الفيزياء النووية Nuclear Physics

تركيب النواة

يرمز للنواة عادة بالآتي: $^{A}_{Z}X$

X رمز العنصر. وتتكون النواة من نيوكلونات أي بروتونات ونيترونات.

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

A العدد الكتلي mass number وهو عدد البروتونات + عدد النيترونات 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 لايكون 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 (u) atomic mass unit: وحدة لتحديد الكتل الذرية للعناصر بدلا من الكيلوجرام وتساوي 12:1 من كتلة ذرة الكربون 12 أي أن:

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

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

Therefore: $1u = 931.5$ MeV

كتلة البروتون على سبيل المثال تساوي:

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

$= 1.007276\ u = 938.28$ MeV

الفيزياء النووية Nuclear Physics

حجم النواة

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

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

حيث r_o ثابت التناسب ويساوي 1.2×10^{-15} m

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

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

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 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:

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

whereas

$$6 \times m_p + 6 \times m_n = 12.09564\ u$$

- فالفرق في الكتلة:

$$\Delta m = 12.09564 - 11.996706 = 0.09894\ u$$

- 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

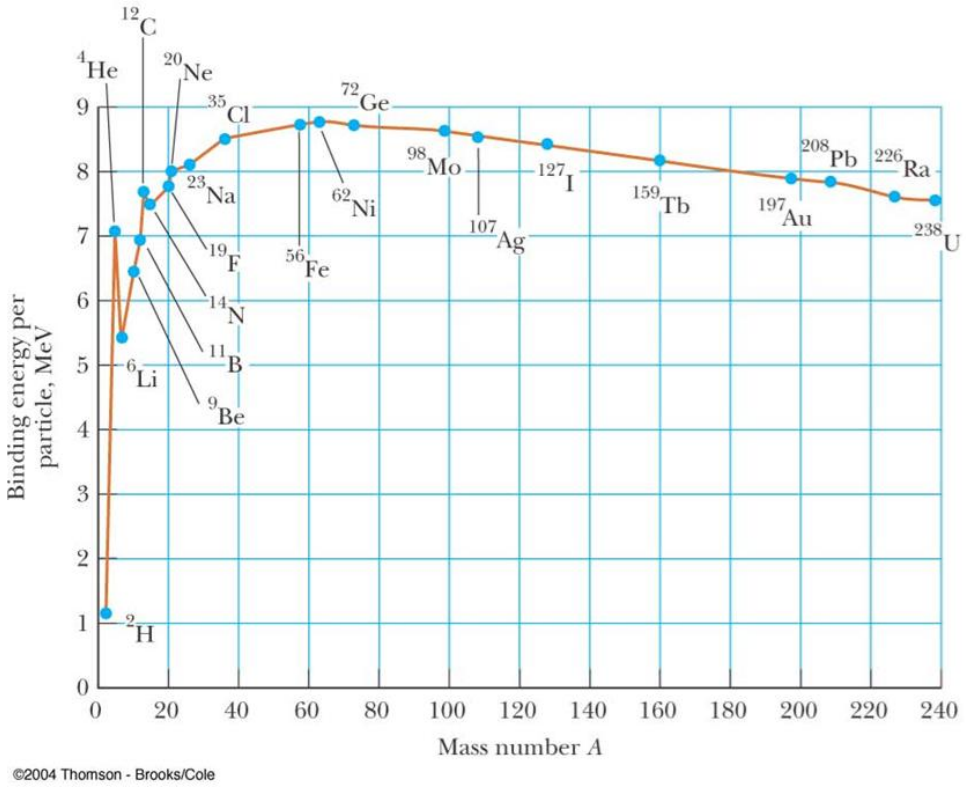
معادلة الطاقة الرابطة تكتب على الصيغة:

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

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

الفيزياء النووية Nuclear Physics

العلاقة بين B.E و A

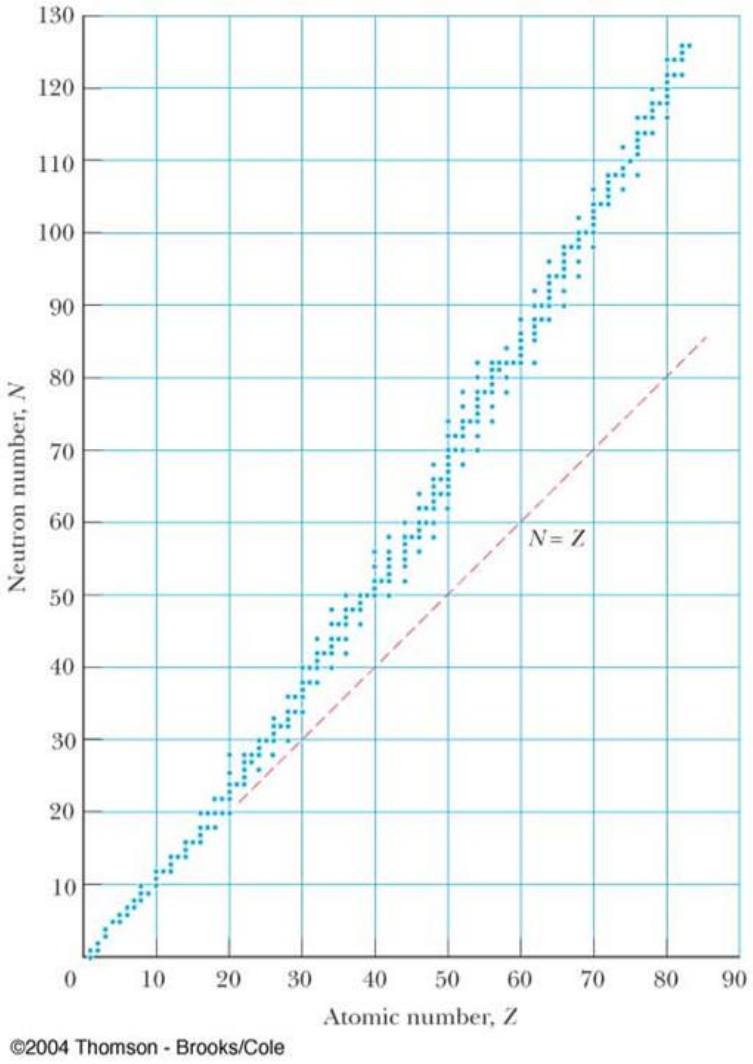


©2004 Thomson - Brooks/Cole

- 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



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)

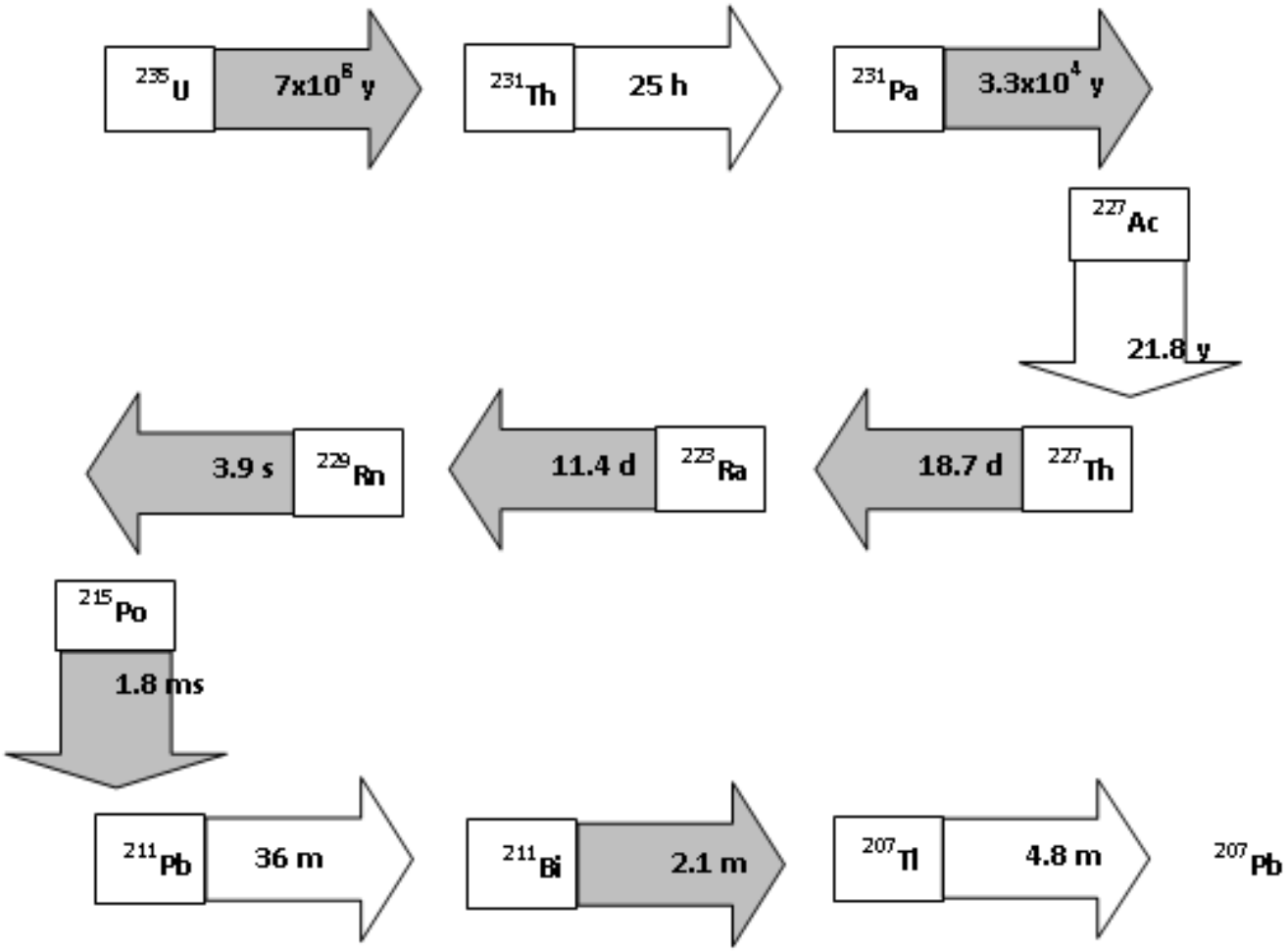
الفيزياء النووية Nuclear Physics

- النشاط الإشعاعي الطبيعي Natural radioactivity

- اكتشف Becquerel هذه الظاهرة في ١٨٩٦.
- وتتحلل المواد المشعة باطلاق هي:

1. جسيمات ألفا α.
2. جسيمات بيتا β بنوعيها الموجبة والسالبة.
3. أشعة جاما γ.

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 ${}_{2}^{4}\mathrm{He}$ وهي موجبة الشحنة ومداها في حدود 3 cm في الهواء. ومعادلة التحلل بانبعاث جسيمات ألفا هي:

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

- مثال:

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

الفيزياء النووية Nuclear Physics

- 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_α كتلة جسيم ألفا.

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

الفيزياء النووية Nuclear Physics

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

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

- 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 β^+:** ينبعث بوزيترون من النواة ناتج من تحول بروتون إلى نيترون وذلك كي تصبح النسبة بين النيترونات والبروتونات هي نسبة الاستقرار، أي أن:

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

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

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

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	${}^{A}_{Z}\mathrm{X}^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + \gamma$

Nuclear Physics الفيزياء النووية

Radioactivity decay law قانون التحلل الإشعاعي

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

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

λ ثابت يسمى ثابت التحلل

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.

Nuclear Physics الفيزياء النووية

Radioactivity النشاط الإشعاعي

الشدة الإشعاعية أو معدل التحلل للعينة عند الزمن t هي:

$$R = N \lambda$$

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

1Bq =1 decay/sec

وتقاس أيضا بالكيوري Curie (Ci):

$1Ci=3.7x10^{10}$ decay/sec = $3.7x10^{10}$ Bq

Nuclear Physics الفيزياء النووية

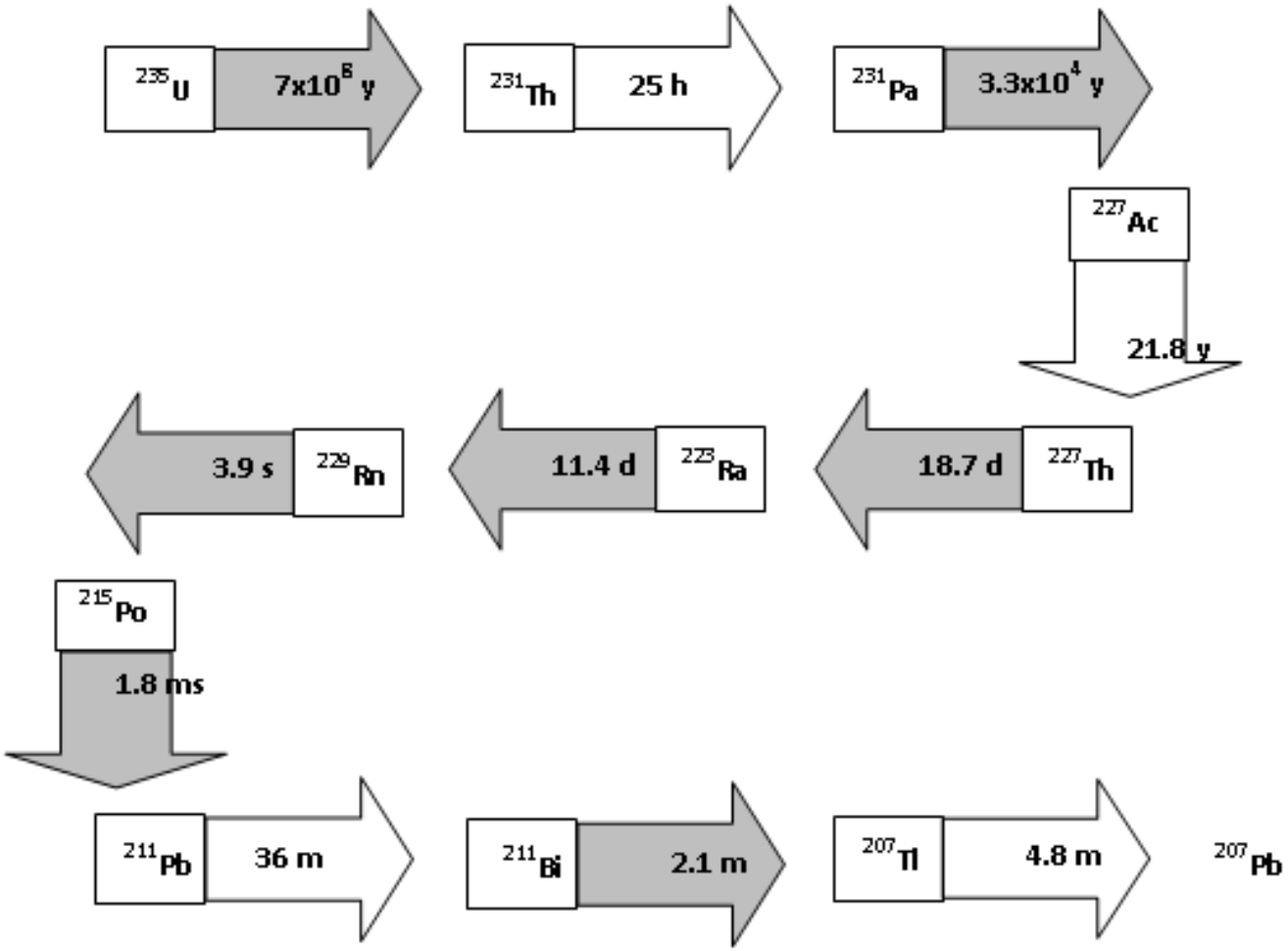
عمر النصف Half life

هو الزمن اللازم لكي تتحلل نوى نظير معين إلى نصف عددها

ويمثله العلاقة:

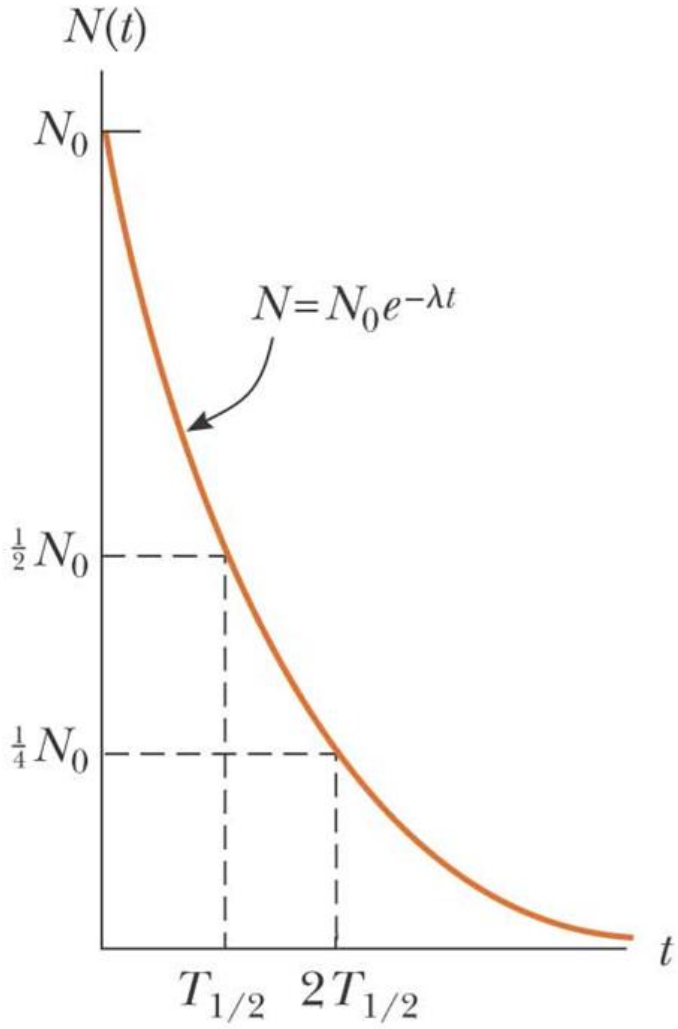
$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

Nuclear Physics الفيزياء النووية



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

الفيزياء النووية Nuclear Physics



العلاقة الأسية للتحلل الإشعاعي.

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

Nuclear Physics الفيزياء النووية

التحول النووي الصناعي Synthetical Nuclear Transmutation

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:

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

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