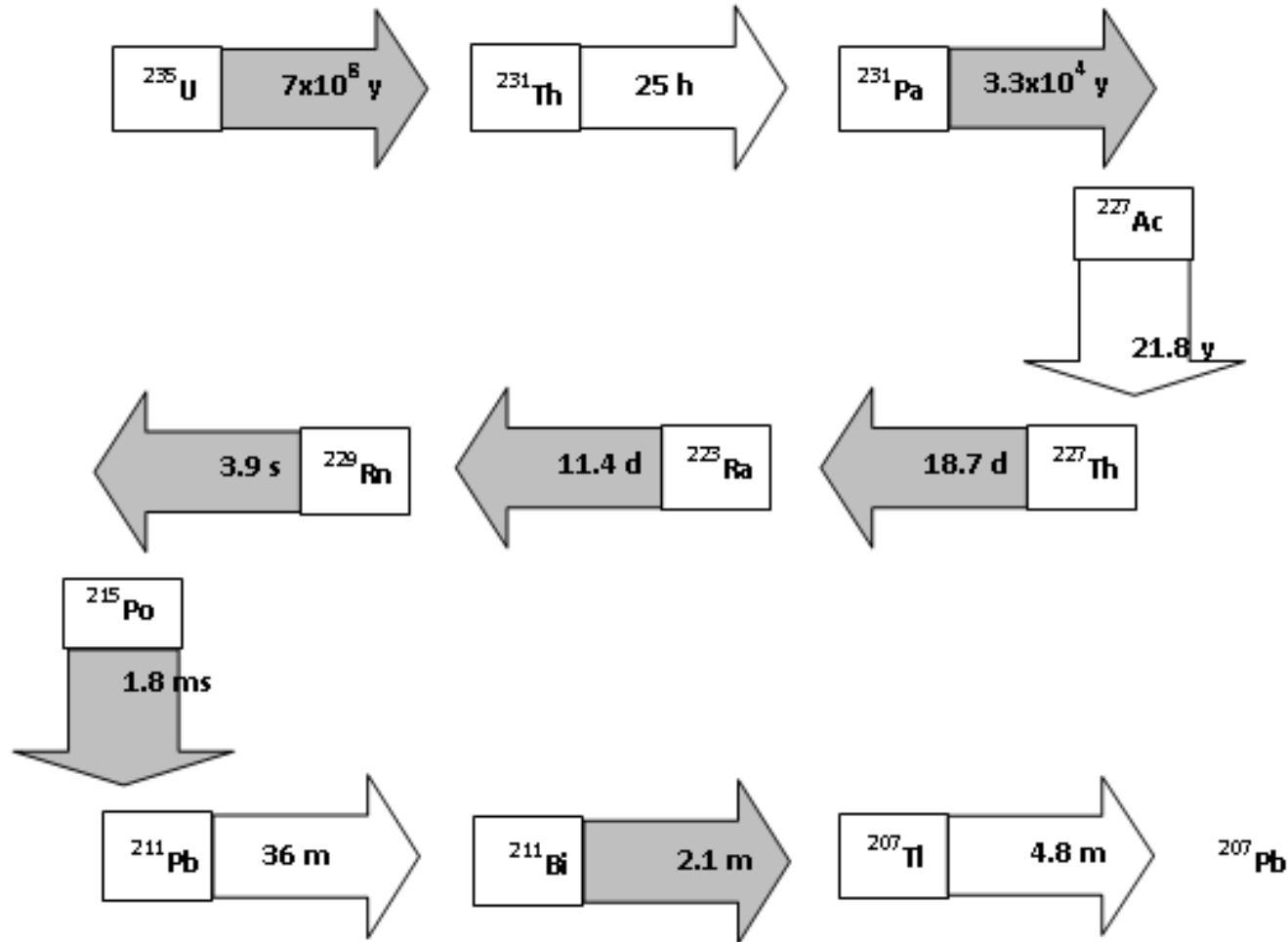
• وتحتل المواد المشعة باطلاق هي:

1. جسيمات ألفا  $\alpha$ .

2. جسيمات بيتا  $\beta$  بنوعها الموجبة والسالبة.

3. أشعة جاما  $\gamma$ .

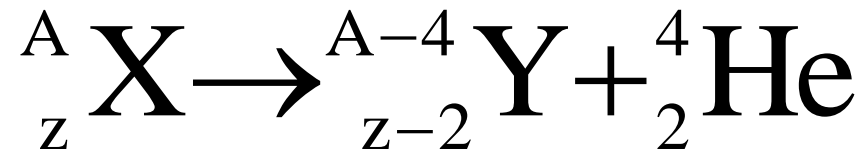
# Nuclear Physics الفيزياء النووية



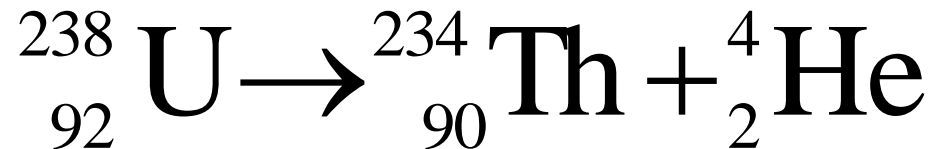
Half lives for radioactive daughters of Uranium-235 decay . Shaded arrows indicate alpha processes, whereas clear arrows indicate beta processes

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

**جسيمات ألفا:** هي عبارة عن نواة ذرة الهليوم  ${}^4_2\text{He}$  وهي موجبة الشحنة ومداتها في حدود 3 cm في الهواء. ومعادلة التحلل بانبعث جسيمات ألفا هي:



• مثال:



# الفيزياء النووية Nuclear Physics

- طاقة التحلل اللازمة لانطلاق جسيم ألفا خارج النواة هي:

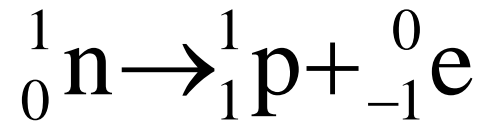
$$Q = [M_x - (M_y + M_\alpha)] 931.5 \text{ MeV}$$

- حيث  $M_x$  هي كتلة النواة الأم (قبل التحلل)،  $M_y$  كتلة النواة الناتجة (بعد التحلل)،  $M_\alpha$  كتلة جسيم ألفا.

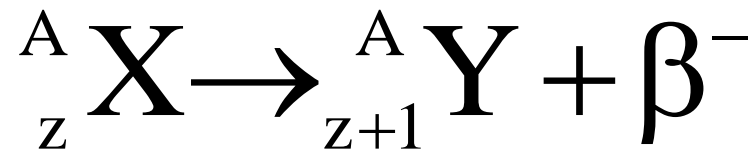
- يجب أن تكون  $Q$  أكبر من الصفر حتى تكون النواة باعثة لجسيمات ألفا.

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

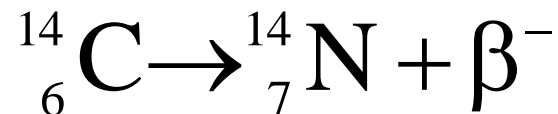
- جسيمات بيتا السالبة  $\beta^-$ : ينبعث إلكترون من النواة ناتج من تحول نيوترون إلى بروتون وذلك كي تصبح النسبة بين النيوترونات والبروتونات هي نسبة الاستقرار، أي أن:



- ومعادلة التحلل بانبعث جسيمات بيتا السالبة هي:

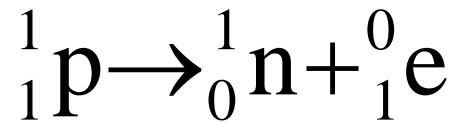


- **مثال:**

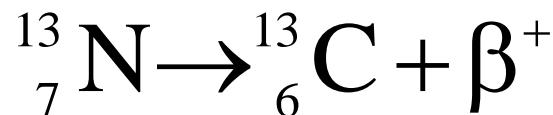
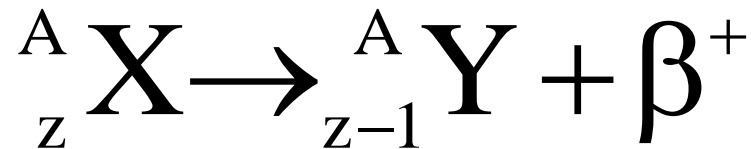


# الفيزياء النووية Nuclear Physics

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



- ومعادلة التحلل بانبعث جسيمات بيتا الموجبة هي:



- مثال:



# الفيزياء النووية Nuclear Physics

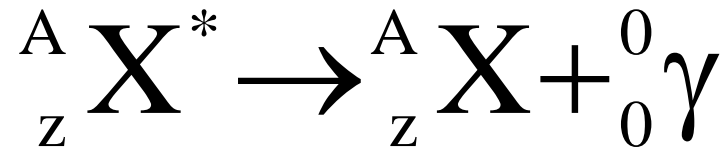
- طاقة التحلل اللازمة لانطلاق جسيم بيتا خارج النواة هي:

$$Q = [M_x - (M_y + M_e)] 931.5 \text{ MeV}$$

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

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## • التحلل بانبعث 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

# Nuclear Physics الفيزياء النووية

## Various Decay Pathways

Alpha decay	${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{He}$
Beta decay ( $e^-$ )	${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z+1}\text{Y} + e^- + \bar{\nu}$
Beta decay ( $e^+$ )	${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z-1}\text{Y} + e^+ + \nu$
Gamma decay	${}^A_Z\text{X}^* \rightarrow {}^A_Z\text{X} + \gamma$

# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## قانون التحلل الإشعاعي Radioactivity decay law

شدة الإشعاع النووي يعتمد فقط على عدد النوى المشعة في العينة  $N$ . ومعدل التحلل الإشعاعي  $\Delta N/\Delta t$  يتناسب طرديا مع  $N$  أي أن:

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

$\lambda$  ثابت يسمى ثابت التحلل

عدد النوى المشعة  $N$  عند زمن  $t$  يعطى بالعلاقة:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

حيث  $N_0$  هي عدد النوى المشعة في العينة عند زمن  $t=0$ .

# Nuclear Physics الفيزياء النووية

## النشاط الإشعاعي Radioactivity

الشدة الإشعاعية أو معدل التحلل للعينة عند الزمن  $t$  هي:

$$R = N \lambda$$

ووحدة قياسها في الوحدات الدولية هي البيكريل (Bq):

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

وتقاس أيضا بالكيوري (Ci):

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

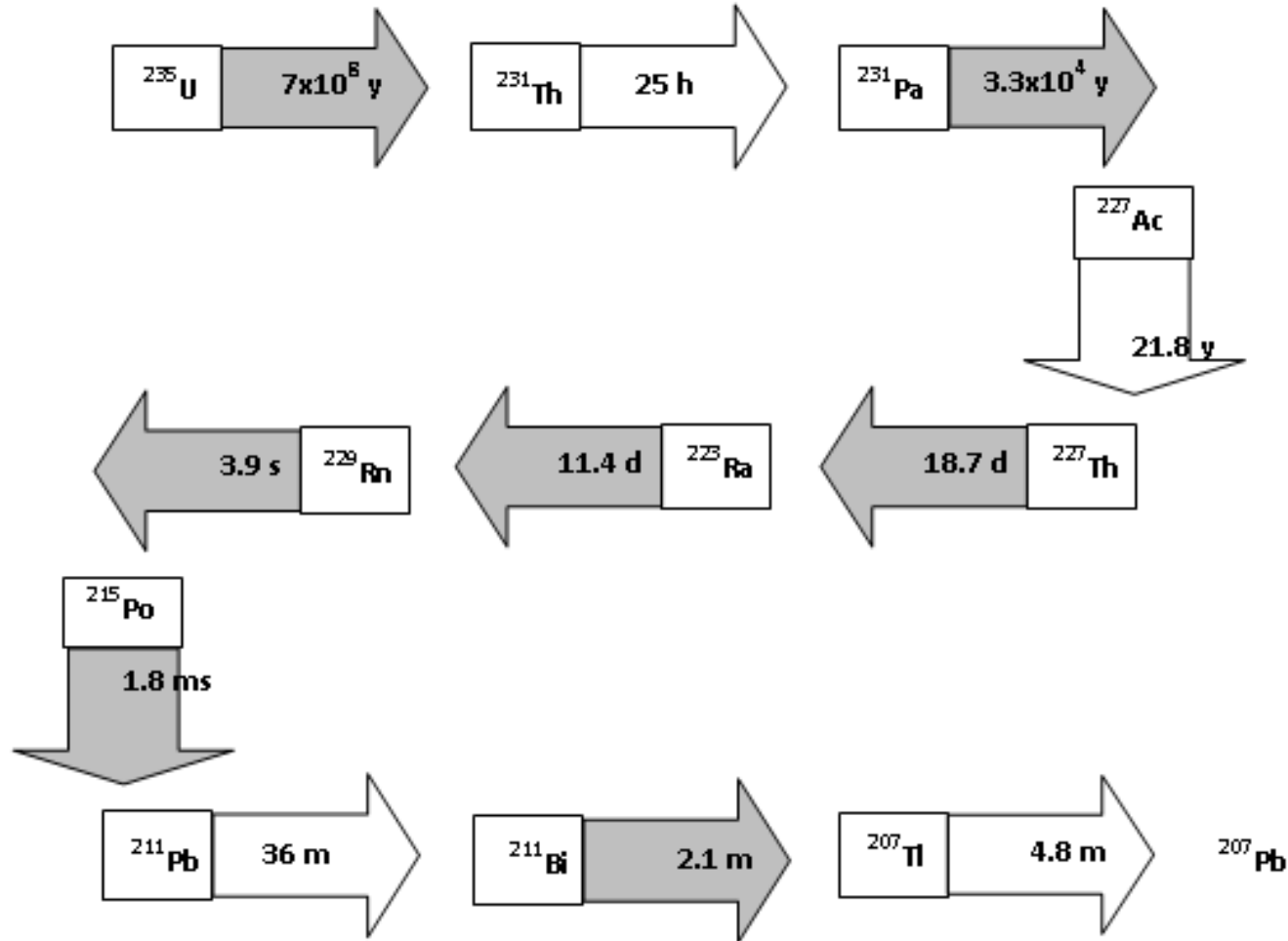
# Nuclear Physics الفيزياء النووية

## عمر النصف Half life

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

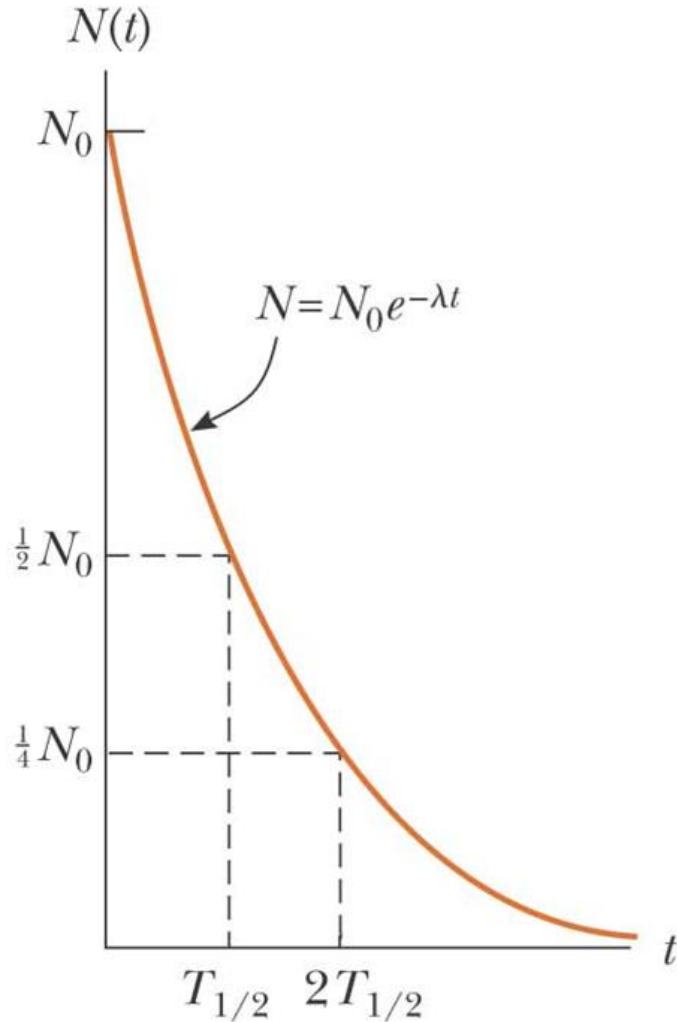
$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

# Nuclear Physics الفيزياء النووية



يختلف عمر النصف اختلافا كبيرا من عنصر مشع إلى آخر. الشكل يوضح أمثلة للعناصر في سلسلة اليورانيوم-235

# Nuclear Physics الفيزياء النووية



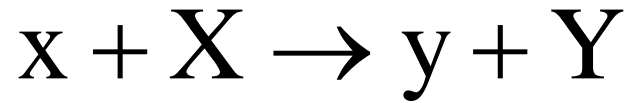
العلاقة الأسية للتحلل الإشعاعي.  
عدد النوى المشعة  $N$  (على محور  
 $y$ ) عند أي لحظة زمنية  $t$  (على  
محور  $x$ ).



# الفيزياء النووية Nuclear Physics

## التحول النووي الصناعي **Synthetical Nuclear Transmutation**

أمكن إنتاج العديد من العناصر أو النظائر الصناعية سواء كانت مشعة أو مستقرة، وذلك باستعمال المعجلات النووية حيث يُعَجَّل (يُسْرَع) الجسيم النووي كالبروتونات والنيوترونات والالكترونات ومن ثم قذف نواة العنصر الهدف به.



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

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

# Nuclear Physics الفيزياء النووية

Some of principal primordial, cosmogenic and man-made radionuclides  
 بعض النويات المشعة: أبدية الإشعاع، كونية الأصل، من عمل البشر

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