

VẬT LÝ HẠT NHÂN

- **CẤU TẠO HẠT NHÂN**
 - Điện tích và khối lượng
 - Kích thước và cấu trúc hạt nhân
- **NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT VÀ LỰC HẠT NHÂN.**
- **PHẢN ỨNG HẠT NHÂN**
 - Các loại tương tác ứng hạt nhân
 - Năng lượng phản ứng hạt nhân
 - Năng lượng ngưỡng
 - Phản ứng phân hạch hạt nhân –
 - Lò phản ứng hạt nhân - phản ứng dây chuyền.
- **PHÓNG XẠ**
 - CÁC QUÁ TRÌNH PHÂN RÃ
 - PHÂN RÃ GAMMA
 - PHÂN RÃ ALPHA
 - PHÂN RÃ BETA
 - PHÓNG XẠ TỰ NHIÊN

CẤU TẠO HẠT NHÂN

Lịch sử phát triển của hạt nhân nguyên tử

- 1896 (năm khai sinh ra vật lý hạt nhân) Henri Becquerel (1852-1908) khám phá ra phóng xạ phát ra trong hợp chất Uranium.
- 1911 Rutherford đã tiến hành thí nghiệm tán xạ hạt alpha, thí nghiệm quan trọng giúp phát hiện là lực chưa biết – lực hạt nhân.
- 1930 Cockroft và Walton đã tiến hành thí nghiệm phản ứng hạt nhân bằng máy gia tốc các hạt tích điện.
- 1932 Chadwick phát hiện ra neutron (nơtrôn) và kết luận một nửa hạt nhân nguyên tử được cấu tạo bởi các neutron.
- 1933 Joliot và Irene Curi đã phát hiện ra phóng xạ nhân tạo.
- 1938 Meitner, Hahn và Strassmann đã phát hiện ra phân hạch hạt nhân.
- 1942 Fermi và các cộng sự đã phát triển lò phản ứng phân hạch hạt nhân đầu tiên



Ernest Rutherford (1871–1937), a physicist from New Zealand, was awarded a Nobel prize in 1908 for discovering that atoms can be broken apart by alpha rays and for studying radioactivity. "On consideration, I realized that this scattering backward must be the result of a single collision, and when I made calculations I saw that it was impossible to get anything of that order of magnitude unless you took a system in which the greater part of the mass of the atom was concentrated in a minute nucleus. It was then that I had the idea of an atom with a minute massive cen-

CẤU TẠO HẠT NHÂN

Cấu tạo hạt nhân: hạt nhân nguyên tử được cấu tạo từ các hạt proton (+e) và neutron(0).

Các đại lượng hạt nhân:

Số nguyên tử khối (số proton): Z

Số neutron : N

Khối lượng hạt nhân : A

Điện tích hạt nhân

- proton mang điện tích +e ($e = 1,602\ 177\ 3 \times 10^{-19}\ C$)

- Proton được cấu tạo từ các hạt quark (các hạt cơ bản):

- Neutron là hạt trung hòa điện: điện tích = 0.

- Neutron được cấu tạo từ các hạt quark

Khối lượng hạt nhân

Định nghĩa đơn vị khối lượng nguyên tử: lấy khối lượng của ^{12}C trung hòa làm chuẩn: $m(^{12}\text{C}) = 12\ u \Rightarrow u = 1/[12\ m(^{12}\text{C})] = 1.660540 \times 10^{-27}\ \text{kg}$.

CẤU TẠO HẠT NHÂN

Khối lượng hạt nhân

Định nghĩa đơn vị khối lượng nguyên tử: lấy khối lượng của ^{12}C trung hòa làm chuẩn: $m(^{12}\text{C}) = 12 \text{ u} \Rightarrow \text{u} = 1/[12 m(^{12}\text{C})] = 1.660540 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

- Tính năng lượng tương đương của đơn vị khối lượng nguyên tử: $1 \text{ u} \equiv ?$

$$E = mc^2 = (1.660\,540 \times 10^{-27} \text{ kg}) \frac{(2.997\,924\,6 \times 10^8 \text{ m/s})^2}{(1.602\,177\,3 \times 10^{-19} \text{ J/eV})}$$
$$= 931.494\,3 \text{ MeV}$$

$$1 \text{ u} \equiv 931.494\,3 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

Mass			
Particle	kg	u	MeV/c ²
Proton	$1.672\,623 \times 10^{-27}$	1.007 276	938.272 3
Neutron	$1.674\,929 \times 10^{-27}$	1.008 665	939.565 6
Electron	$9.109\,390 \times 10^{-31}$	$5.48\,579\,9 \times 10^{-4}$	0.510 999 1

CẤU TẠO HẠT NHÂN

Kích thước và cấu trúc hạt nhân

- **Kích thước hạt nhân:** lần đầu tiên được khảo sát trong thí nghiệm tán xạ của Rutherford

$$\frac{1}{2}mv^2 = k \frac{q_1 q_2}{r} = k \frac{(2e)(Ze)}{d}$$

Solving for d , the distance of closest approach, we get

$$d = \frac{4kZe^2}{mv^2}$$

- Từ thí nghiệm với động năng của hạt alpha vào cỡ 7MeV, cho thấy kích thước của hạt nhân vào cỡ **$10^{-15} \text{ m} = 1\text{fm}$**

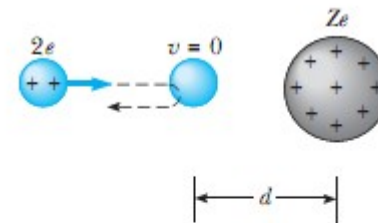


Figure 13.1 An alpha particle on a head-on collision course with a nucleus of charge Ze . Because of the Coulomb repulsion between the like charges, the alpha particle approaches to a distance d from the nucleus, called the *distance of closest approach*.

CẤU TẠO HẠT NHÂN

Kích thước và cấu trúc hạt nhân

•Sau Rutherford đã có rất nhiều thí nghiệm xác định kích thước hạt nhân và các kết quả cho thấy hình dạng hạt nhân được xấp xỉ có dạng hình cầu và có bán kính:

$$R = r_0 A^{1/3}$$

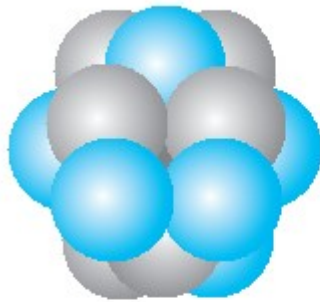


Figure 13.3 A nucleus can be modeled as a cluster of tightly packed spheres, each of which is a nucleon.

where A is the mass number and r_0 is a constant equal to 1.2×10^{-15} m. Because the volume of a sphere is proportional to the cube of its radius, it follows from Equation 13.1 that the volume of a nucleus (assumed to be spherical) is directly proportional to A , the total number of nucleons. This suggests that **all nuclei have nearly the same density**. When the nucleons combine to form a nucleus, they combine as though they were tightly packed spheres (Fig. 13.3). This fact has led to an analogy between the nucleus and a drop of liquid, in which the density of the drop is independent of its size. We shall discuss the liquid-drop model in Section 13.3.

- Tìm biểu thức xấp xỉ cho khối lượng của hạt nhân có số khối A
- Tìm thể tích và mật độ của hạt nhân này.

BÀI TẬP - CẤU TẠO HẠT NHÂN

1. Xác định bán kính của hạt nhân $^{12}_6\text{C}$, biết rằng bán kính điện $r_0 = 1,4 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
2. Bán kính của hạt nhân $^{238}_{92}\text{U}$ lớn hơn bán kính proton bao nhiêu lần biết $r_0 = 1,4 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
3. Xác định các số điện tích, số nuclôn và ký hiệu hóa học của các hạt nhân nguyên tử ^3_2He , ^7_4Be , $^{15}_8\text{O}$ nếu thay proton bằng neutron và neutron bằng proton.

NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT VÀ LỰC HẠT NHÂN

NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT – ĐỘ HỤT KHỐI

• Từ các kết quả đo khối lượng hạt nhân cho thấy khối lượng của hạt nhân M bao giờ cũng nhỏ hơn tổng khối lượng các nuclôn tạo thành hạt nhân một lượng ΔM (độ hụt khối)

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M$$

• Từ các định luật bảo toàn năng lượng và công thức Einstein cho thấy độ hụt khối tương ứng với năng lượng liên kết hạt nhân

$$W_{lk} = c^2 \Delta M = c^2 [Zm_p + (A - Z)m_n - M]$$

• NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT TÍNH THEO KHỐI LƯỢNG NGUYÊN TỬ

$$W_{lk} = c^2 [ZM_H + (A - Z)m_n - M_A] \times 931,494 \text{ (MeV/u)}$$

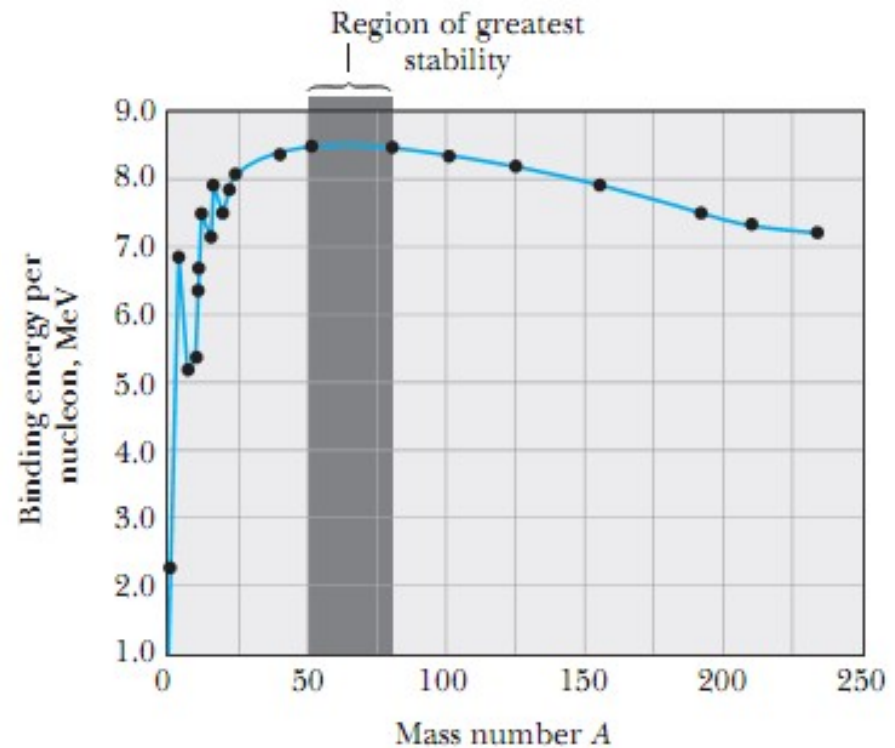
M_H : khối lượng Hidro; M_A : khối lượng nguyên tử của hạt nhân

NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT VÀ LỰC HẠT NHÂN

NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT RIÊNG – năng lượng liên kết của 1 nuclôn

$$\varepsilon = W_{IK}/A$$

•Tìm năng lượng liên kết của hạt nhân Deuteron được cấu tạo từ 1 proton và 1 neutron. Cho biết khối lượng của Deuteron là 2,014102 u, khối lượng của Hidro là 1,007825 u, khối lượng của proton 1,007276u, khối lượng của neutron là 1,008665 u



NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT VÀ LỰC HẠT NHÂN

LỰC HẠT NHÂN

- Là lực tương tác tầm ngắn – tầm tác dụng cỡ fm
- Là lực tương tác mạnh hơn lực điện từ
- Là lực hút.
- Có tính bão hòa

một nuclôn chỉ tương tác với một số nuclôn nhất định quanh nó.

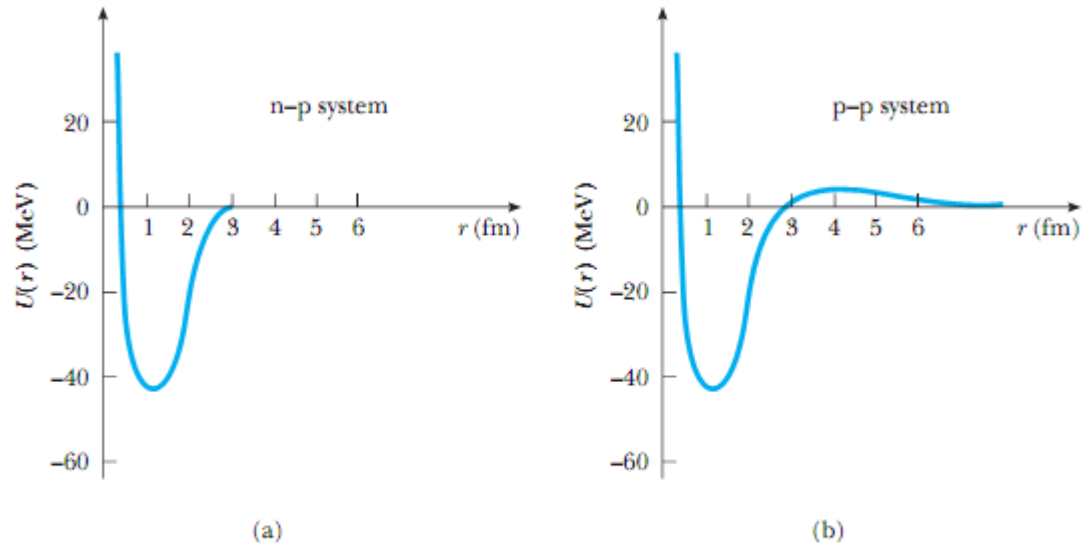


Figure 13.11 (a) Potential energy versus separation for the neutron–proton system. (b) Potential energy versus separation for the proton–proton system. The difference in the two curves is due mainly to the Coulomb repulsion in the case of the proton–proton interaction.

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

TƯƠNG TÁC HẠT NHÂN : chia làm 3 loại

- Va chạm đàn hồi : $A + a \rightarrow a + A$
- Va chạm không đàn hồi : $A + a \rightarrow a' + A^*$

A^* hạt nhân A ở trạng thái kích thích; a' là hạt nhân a ở trạng thái khác.

- **Phản ứng hạt nhân : $a + X \rightarrow Y + b$**

Hay được viết $X(a,b)Y$

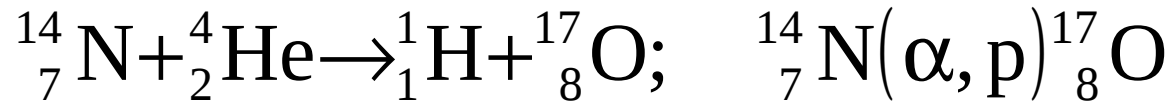
Hạt nhân a bắn vào hạt nhân X sẽ phát ra hạt nhân b và sinh ra hạt nhân Y

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN TRONG PHẢN ỨNG HẠT NHÂN.



- BẢO TOÀN SỐ KHỐI hay bảo toàn số nuclôn: $A_a + A_x = A_b + A_y$
- BẢO TOÀN Điện TÍCH : $Z_a + Z_x = Z_b + Z_y$
- BẢO TOÀN NĂNG LƯỢNG VÀ MÔMEN Động lượng



PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

NĂNG LƯỢNG PHẢN ỨNG.



- Giả sử hạt nhân X đứng yên, từ định luật bảo toàn năng lượng:

$$M_X c^2 + K_a + M_a c^2 = M_Y c^2 + K_Y + M_b c^2 + K_b$$

- K_a : động năng hạt nhân a
- K_Y : động năng hạt nhân Y
- K_b : động năng hạt nhân b
- Tổng động năng sinh ra (hay hấp thụ) trong phản ứng được gọi là năng lượng phản ứng

$$Q = (K_Y + K_b) - K_a = (M_X + M_a - M_Y - M_b)c^2$$

$Q > 0$ phản ứng tỏa nhiệt : $Q < 0$ phản ứng thu nhiệt

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

NĂNG LƯỢNG NGƯỠNG PHẢN ỨNG.



- Trong phản ứng thu nhiệt, để phản ứng xảy ra thì hạt nhân tới a cần phải có động năng tối thiểu được gọi là năng lượng ngưỡng

$$W_{ng}$$

- Đối với phản ứng năng lượng thấp, động năng của hạt sinh ra trong phản ứng nhỏ so với năng lượng nghỉ của chúng nên

$$K = 1/2mv^2 \text{ và } P = mv.$$

⇒ Năng lượng ngưỡng được tính bởi:

$$W_{ng} = |Q| \left(1 + \frac{M_a}{M_X} \right)$$

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

Table 14.1 *Q* Values for Nuclear Reactions Involving Light Nuclei

Reaction ^a	Measured <i>Q</i> Value (MeV)
${}^2\text{H}(n, \gamma){}^3\text{H}$	6.257 ± 0.004
${}^2\text{H}(d, p){}^3\text{H}$	4.032 ± 0.004
${}^6\text{Li}(p, \alpha){}^3\text{H}$	4.016 ± 0.005
${}^6\text{Li}(d, p){}^7\text{Li}$	5.020 ± 0.006
${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$	-1.645 ± 0.001
${}^7\text{Li}(p, \alpha){}^4\text{He}$	17.337 ± 0.007
${}^9\text{Be}(n, \gamma){}^{10}\text{Be}$	6.810 ± 0.006
${}^9\text{Be}(\gamma, n){}^8\text{Be}$	-1.666 ± 0.002
${}^9\text{Be}(d, p){}^{10}\text{Be}$	4.585 ± 0.005
${}^9\text{Be}(p, \alpha){}^6\text{Li}$	2.132 ± 0.006
${}^{10}\text{B}(n, \alpha){}^7\text{Li}$	2.793 ± 0.003
${}^{10}\text{B}(p, \alpha){}^7\text{Be}$	1.148 ± 0.003
${}^{12}\text{C}(n, \gamma){}^{13}\text{C}$	4.948 ± 0.004
${}^{13}\text{C}(p, n){}^{13}\text{N}$	-3.003 ± 0.002
${}^{14}\text{N}(n, p){}^{14}\text{C}$	0.627 ± 0.001
${}^{14}\text{N}(n, \gamma){}^{15}\text{N}$	10.833 ± 0.007
${}^{18}\text{O}(p, n){}^{18}\text{F}$	-2.453 ± 0.002
${}^{19}\text{F}(p, \alpha){}^{16}\text{O}$	-8.124 ± 0.007

^aThe symbols n, p, d, α , and γ denote the neutron, proton, deuteron, alpha particle, and photon, respectively. From C. W. Li, W. Whaling, W. A. Fowler, and C. C. Lauritsen, *Phy. Rev.*, 83:512, 1951.

Table 13.6 Some Atomic Masses

Element	Atomic Mass (u)	Element	Atomic Mass (u)
${}^4_2\text{He}$	4.002 603	${}^{27}_{13}\text{Al}$	26.981 539
${}^7_3\text{Li}$	7.016 003	${}^{30}_{15}\text{P}$	29.978 310
${}^9_4\text{Be}$	9.012 182	${}^{40}_{20}\text{Ca}$	39.962 591
${}^{10}_5\text{B}$	10.012 937	${}^{42}_{20}\text{Ca}$	41.958 63
${}^{12}_6\text{C}$	12.000 000	${}^{43}_{20}\text{Ca}$	42.958 766
${}^{13}_6\text{C}$	13.003 355	${}^{56}_{26}\text{Fe}$	55.934 939
${}^{14}_7\text{N}$	14.003 074	${}^{64}_{30}\text{Zn}$	63.929 145
${}^{15}_7\text{N}$	15.000 109	${}^{63}_{29}\text{Cu}$	63.929 599
${}^{15}_8\text{O}$	15.003 065	${}^{93}_{41}\text{Nb}$	92.906 377
${}^{17}_8\text{O}$	16.999 131	${}^{197}_{79}\text{Au}$	196.966 543
${}^{18}_8\text{O}$	17.999 160	${}^{202}_{80}\text{Hg}$	201.970 617
${}^{18}_9\text{F}$	18.000 937	${}^{216}_{84}\text{Po}$	216.001 888
${}^{20}_{10}\text{Ne}$	19.992 436	${}^{220}_{86}\text{Rn}$	220.011 368
${}^{23}_{11}\text{Na}$	22.989 768	${}^{234}_{90}\text{Th}$	234.043 593
${}^{23}_{12}\text{Mg}$	22.994 124	${}^{238}_{92}\text{U}$	238.050 785

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH HẠT NHÂN – phản ứng bắt

neutron : xuất hiện khi một hạt nhân rất nặng bị phân chia thành hai hạt nhân có khối lượng nhỏ hơn. Trong phản ứng này tổng khối lượng của hai hạt nhân sau phản ứng nhỏ hơn khối lượng của hạt nhân ban đầu.

Phản ứng này xảy ra khi hạt nhân nặng bắt neutron:



- 1938 phản ứng phân hạch hạt nhân lần đầu tiên được phát hiện bởi Otto Hahn (German chemist), Lise Meitner (Austrian physicist), và Fritz Strassmann (German chemist).
- Năng lượng trung bình tỏa ra trong 1 phản ứng phân hạch vào cỡ 200MeV.
- Có rất nhiều loại sản phẩm phân hạch X, Y được tạo ra, phản ứng phân hạch tiêu biểu của ${}_{92}^{235}\text{U}$:



PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH HẠT NHÂN

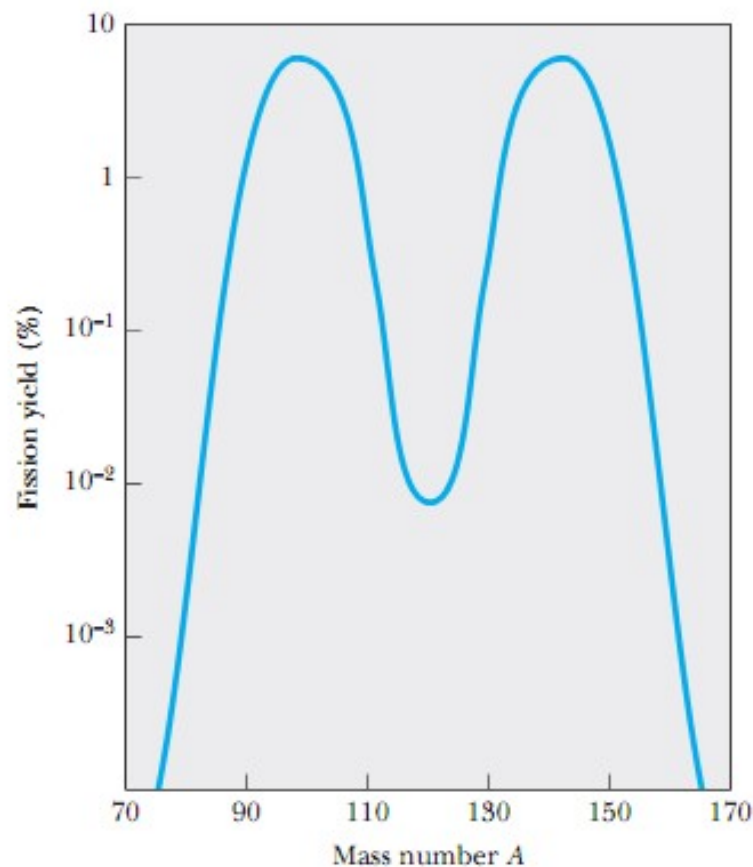


Figure 14.4 The distribution of fission products versus mass number for the fission of ^{235}U bombarded with slow neutrons. Note that the ordinate has a logarithmic scale.

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH HẠT NHÂN

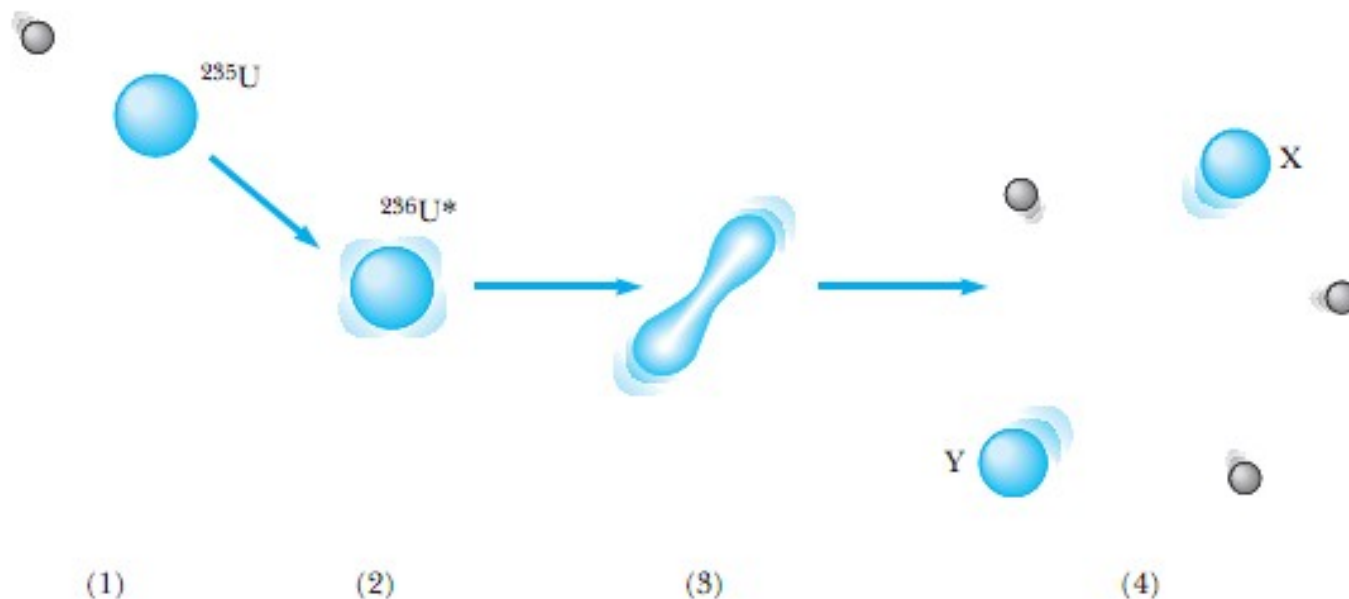


Figure 14.5 The stages in a nuclear fission event as described by the liquid-drop model of the nucleus.

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

- Khi một ^{235}U phân hạch sẽ tạo ra trung bình 2,5 neutron, các neutron này sẽ tiếp tục gây ra phản ứng phân hạch lên các ^{235}U khác và tạo ra phản ứng dây chuyền.
- Năng lượng sinh ra của phản ứng phân hạch từ 1kg ^{235}U tương đương 20.000 tấn TNT.
- Lò phản ứng hạt nhân là lò được thiết kế để tự duy trì phản ứng chuỗi.
- 1942 Fermi ở đại học Chicago đã tạo ra lò phản ứng phân hạch đầu tiên sử dụng Uranium tự nhiên làm nhiên liệu.
- Uranium tự nhiên chứa 0,7% ^{235}U và 99,7% ^{238}U . Trong đó ^{238}U hầu như không xảy ra phản ứng phân hạch.
- **Hầu hết các lò phản ứng hạt nhân ngày nay đều sử dụng uranium làm nhiên liệu.**

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

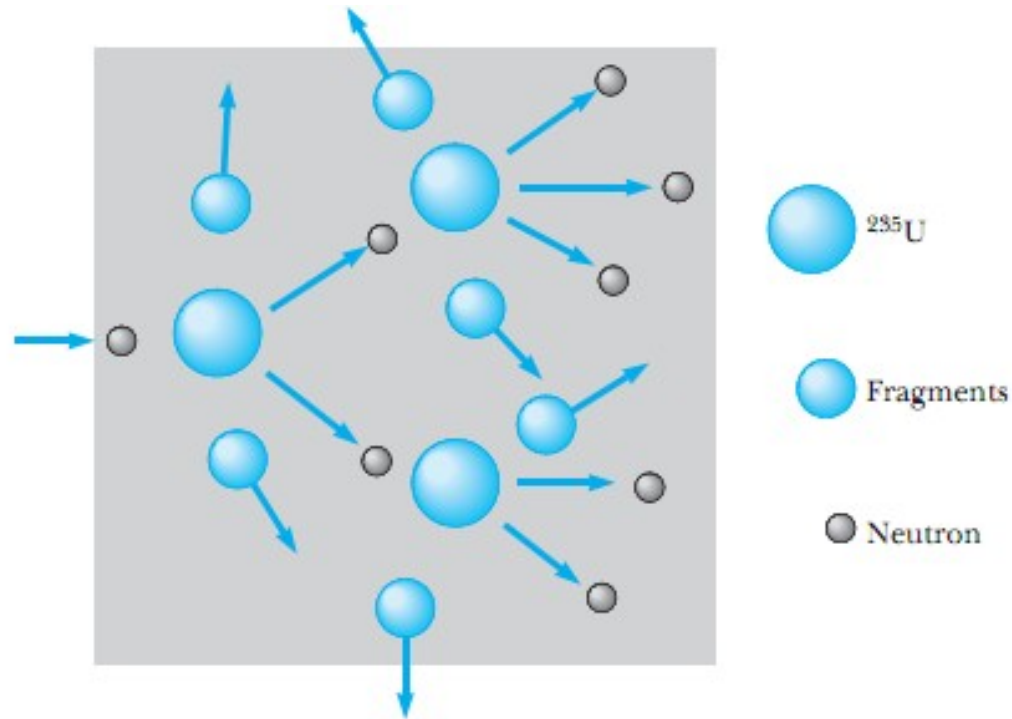


Figure 14.6 A nuclear chain reaction initiated by the capture of a neutron. (Many pairs of different isotopes are produced.)

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

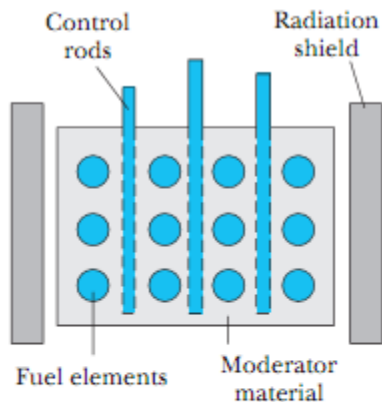


Figure 14.8 A cross section of

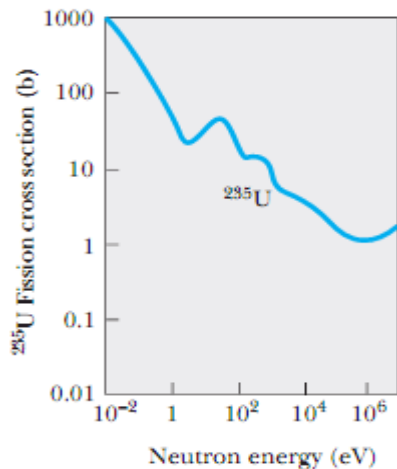


Figure 14.9 The cross section for neutron-induced fission of ^{235}U . The average cross section for room-temperature neutrons is about 500 b.

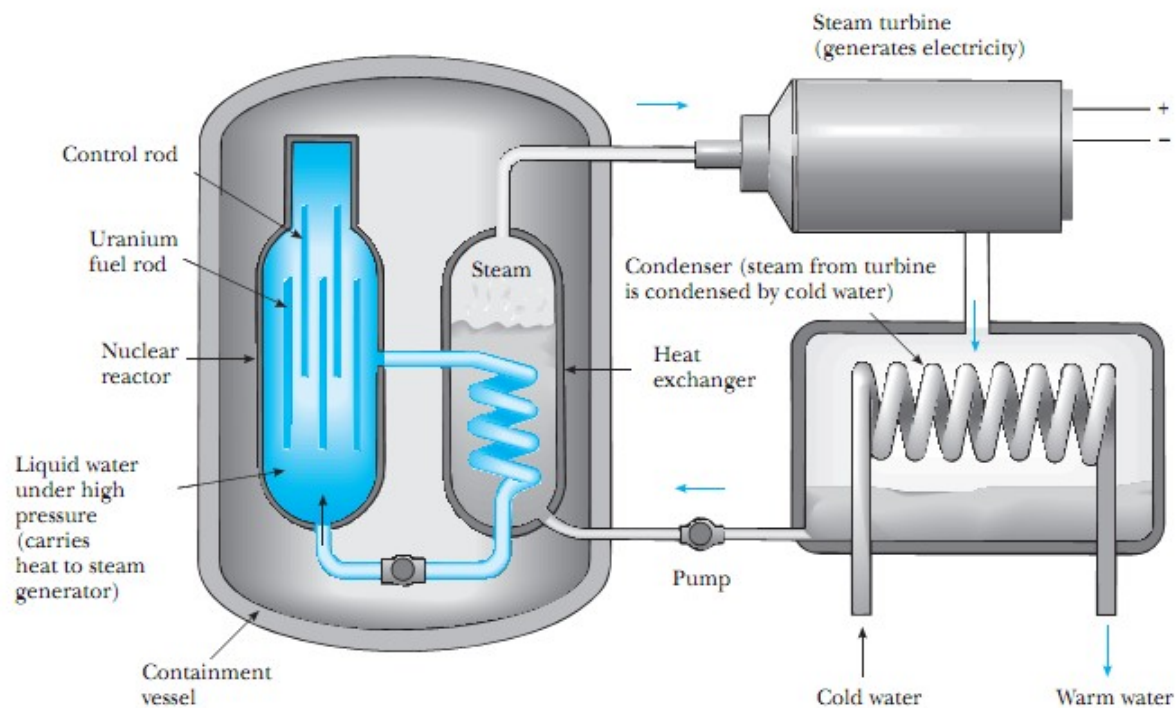


Figure 14.10 Main components of a pressurized-water reactor.

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH HẠT NHÂN: Là phản ứng tổng hợp hai hạt nhân nhẹ thành một hạt nhân nặng mà có khối lượng nhỏ hơn tổng khối lượng của hai hạt nhân nhẹ.

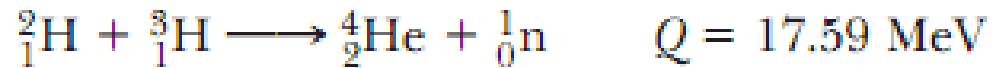
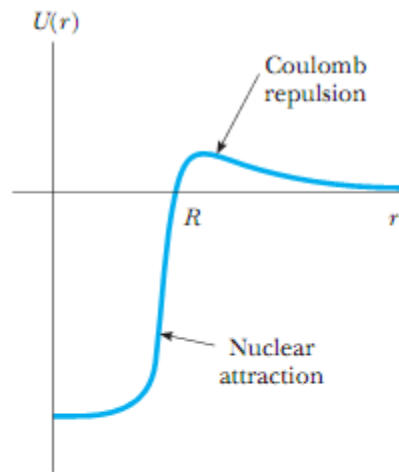


Figure 14.11 Potential energy as a function of separation between two deuterons. The Coulomb repulsive force is dominant at long range, whereas the nuclear attractive force is dominant at short range, where R is of the order of several fermi.

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

ÁP DỤNG CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN TRONG

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN: Xét bài toán một hạt proton (H) bắn vào hạt nhân Li đứng yên với động năng của proton 600 keV gây ra phản ứng hạt nhân sinh ra 2 hạt He bay ra theo hướng vuông góc với nhau. Xác định động năng của He bay ra.

- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng
- Áp dụng định luật bảo toàn động lượng

Ví dụ: xét phản ứng $p + {}^{13}\text{C} \rightarrow {}^{13}\text{N} + n$. Trong đó coi ${}^{13}\text{C}$ ban đầu đứng yên, proton bắn vào hạt nhân ${}^{13}\text{C}$ có động năng 4,15MeV và hạt neutron bay ra dưới một góc 90° so với phương của hạt nhân ${}^{13}\text{N}$. Tính động năng của neutron bay ra.

PHAÂN RAÕ PHOÙNG XAÏ

CAÙC KHAÙI NIEÄM

a. Ñòngh nghóa :

- Phaân raõ phòùng xaï laø söi bieán ñoãi töi phaùt moät ñoàng vò naøy thaønh moät ñoàng vò khaùc, thoâng qua vieäc phaùt ra moät haït naøo ñoù.

- Nhaân chòu söi phaân raõ phòùng xaï ñöôïc goïi laø nhaân

- Nhân không chòu sõi phaân raõ phòùng xai ñĩi c goii laø nhân beàn.

b. Caùc ñaèc trông cuûa phòùng xai laø :

- Loại haít phaùt ra
- Naêng lööing haít phaùt ra
- Thời gian phaùt ra
- Phaân boá goùc giöõa caùc haít cuøng phaùt ra vaø spin

- Tính phóng xạ không phải thuộc vào tính chất hoá học mà là tính chất của nguyên tử.

c. Các loại phóng xạ:

- Phóng xạ phát ra hạt Alpha
- Phóng xạ phát ra hạt Beta (electron hoặc positron)

- **Dòch chuyẻn Gamma xaỷ ra khi ñoàng vò phoùng xaỷ ôủ trẩng thại kích thích cao hôn chuyẻn veà trẩng thại thấp hôn hoặç veà trẩng thại cò baủn.**

Nhaủn phaut haỷt alpha hoặç beta sau ñoủ củ theủ phaut gamma neủ sau khi phaut haỷt mặ naẻng lổoẻng của heủ thoẻng ôủ trẩng

- ***d.* Các ñaéc tröng thöi gian của phaân raõ phöng xai :**

- **Thöi gian soáng trung bình τ**

- Phaân raõ phöng xai laø möt quá trình thoáng kê cho duø các nhaân laø nhö nhau vaø ñöôc taïo ra cuøng möt thöi ñiểãm seõ phaân raõ sau nhöõng thöi gian khác nhau

- Nhöng neáu ta tính cho möät soá raát lòun nhaân thì thøi gian soáng trung bình τ cuûa möät loaïi nhaân laø möät ñaïi löông ñaéc tröng cho loaïi nhaân ñoù.
- Möãi loaïi nhaân coù möät τ xaùc ñònh vaø khoâng phui thuoác vaøo caùch thöïc thu haït nhaân vaø caùc ñieàu kieän bên ngoaïi nhö :
 nhieät ñoä aùn suaát ñieän töø

- **Chu kỳ bán rã**

Khoảng thời gian cần cho các nhân phóng xạ N_0 giảm đi phân nửa gọi là *chu kỳ bán rã*

$T_{1/2}$ tức là : tại thời điểm

$t_0 = T_{1/2}$ số nhân còn lại phân rã chỉ là $\frac{N_0}{2}$:

$$t = T_{1/2} \rightarrow N(T_{1/2}) = \frac{N_0}{2} \quad (2.1)$$

Mỗi nguyên tố phóng xạ có chu kỳ bán rã xác định

- **Hằng số phân rã:**

Nếu mô tả hiện tượng phân rã phóng xạ người ta đưa vào một hằng số gọi là hằng số phân rã λ . Hằng số phân rã là xác suất để một nhân phân rã trong một đơn vị thời gian.

Neáu nhö còu N nhaân khoáng beàn thì trong moät ñôn vò thøi gian seõ còu λN nhaân phaân raõ.

Moãi loaïi nhaân còu moät haèng soá phaân raõ ñaëc tröng.

Ñòn h luaät phaân raõ phòùng xai

1. Thieát laäp ñòn h luaät cô baün

Trong moät ñôn vò thøi gian soá
nhaân phaân raõ laø λN , trong thøi
gian ñi eän tích soá nhaân phaân raõ laø
 dN baèng:

$$dN = -\lambda N dt \quad (2.2)$$

07/21/13 12:55 PM

Đó là một () ñôn h luaät cô baün thieát laäp

Ta ký hiệu:

- Tại $t = 0$ số nhân phòng xạ ban đầu là N_0

- Tại t số nhân phòng xạ là $N(t)$

Nếu gọi R là tốc độ phân rã thì
hay còn gọi là hoạt độ phòng xạ:

$$\frac{dN}{dt}$$

Maët khaùc töø (2.2) ta coù theå
 tìm ñöôic $N(t)$ baèng caùch laáy tích

phaân cuûa :

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad \int_{N_0}^{N(t)} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt \quad \ln \frac{N(t)}{N_0} = -\lambda t \quad \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

cuaï cuoàng ta ñöôic :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2.4)$$

**ñöôic goïi laø ñòngh luaät cô baün cuûa
 phaân raõ phòùng xaï . $N(t)$ laø soá
 haït nhaân coøn laï.**

=> Hoaït ñoã phòùng xaï : $R(t) =$

2. Quan hệ giữa chu kỳ bán rã $T_{1/2}$ và hằng số phân rã λ

Tại $t = T_{1/2}$ thì số nhân phân rã phóng xạ còn lại bằng phân nửa số nhân ban đầu :

$$N(T_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

Thay (2.5) vào (2.4) ta ñöôic :

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \quad \frac{N_0}{2} = \frac{N_0}{e^{\lambda T_{1/2}}} \quad 2 = e^{\lambda T_{1/2}}$$

$$\lambda T_{1/2} = \ln 2 \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (2.6)$$

Vaäy : Chu kyø baùn raõ tæ leä
nghòch vòui haèng soá phaân
raõ

3. Quan hệ giữa thời gian sáng trung bình τ và hàng số phân rã

Ta lấy một thời điểm t nào đó để khảo sát.

Những nhân số phân rã trước thời điểm t sẽ có thời gian sáng bé hơn t . Những nhân phân rã trong vi phân thời gian dt tại t sẽ

Soá nhaân naøy seõ laø
 $dN(t)$ baêng :

$$dN(t) = \lambda N(t) t dt$$

(2.7)

Thøi gian soáng toáng
coäng cuûa soá nhaân
naøy laø :

$$t \cdot dN(t) = \lambda N(t) t dt$$

(2.8)

Thời gian soáng trung bình
 của nhaân naøy seõ laø:

$$\tau = \frac{\int_0^{\infty} t N(t) dt}{\int_0^{\infty} N(t) dt} = \frac{\int_0^{\infty} t P(t) dt}{\int_0^{\infty} P(t) dt}$$

Thay (2.4) vào ta ñöôic :

$$(2.9) \quad \tau = \frac{\int_0^{\infty} t \lambda e^{-\lambda t} dt}{\int_0^{\infty} \lambda e^{-\lambda t} dt} = \frac{\int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt}{\int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt}$$

Để biến $\lambda t = x$ ta có:

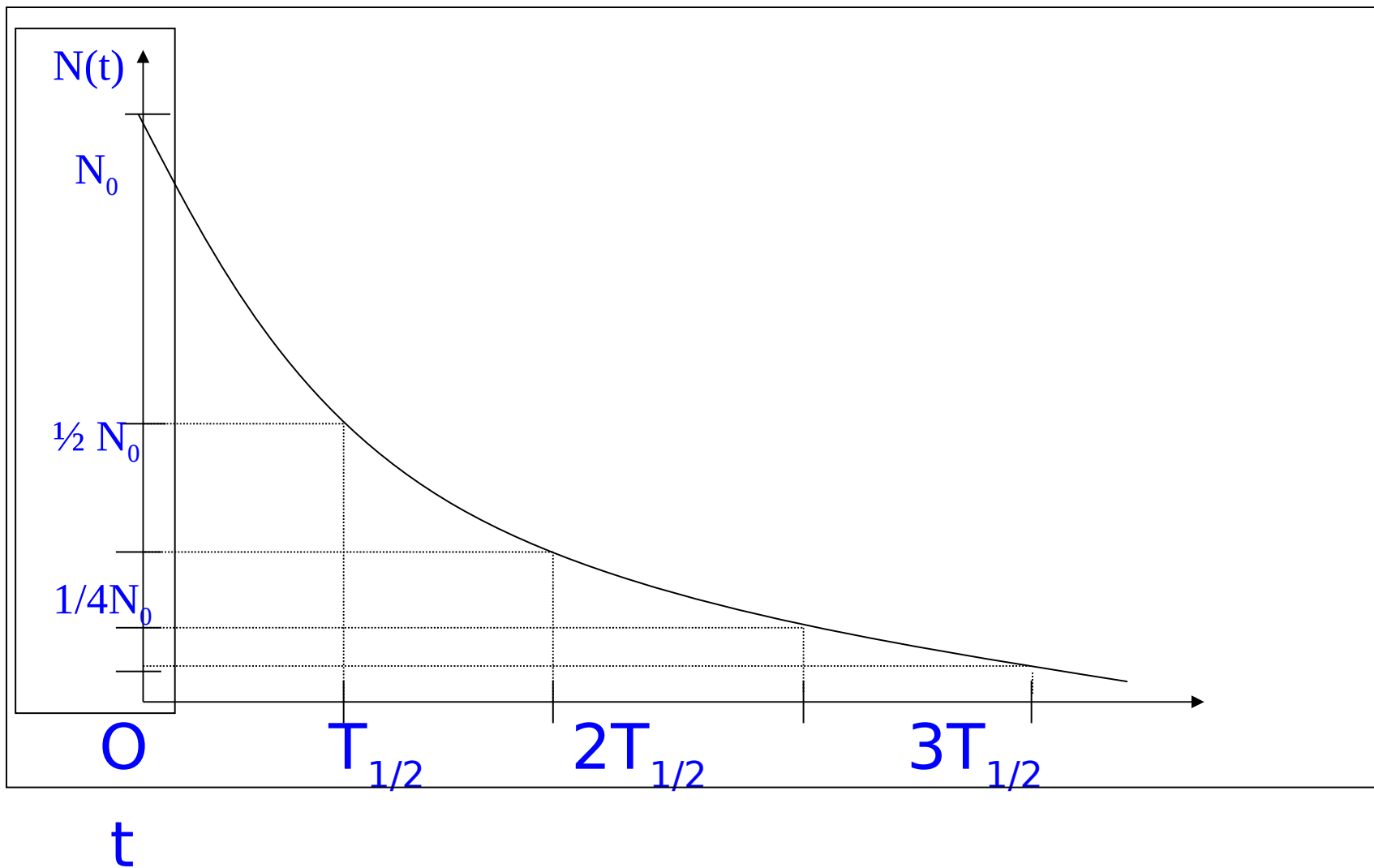
$$\tau = \frac{\int_0^{\infty} x N_0 e^{-x} dx}{\int_0^{\infty} e^{-x} dx} = \frac{1}{\lambda} \quad (2.10)$$

Vậy: Thời gian sóng trung bình của nhân bằng nghịch đảo của hằng số phân rã

Soá nhaân phòùng xai cøøn laii sau thøi gian soáng trung bình của nhaân τ là $N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = \frac{N_0}{e^{\lambda t}}$

Sau thøi gian τ nhaân phòùng xai giaûm e laàn

Treân hình 1 trình baøy söi phui thuoäc của $N(t)$ theo thøi gian döia theo qui luaät (2.4) . Ta thaáy raêng cöu sau moät thøi gian baùn



Hình 1 : Quy luật phân rã phóng xạ

Tõø ñòngh nghĩa của $T_{1/2}$ ta suy ra số nhân phóng xạ N còn lại sau n chu kỳ bán rã số vôùi số N_0 ban đầu là $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}$ vôùi

Ví dụi : Cõu $T_{1/2} = 5,27$ năm. Hõu sau $t = 10,54$ năm số nhân phóng xạ N còn lại bằng bao

Lôøi giaûi : Tööø : $N = N_0 e^{-\lambda t}$

aùp düng công thöüc : $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{5,27} t$
cöù $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ Suy ra : $N(t) = N_0 e^{-\frac{0,693}{5,27} t}$

Taïi $t = 2T_{1/2}$ soá nhaân phöùng xaï

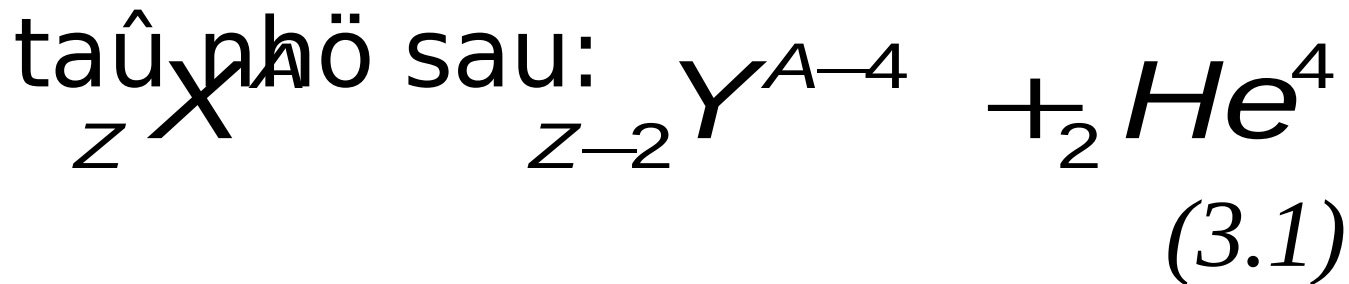
cöøn laïi laø : $N = 0,25N_0$

PHAÂN RAÕ ALPHA

Phân Rã Alpha

Hiện tượng một nhân năng có khối số A , nguyên tử số Z tự nhiên phát ra hạt alpha (${}_2\text{He}^4$) để trở thành một nhân khác có khối số giảm 4 đơn vị ($A - 4$) và nguyên tử số giảm 2 đơn vị

Phân rã alpha ñöôïc miêu



nhaân meï *nhaân con* *haít alpha*

Ta goïi nhaân naëng phaùt
haít alpha laø *nhaân meï*, nhaân
coù khoái soá $(A - 4)$ vaø

- Phân rã alpha xảy ra khi hạt nhân phòng xạ có tỉ số N/Z quá thấp.
- Phân rã alpha thỏa mãn điều kiện khối lượng sau $M_m < M_c + m_\alpha + 2m_e + Q$
(3.2)

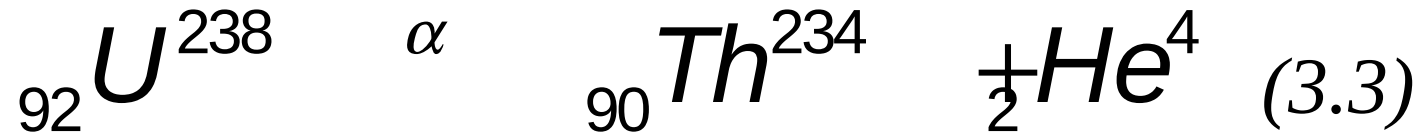
Trong đó : M_m , M_c , m_α , m_e
 tổng khối lượng của
 nhân mẹ, nhân con, hạt

Q : Toång ñoäng naêng cuûa
nhaân con vaø haït alpha.

- Vuøng phaân raõ alpha : Phaân
raõ alpha chæ xaûy ra ñoái vôi
caùc haït nhaân naêng .

Hieän coù hôn 200 nhaân
phaân raõ anpha. Ña soá chuùng
naèm cuoái baûng tuaàn hoạc

◦ **Caùc ví dụi phân rã alpha :**



Chu kỳ bán rã và năng lượng hạt alpha:

Tính chất quan trọng nhất của
phân rã alpha là số phụ thuộc rất
mạnh của chu kỳ bán rã và
năng lượng của hạt alpha.

Ñònñ luaät Geiger - NuHall
phaûn aùnh ñieàu ñòu ñhõ sau :

$$\lg T_{1/2} = C + \frac{D}{\sqrt{E}} \quad (3.6)$$

C, D : laø caùc haèng soá khoàng
phuï thuoäc vaøo khoái soá A maø
chæ phuï thuoäc chuû yeáu vaøo
Z.

Ñònñ luaät ñhõïc aùp ñuïng

Ta có thể biểu diễn
nhìn luật Geiger - NuHall dưới
dạng có số phụ thuộc của
quang chảy R vào hằng số
phân rã λ như sau : $\lg R =$
 $A \lg \lambda + B$

A : Chênh lệch nghiêng của
đường thẳng

**Caàn chuù yù laø haít alpha bò haáp
thui raát mainh bôui môai trôông . Do
vaây quaõng chây cuâ nò trong môai
trôông raát beù.**

**Do vaây böuc xai alpha töø nguàn
ngoại chieáu vaøo cô theá ít bò nguy
hieãm.**

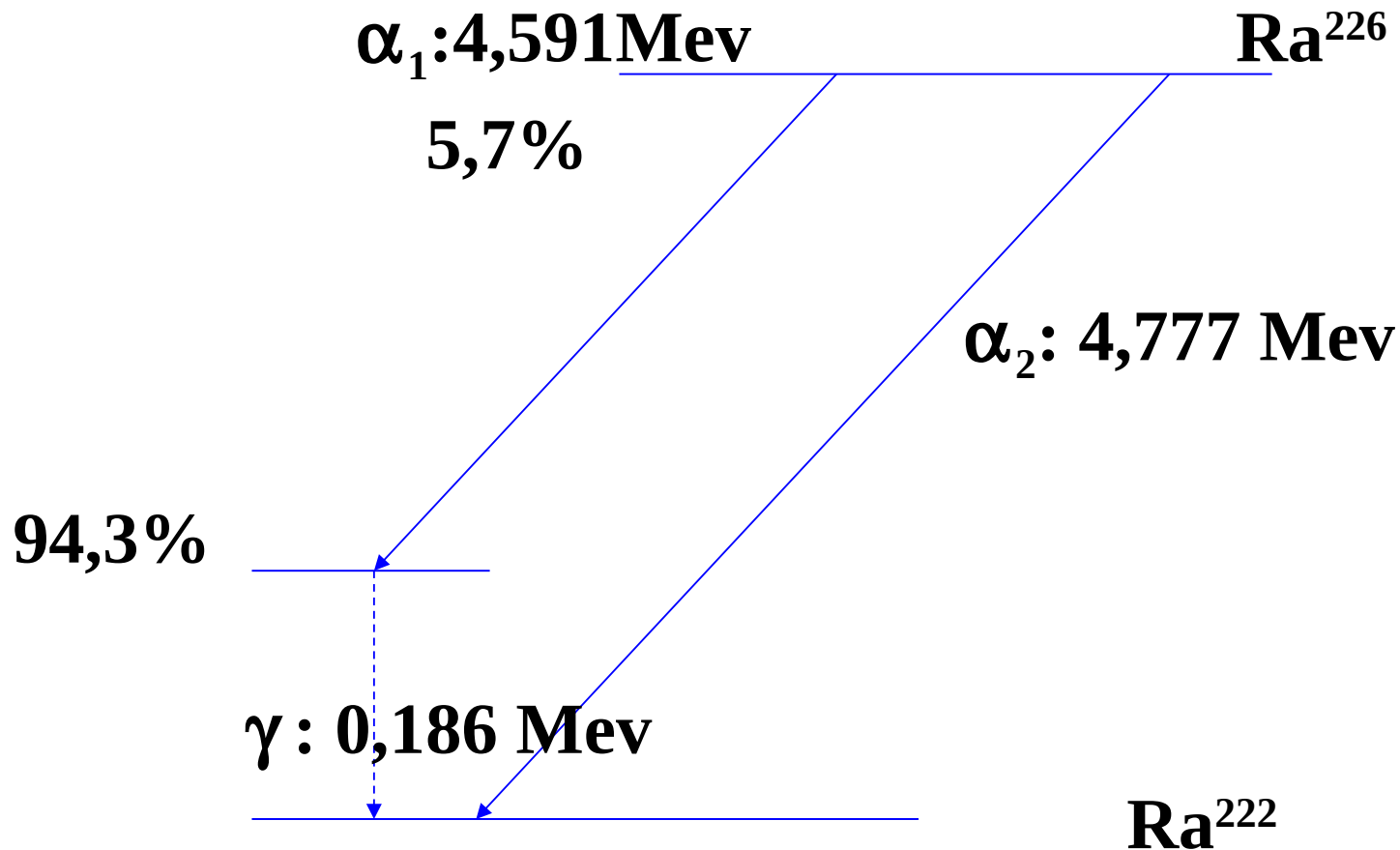
**Ngöøi ta tính ñöïc quaõng chây R
cuâ haít alpha cò naêng löông cao**

- **Hait alpha phat ra vôi naeng lööing vaø suaát ra xaùc ñònh .**

Hình 2 trình baøy söi phaân raõ theo hai nhaùnh. Nhaùnh thöu nhaát vôi hait alpha cöu naeng lööing = 4,591 Mev, suaát ra 5,7%. Sau khi phat hait alpha trôu thaønh ñoàng vò Radon (Rn^{222}) ôu traing thaui kích thích.

Laáp töüc ngay sau ñoù
thöïc hieän vieäc phaùt böüc
xaï gamma vöüi naêng
löôïng ñeä veà traïng thaùi
cô baün.

Nhaünh thöù hai sau khi
phaùt anpha coù naêng
löôïng , suaát ra 94,3% trôù



Hình 2: Sơ đồ phân rã α của Ra^{226}

Baøi toaøn maãu 1:

Baùng sau ñaây cho moät soá pheùp ño toác ñoã phaân raõ cuûa 12^8 . Ñaây laø chaát ñaùng daáu ñeã ño toác ñoã haáp thui loát cuûa tuyeán giaùp trong ngaønh y hoïc haït nhaân.

Tìm haèng soá phaân raõ vaø chu kyø

Thôøi gian (phut)	R (Soá ñeám /S)
4	392,2
36	161,4
68	65,5
100	26,8
132	10,9
164	4,56
196	1,86
218	1,00

Lôøi giaûi :

Laáy gorarit töi nhieân cuûa $N(t)$

07/21/13 12:55 PM

$$= N e^{-\alpha t}$$

PHAÂN RAÕ

BETA

Phân Rã Beta

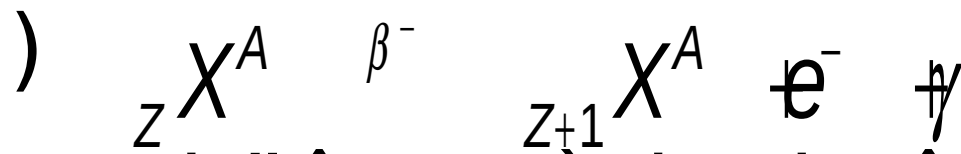
Hiện tượng phân rã beta là hiện tượng biến đổi tự nhiên một nhân không bền thành một nhân bền với việc tích tụ năng lượng một neutron, kèm theo việc phát một electron hay chiếm một electron của lớp vỏ nguyên

Có 3 loại phân rã β

1. Phân rã β^- (Phân rã ãn tũ)

- Trong phân rã loại này nhân ${}_Z X^A$ phát ra một e^- và một phân neutrino .

: là hạt trung hoặc không có khối lượng (gần như)



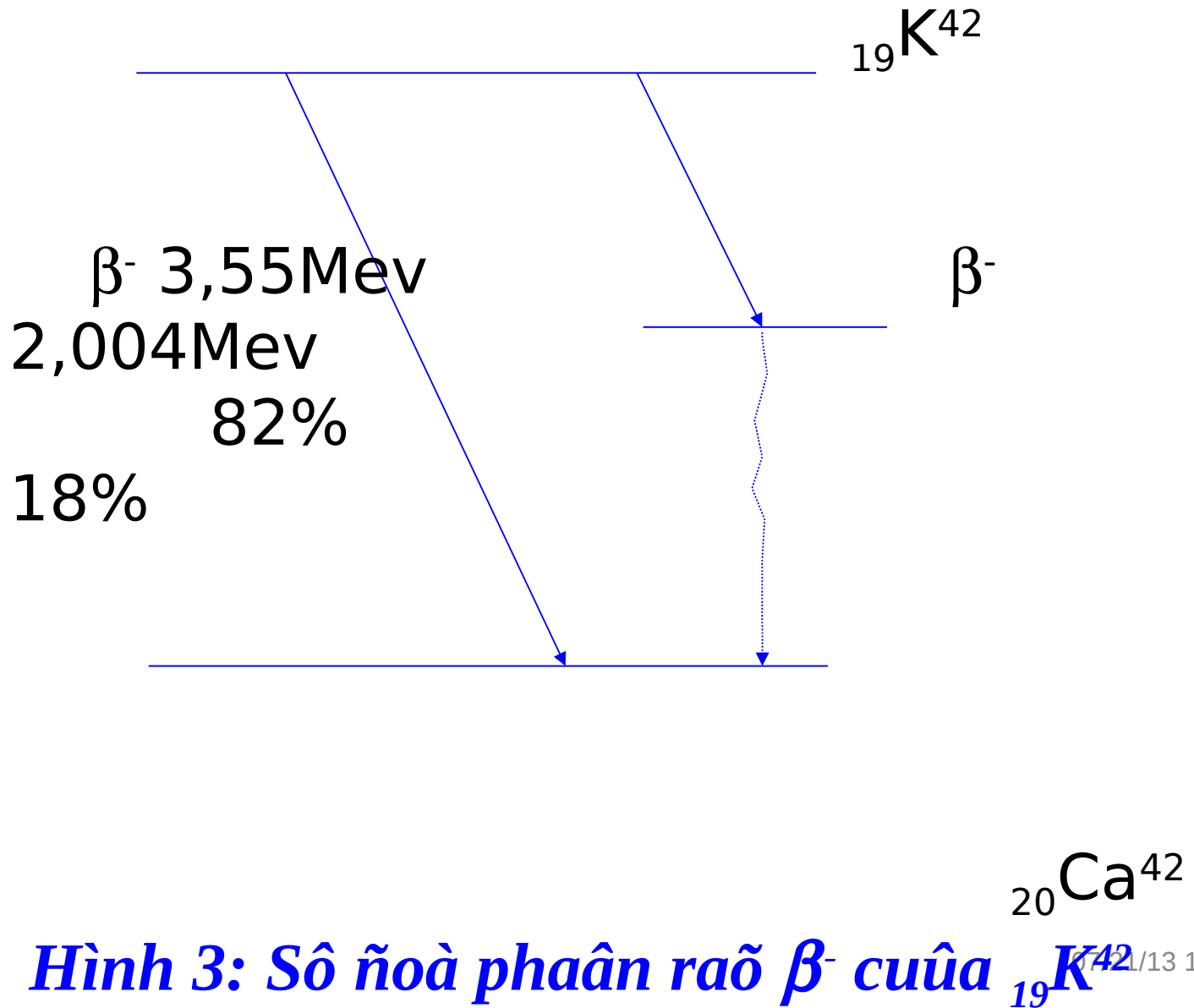
Phương trình phân rã là:



- Ta thấy phân rã β^- theo (4.1) là kết quả của phân rã neutron trong nhân để biến thành proton theo sơ đồ sau :

- Trong hình 3 nhân ${}_{19}\text{K}^{42}$ phát ra hai hạt β^- . Hạt β^- thõu nhất có suất ra 18% với năng lượng 2,04 Mev.

Sau khi phát hạt thõu nhất trở thành ${}_{20}\text{Ca}^{42}$ ở trạng thái kích thích với mức năng lượng 1,53 Mev. Sau ñó phát ra γ với năng lượng $E_{\gamma} = 1,53 \text{ Mev}$ ñể



Hình 3: Sơ đồ phân rã β^- của $_{19}\text{K}^{42}$

- Phân rã β^- tuân theo quan hệ khối lượng sau đây :

$$M_m = M_c + m_{e^-} + Q \quad (4.6)$$

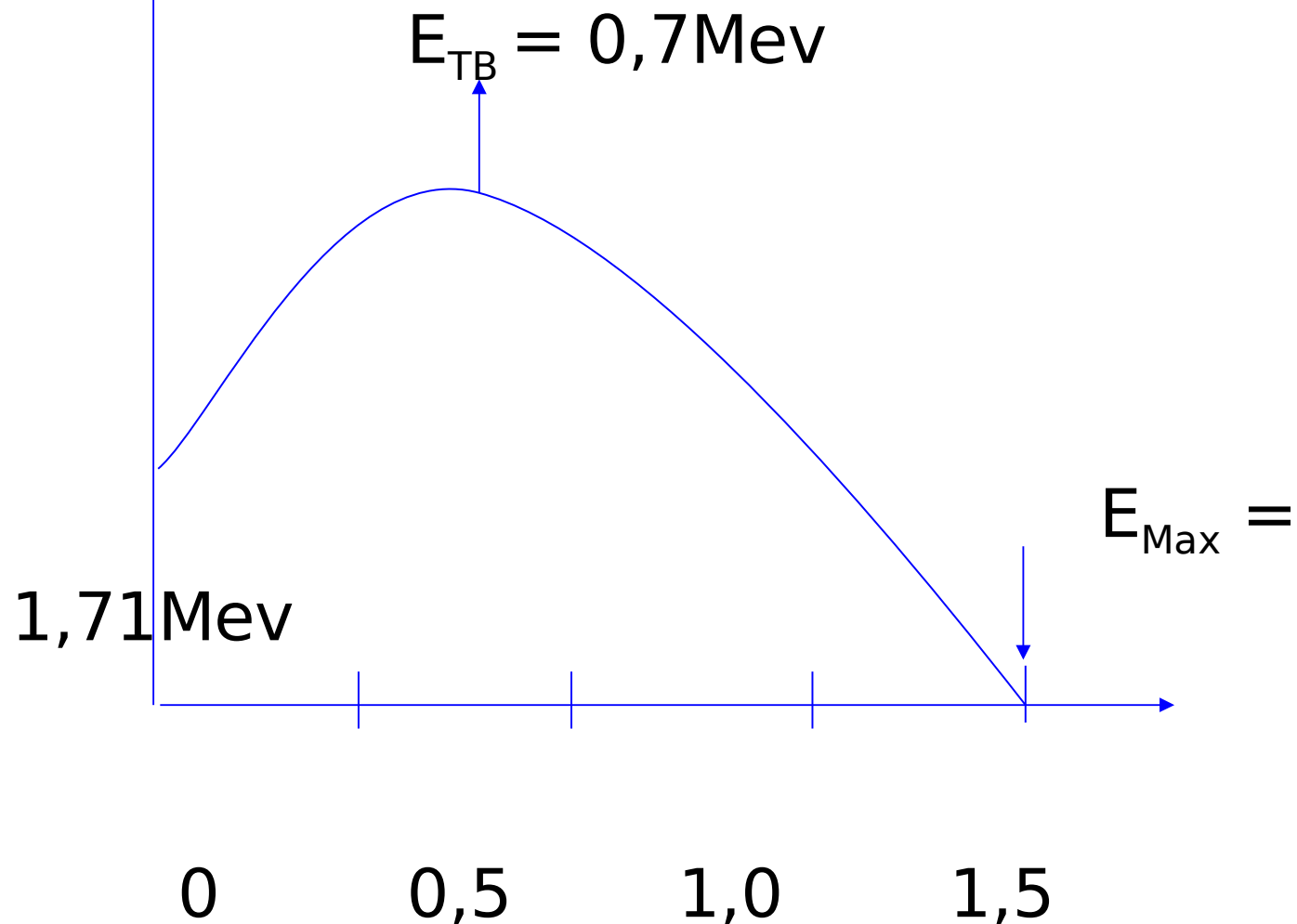
M_m , M_c , m_{e^-} là khối lượng nhân mẹ, nhân con và khối lượng electron

Q : là khối lượng tổng cộng của các sản phẩm phân rã trừ đi khối lượng của nhân mẹ

- Phổ năng lượng của e^- trong phân rã β^- là phổ liên tục từ 0 đến năng lượng $E_{\text{Max}} = Q$.

Hình 4 trình bày phổ phân rã β^- của P^{32} . Năng lượng cực đại của phổ là $E_{\text{Max}} = 1,71 \text{ MeV}$. Năng lượng

Soá töông ñoái



Hình 4 : Phổ phân rã β của ñoàng vò P^{32}

Thaáy phöông trình (4.4) thoaû caùc ñònh luaät baùo toaøn:

- Baùo toaøn ñieän tích :

$$(+15e) = (+16e) + (-e) + (0)$$

(4.7)

Chuù yù raêng khoâng mang ñieän.

- Baùo toaøn soá nucleon :

$$(32) = (32) + (0) + (0)$$

(4.8)

- Khả năng nấm xuyên của hạt beta lớn hơn hạt alpha.

Hạt Beta ít nguy hiểm khi chiếu xạ ngoài. Chấn động nguy hiểm khi hạt beta đi vào cơ thể, vì lúc đó trong quá trình hấp thụ của cơ thể nó sinh ra tia X có khả năng nấm xuyên lớn.

2. Phân rã β^+ (hoặc phân rã positron)

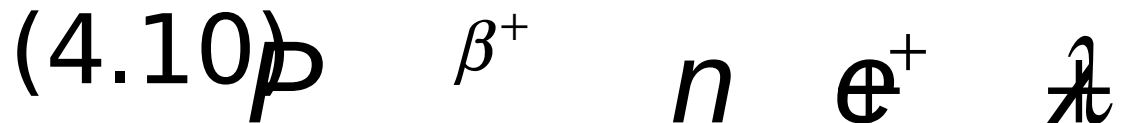
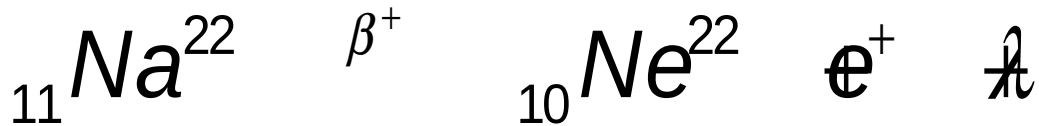
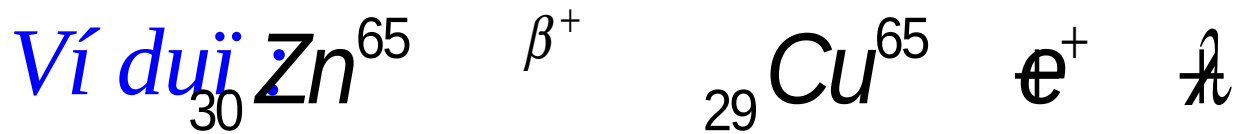
Ôu ñây nhaân ${}_Z X^A$ phaut ra moät positron e^+ vaø moät neutrino γ ñeã hình thaønh moät nhaân coù cuøng khoái soá A nhöng vöùi soá nguyeân töu Z beù hôn 1 ñôn vò .

Trong quá trình này, một

Còn thể biểu diễn trong

$${}^A_Z X \xrightarrow{\beta^+} {}^A_{Z-1} X + e^+ + \bar{\nu}$$

(4.9)



(4.11)

- Phân rã β^+ tuân theo quan hệ khối lượng sau đây :

$$M_m, M_e, M_{e^+} \quad (4.13)$$

là khối lượng nhân me, nhân con và năng lượng

Q : là khối lượng tổng cộng của e+ và .

- Quan heä veà khoái lööing coù theå bieåu dieån qua khoái lööing nguyean töu cuûa nguyean töu meï vaø nguyean toá con nhö sau :

Trong (4.13) nhaân con coù soá nguyean töu beù hôn 1 ñôn vò . Coù nghóa laø nhaân con bò maát ñi moät e- quöi ñaïo khi

Ta có :

$$M'_m = M'_c + 2m_e + Q$$

~~(M'_m, M'_c, M_e)~~

: laø khoái löôïng

nguyeân töû nhaân meï ,

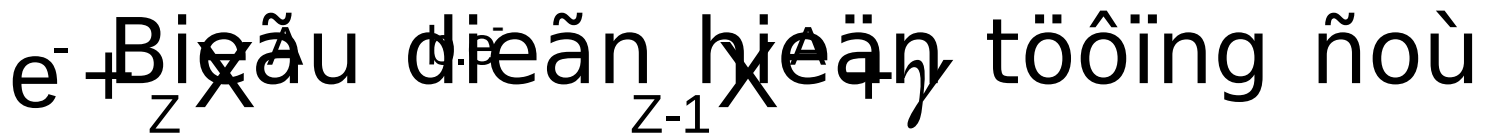
nhaân con vaø ñieän töû

3. Hieän tööing baét e⁻ cuûa lòup vou nguyeân töu (baét K)

Laø hieän tööing nhaân ${}_Z X^A$
haáp thui *moät ñieän töu cuûa lòup
nguyeân töu* (thöông laø cuûa
lòup k) vaø phaùt ñeã trôu
thaønh nhaân môùi ,coù cuøng
khoái soá A nhöng vôi soá Z

Trong quá trình này một proton của nhân biến thành một neutron và một neutrino sau khi hấp thụ một e^- của lớp vỏ .

Biểu diễn hiện tượng như sau :



(4.15)

Kỳ hiệu : $h \nu = I_0$ bắt electron từ

- Ta thấy hiện tượng này giống với phân rã β^+
- Hiện tượng *baét K* tuân theo quan hệ khối lượng sau đây :

$$M_m + m_e = M_c + B + Q \quad (4.16)$$

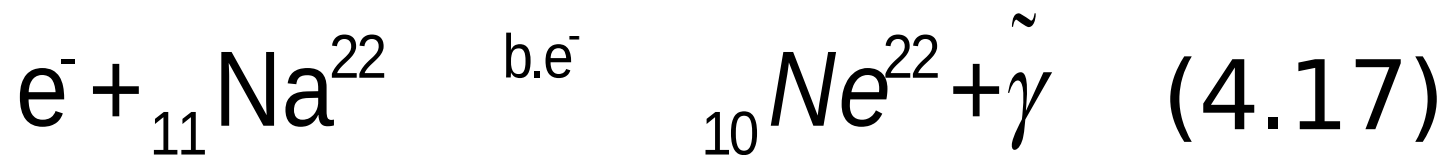
M_m, M_c, M_e : là khối lượng nguyên tử nhân mẹ, nhân con và nơtron .

Q : laø khoái lööing töông öùng vôi naêng lööing cuûa hi eän tööing

B : laø khoái lööing töông öùng vôi naêng lööing lieän keát e bò baét .

Ví dụi : Hi eän tööing baét K cuûa nhaân

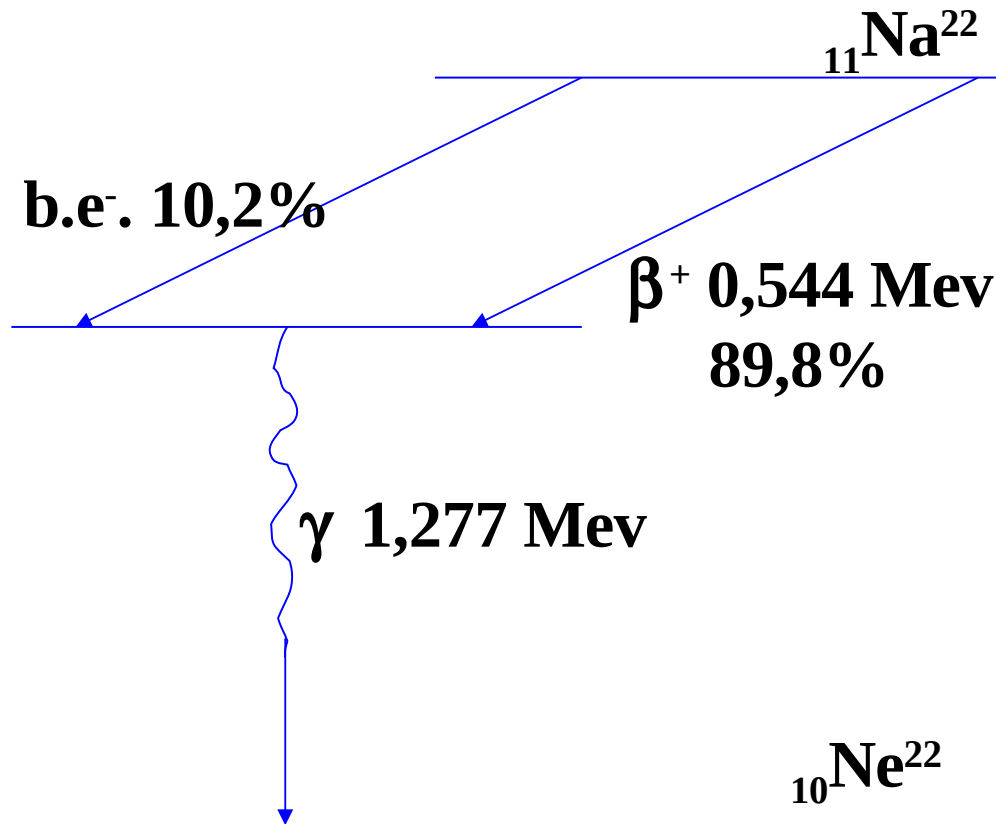
Na²² nhö sau :



Hình 5: Sơ đồ biến đổi của



Trong quá trình liên kết của e^- vào lớp K của nguyên tử ${}_{11}\text{Na}^{22}$ là $E_B = 1,08$ MeV. Sau khi bắt e^- vào lớp K nhân ${}_{10}\text{Ne}^{22}$ phát tia γ năng lượng $E_\gamma = 1,277$ MeV, do quá trình



Hình 5: Sơ đồ biến đổi của ${}_{11}\text{Na}^{22}$ thành ${}_{10}\text{Ne}^{22}$

- Tàuc haii cuua hieän tööing baét K còu theà hieäu nhö sau :

Sau khi baét K, trong lòup K xuaát hieän loã troáng . Moät e lòup L ngoaøi lòup K seõ chuyeån vaøo vò trí loã troáng lòup K vaø phaùt ra tia X ñaëc tröng. Tia X naøy seõ gaây nguy hieãm cho

Nhìn lại thấy rằng phân rã β không phải là quá trình bên trong hạt nhân .

Thức chất nó là quá trình bên trong hạt nucleon .

Nó giúp ta hiểu rằng các hạt cơ bản proton và neutron không chỉ là

Bài Toàn mẫu 4 :

Tính năng lượng phân rã Q của
vòi phân rã β của ${}_{15}\text{P}^{32}$ theo

phương trình phân rã :



Các khối lượng nguyên tử
của :

P^{32} là 31,97391 u ; S^{32} là

Lôøi giaûi : Goïi m_p vaø m_s laø khoái löôïng nhaân cuûa P^{32} vaø S^{32}

m_p , m_s laø khoái löôïng nhaân cuûa P^{32} vaø S^{32}

Theo (4.4) naêng löôïng phaân raõ Q baèng Δmc^2 , trong ñoù theo (4.6) coù :

$$\Delta m = m_p - (m_s + m_{e^-})$$

Neáu coäng vaø $15m_e$ - vaø
 bôùt ñi $16m_e$ - ôù veá phaûi cuûa
 phöông trình tính Δm ta sẽ ðò :

$$\Delta m = (m_p + 15m_e) - (m_p + 16m_e)$$

Kl nguyên tử ${}_{15}\text{P}^{32}$ KI
 nguyên tử ${}_{16}\text{S}^{32}$

$$\Delta m = m_p - m_s$$

vaø $Q = \Delta m \cdot C^2 = (31,97391 \text{ U} -$

PHÓNG XẠ TỰ NHIÊN

- Có 4 chuỗi phân rã phóng xạ tồn tại trong tự nhiên

Table 13.5 The Four Radioactive Series

Series	Starting Isotope	Half-Life (years)	Stable End Product
Uranium	${}_{92}^{238}\text{U}$	4.47×10^9	${}_{82}^{206}\text{Pb}$
Actinium	${}_{92}^{235}\text{U}$	7.04×10^8	${}_{82}^{207}\text{Pb}$
Thorium	${}_{90}^{232}\text{Th}$	1.41×10^{10}	${}_{82}^{208}\text{Pb}$
Neptunium	${}_{93}^{237}\text{Np}^a$	2.14×10^6	${}_{83}^{209}\text{Bi}$

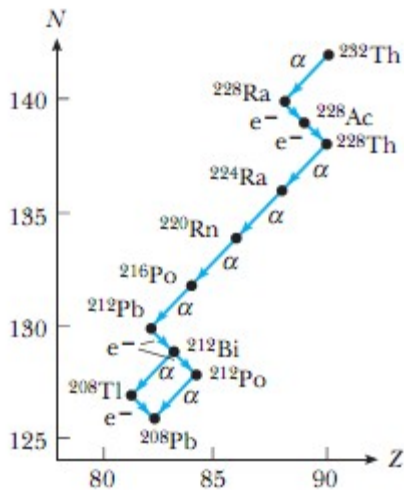
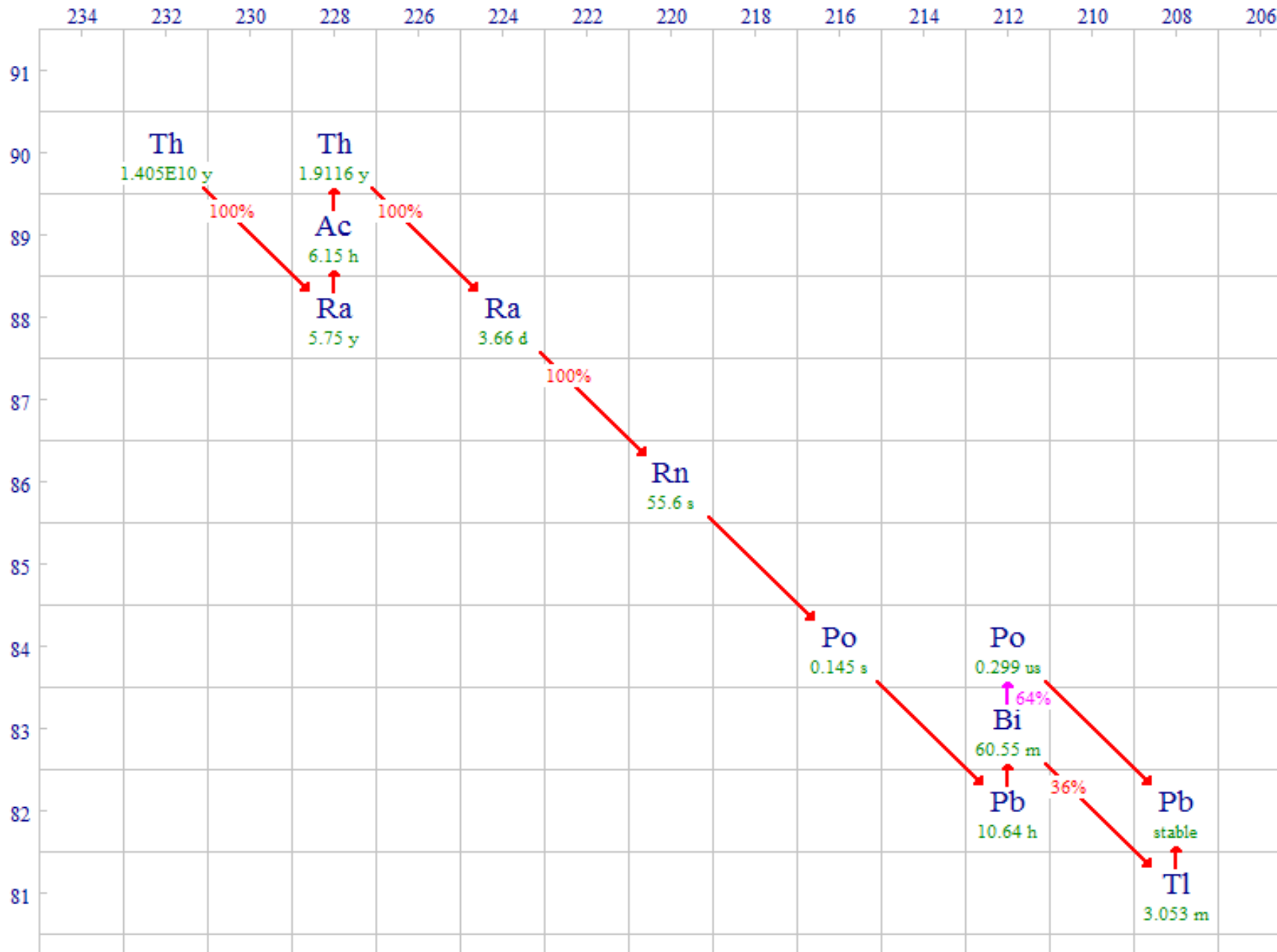


Figure 13.21 Successive decays for the ${}^{232}\text{Th}$ series.

ATOMIC MASS - A

ATOMIC NUMBER - Z



Bài 1: ${}_{11}^{24}\text{Na}$

Natri là chất phóng xạ β - với chu kì bán rã $T=15\text{h}$.Ban đầu có 12g .

a. Viết phương trình phản ứng phóng xạ

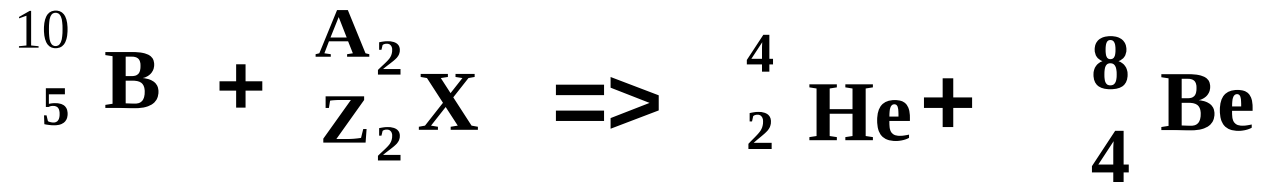
b. Tính độ phóng xạ của khối chất còn lại sau 30h .

Bài 2: ${}_{84}^{210}\text{Po}$ Pôlôni là chất phóng xạ alpha với chu kì phóng xạ 140 ngày đêm, ban đầu có 21g .

a. Viết phương trình phản ứng phóng xạ , tìm cấu tạo hạt nhân con?

b. Tính số hạt nhân Po ban đầu và số hạt còn lại sau thời gian 280 ngày và 325 ngày

Bài 3: Cho phản ứng hạt nhân sau ;

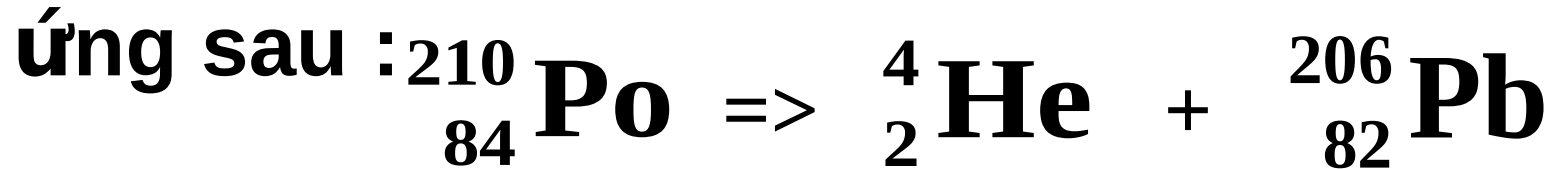


Tìm hạt nhân X ,tính xem phản ứng thu hay toả bao nhiêu năng lượng ?

Cho : $m_{\text{B}} = 9,9756\text{u}$; $m_{\text{He}} = 4,001506\text{u}$, $m_{\text{X}} = 1,998\text{u}$,

$m_{\text{Be}} = 7,9796\text{u}$; $u = 931,5\text{MeV}/c^2$

Bài 4: Chất phóng xạ Po phân rã theo phản



- a. Tính năng lượng toả ra khi có 10 g Po phân rã hết ? Cho : $m_{\text{Po}} = 209,9828\text{u}$; $m_{\text{He}} = 4,0026\text{u}$, $m_{\text{Pb}} = 205,9744\text{u}$, $u = 931,5\text{MeV}/c^2$
- b. Tính động năng của hạt sản phẩm ngay sau phản ứng ?

Bài 5 : Ban đầu có 2g Radon (^{222}Rn) là chất phóng xạ với chu kỳ bán rã $T = 3,8$ (ngày đêm) . Tính

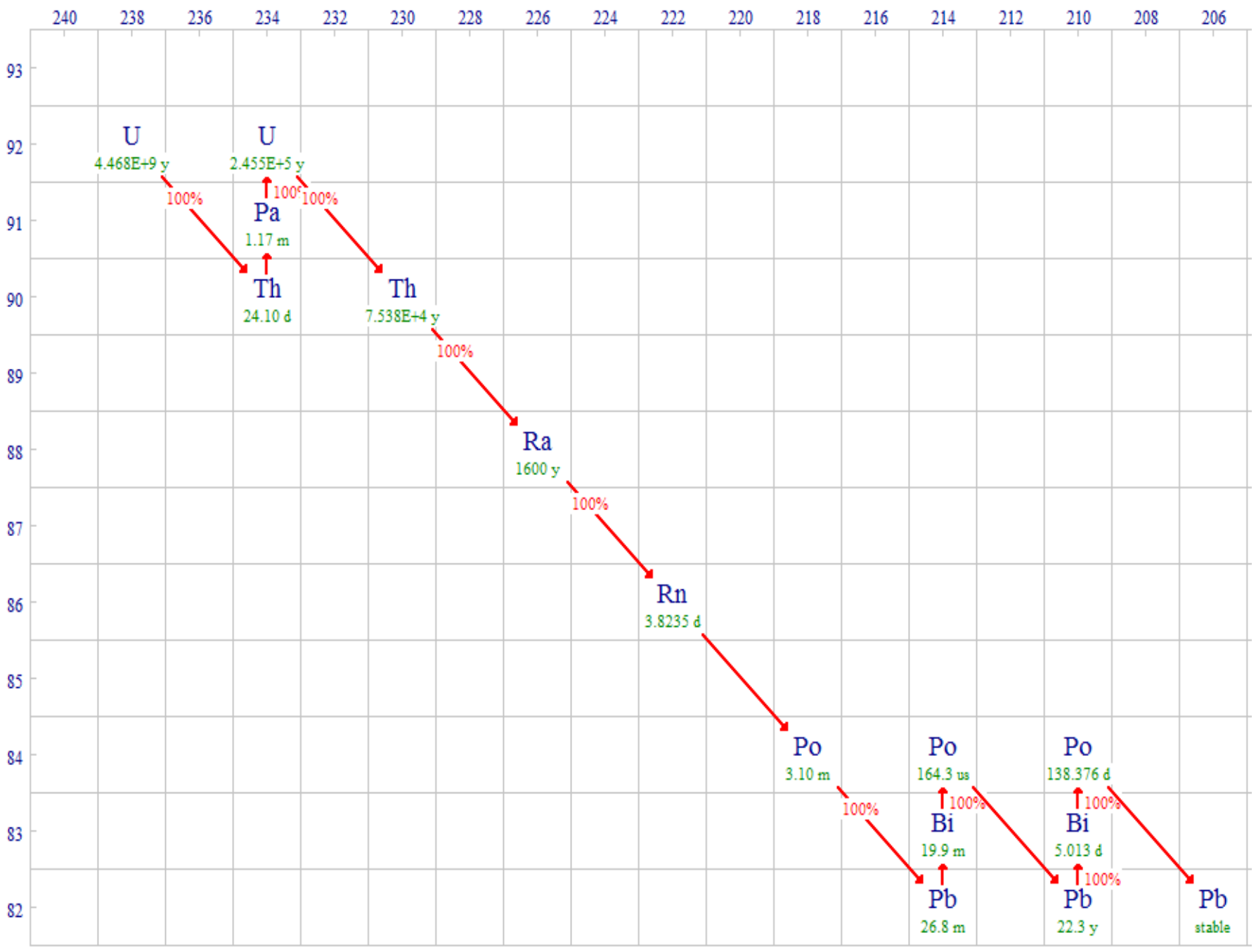
a/Số nguyên tử ban đầu

b/Số nguyên tử còn lại sau thời gian $t = 1,5T$

c/Tính ra (Bq) và (Ci) độ phóng xạ của lượng Radon nói trên sau $t = 1,5T$.

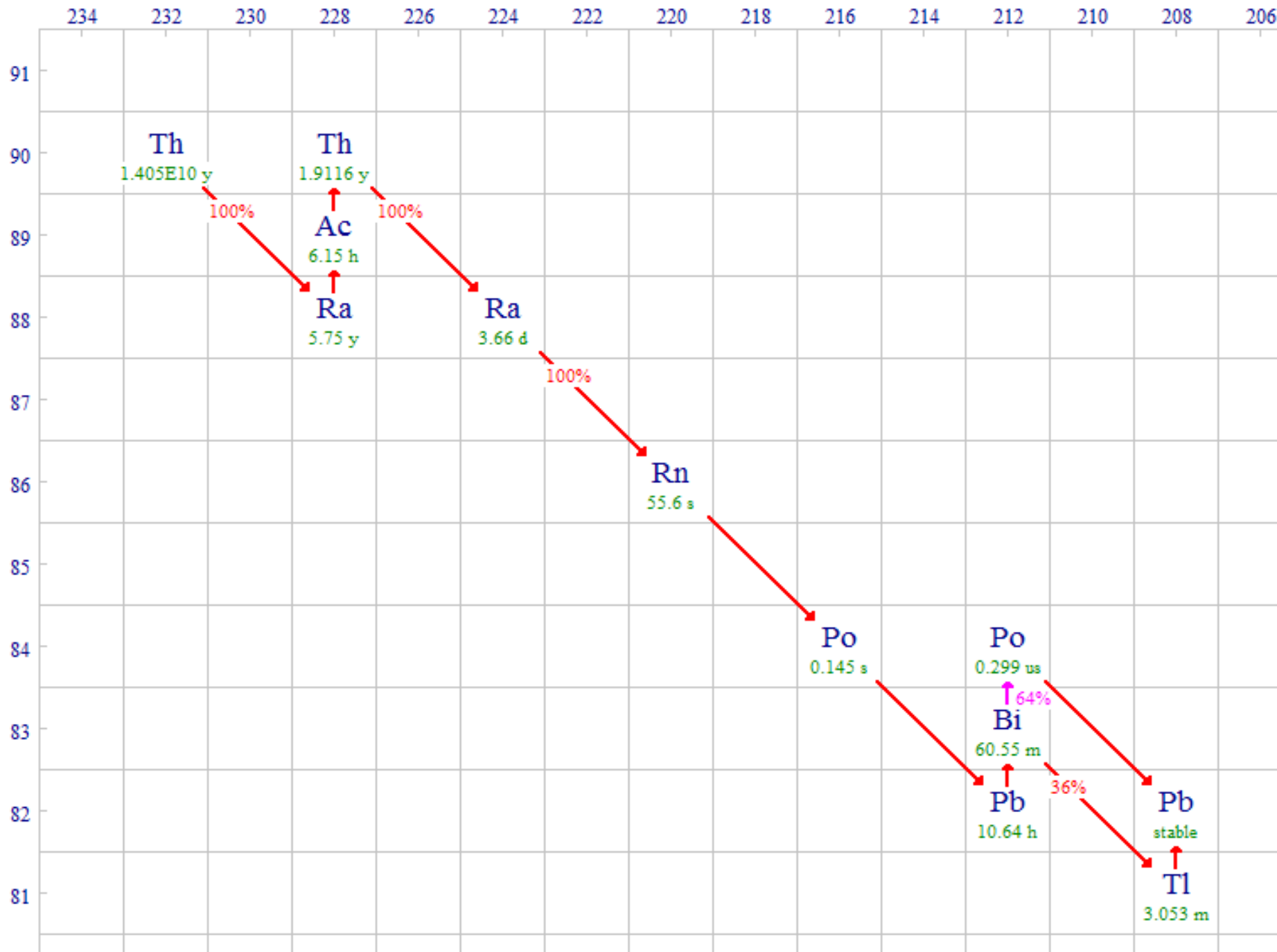
ATOMIC MASS - A

ATOMIC NUMBER - Z



ATOMIC MASS - A

ATOMIC NUMBER - Z



Bài 6 Cho phản ứng hạt nhân :



- a. **Viết đầy đủ phản ứng trên : Cho biết tên gọi, số khối và số thứ tự của hạt nhân X.**
- b. **Phản ứng trên : phản ứng tỏa hay thu năng lượng ? Tính độ lớn của năng lượng tỏa ra hay thu vào đó ra (eV).**

Cho khối lượng các hạt nhân :

$$m_{\text{Na}} = 22,983734\text{u} , m_{\text{p}} = 1,007276\text{u}$$

$$m_{\alpha} = 4,0015\text{u} , m_{\text{Ne}} = 19,97865\text{u} , u = 931,5\text{MeV}/c^2$$

Bài 7: Cho phản ứng hạt nhân :



- Xác định hạt nhân X
- Tính năng lượng tỏa ra từ phản ứng trên khi tổng hợp được 1 (g) He. Cho biết $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ phân tử/mol

Bài 8: Trong một mẫu quặng Uran, người ta thấy có lẫn ^{206}Pb và ^{238}U . Nếu tỉ lệ cứ 10 nguyên tử Uran thì có 2 nguyên tử chì.

a. Viết phương trình biết rằng Uran phân rã thành chì qua một số lần phát alpha và beta trừ.

b. Xác định tuổi của quặng biết chu kì $T = 4,5 \cdot 10^9$ năm

Bài 9 : Người ta dùng prôtôn có năng lượng $K=1,6$ (MeV) bắn vào hạt nhân $\text{Li}(3-7)$ đứng yên và thu được 2 hạt giống nhau có cùng động năng.

- Viết phương trình của phản ứng, ghi rõ các nguyên tử số Z và số khối A .**
- Tính động năng K của mỗi hạt.**
- Phản ứng hạt nhân này tỏa hay thu bao nhiêu năng lượng**

Cho : $m_p = 1,0073u$; $m_{\text{Li}} = 7,0144 u$

$m_\alpha = 4,0015u$; $u = 931\text{MeV}/c^2$

Bài 10: Bắn hạt alpha có động năng 4MeV vào hạt nhân N(7-14) đứng yên thì thu được một hạt prôtôn và hạt nhân X

- a. Tìm hạt nhân X tính xem phản ứng thu hay tỏa bao nhiêu năng lượng ?**
- b. Giả sử 2 hạt sinh ra có cùng tốc độ , tính động năng và tốc độ của prôtôn.**
- c. Tìm góc tạo bởi hai hạt sau phản ứng**

Cho $m_{\alpha} = 4,0015u$; $m_X = 16,9947u$;

$m_N = 13,9992u$; $m_p = 1,0073u$; $u = 931,5MeV/c^2$

Bài 11: khi phân tích một mẫu gỗ, người ta xác định rằng: 87,5% số nguyên tử của đồng vị phóng xạ ^{14}C đã phân rã thành ^{14}N . Xác định tuổi của mẫu gỗ này, Biết chu kỳ bán rã của ^{14}C là 5570 năm.

Bài 12: Cho biết ^{238}U và ^{235}U là đồng vị phóng xạ. Trong quặng thiên nhiên hiện nay tỉ lệ của $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ là 160:1. Giả sử rằng tỉ lệ này khi hình thành trái đất là 1:1. Tính tuổi của trái đất. Biết chu kỳ bán rã của ^{238}U và ^{235}U lần lượt là $T_1 = 4,5 \cdot 10^9$ năm và $T_2 = 7,13 \cdot 10^8$ năm.

**Bài 13: Bom nhiệt hạch(bom kinh khí)
dùng phản ứng: $D + T = He + n$**

a. Tính năng lượng tỏa ra khi dùng 4g He để tạo thành vụ nổ.

b. Năng lượng này tương đương với lượng thuốc nổ là bao nhiêu. Biết năng suất tỏa nhiệt của TNT là 4.1KJ/kg.