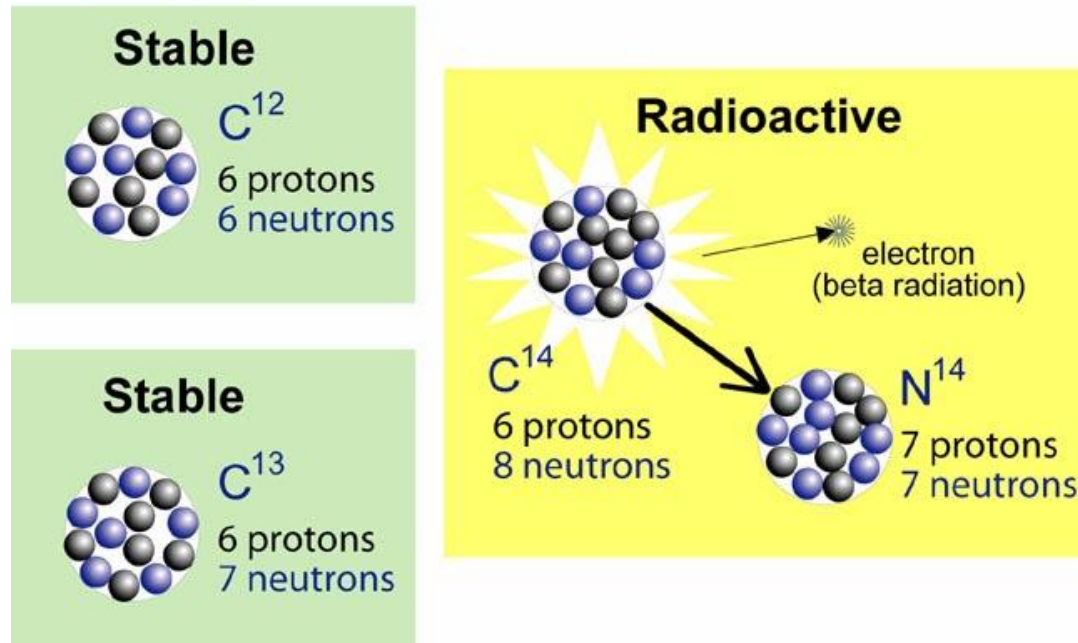


Σταθεροί και ασταθείς πυρήνες



Α. Λιόλιος
Μάθημα Πυρηνικής Φυσικής

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΕΝΟΣ ΠΥΡΗΝΑ

Μαζικός αριθμός (Mass number)

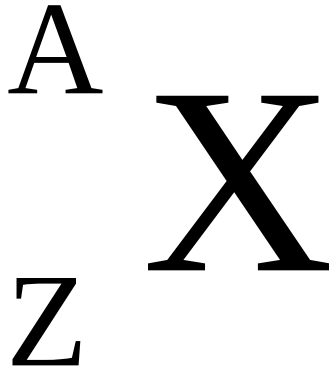
A

X

Σύμβολο του
χημικού στοιχείου

Z

Ατομικός αριθμός (Atomic number)



A = αριθμός πρωτονίων + αριθμός νετρονίων

Z = αριθμός πρωτονίων (καθορίζει το χημ. στοιχείο)

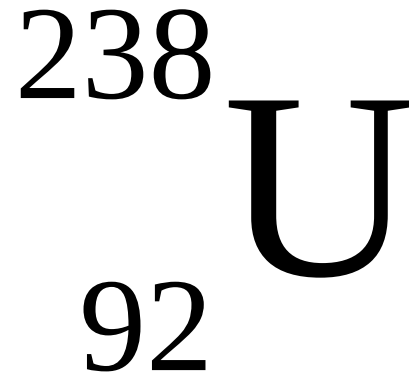
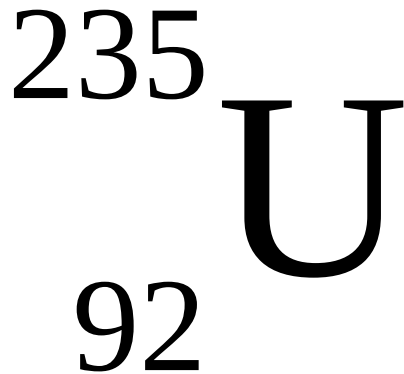
A – Z = αριθμός νετρονίων

Αριθμός νετρονίων = Μαζικός Αριθμός – Ατομικός Αριθμός

ΙΣΟΤΟΠΑ

Τα ισότοπα (isotopes) του κάθε ενός στοιχείου περιλαμβάνουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων, αλλά διαφορετικό αριθμό νετρονίων.

Π.χ. στα ισότοπα του ουρανίου περιλαμβάνονται
και το ουράνιο-235 και το ουράνιο-238:



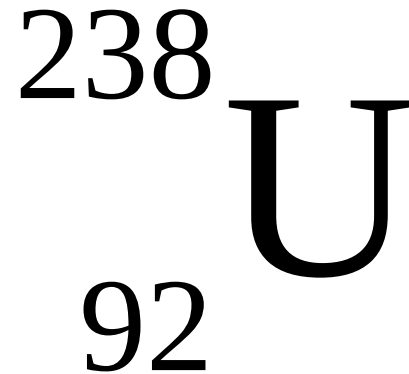
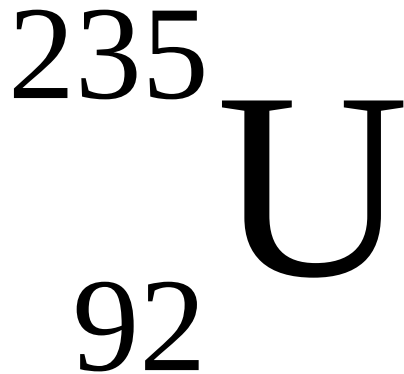
A	
Z	
Number of protons	
Number of neutrons	

A	
Z	
Number of protons	
Number of neutrons	

ΙΣΟΤΟΠΑ

Τα ισότοπα (isotopes) του κάθε ενός στοιχείου περιλαμβάνουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων, αλλά διαφορετικό αριθμό νετρονίων.

Π.χ. στα ισότοπα του ουρανίου περιλαμβάνονται
και το ουράνιο-235 και το ουράνιο-238:



A	235
Z	92
Number of protons	92
Number of neutrons	143

A	238
Z	92
Number of protons	92
Number of neutrons	146

Ραδιο-ισότοπα και Ραδιενεργός Διάσπαση

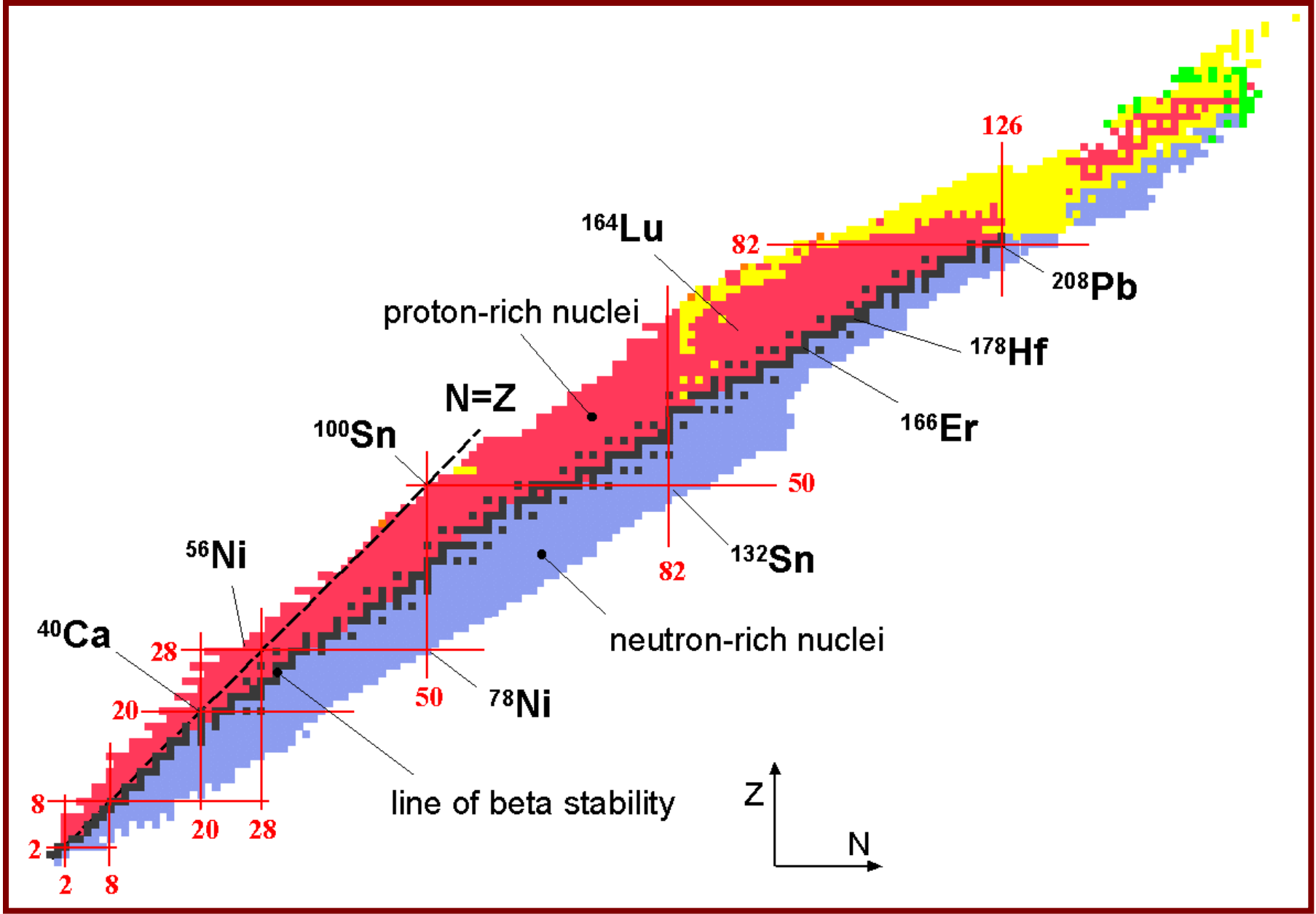
Τα περισσότερα ισότοπα που υπάρχουν στη φύση είναι **σταθερά ισότοπα**.

Λίγα μόνο ισότοπα που υπάρχουν στη φύση δεν είναι σταθερά, καθώς και όλα όσα είναι τεχνητά.

Τα ασταθή ισότοπα μπορεί να γίνουν σταθερά αν εκπέμψουν ένα ή περισσότερα σωματίδια ή ΗΜ ακτινοβολία.

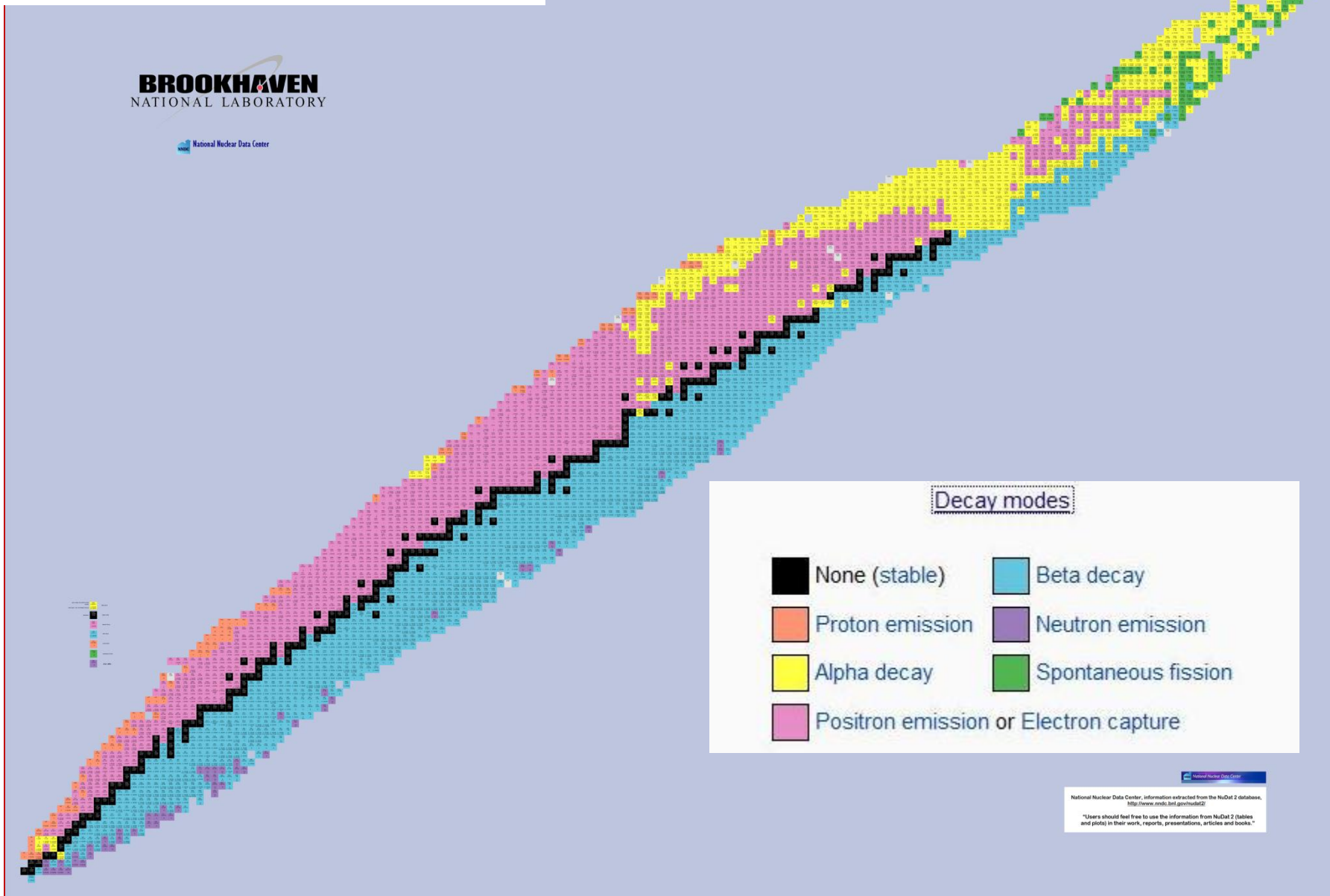
Η φυσική αυτή διαδικασία λέγεται **“ραδιενεργός διάσπαση”** (radioactive decay) και τα στοιχεία που την υφίστανται λέγονται **“ραδιο-ισότοπα”** ή **“ραδιο-νουκλίδια”** (radioisotopes / radionuclides).

Πίνακας των Ισοτόπων



Πίνακας των Ισοτόπων

Z ↑



Για έναν interactive chart πάτε στο:
<http://www.nndc.bnl.gov/chart/>

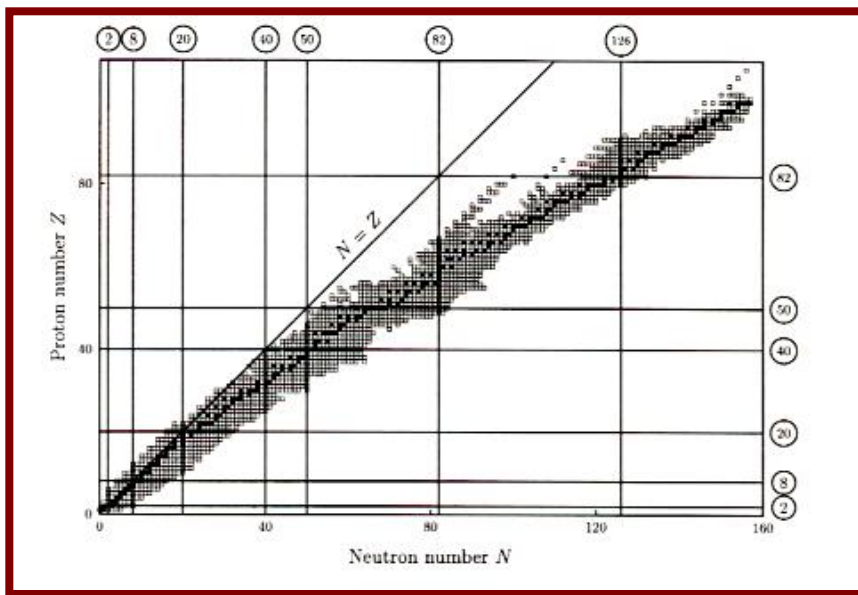
→
Αριθμός νετρονίων $N = A - Z$

Μπείτε και εξερευνείστε το εξής:

Exploring the Table of Isotopes

The Berkeley Laboratory Isotopes Project's

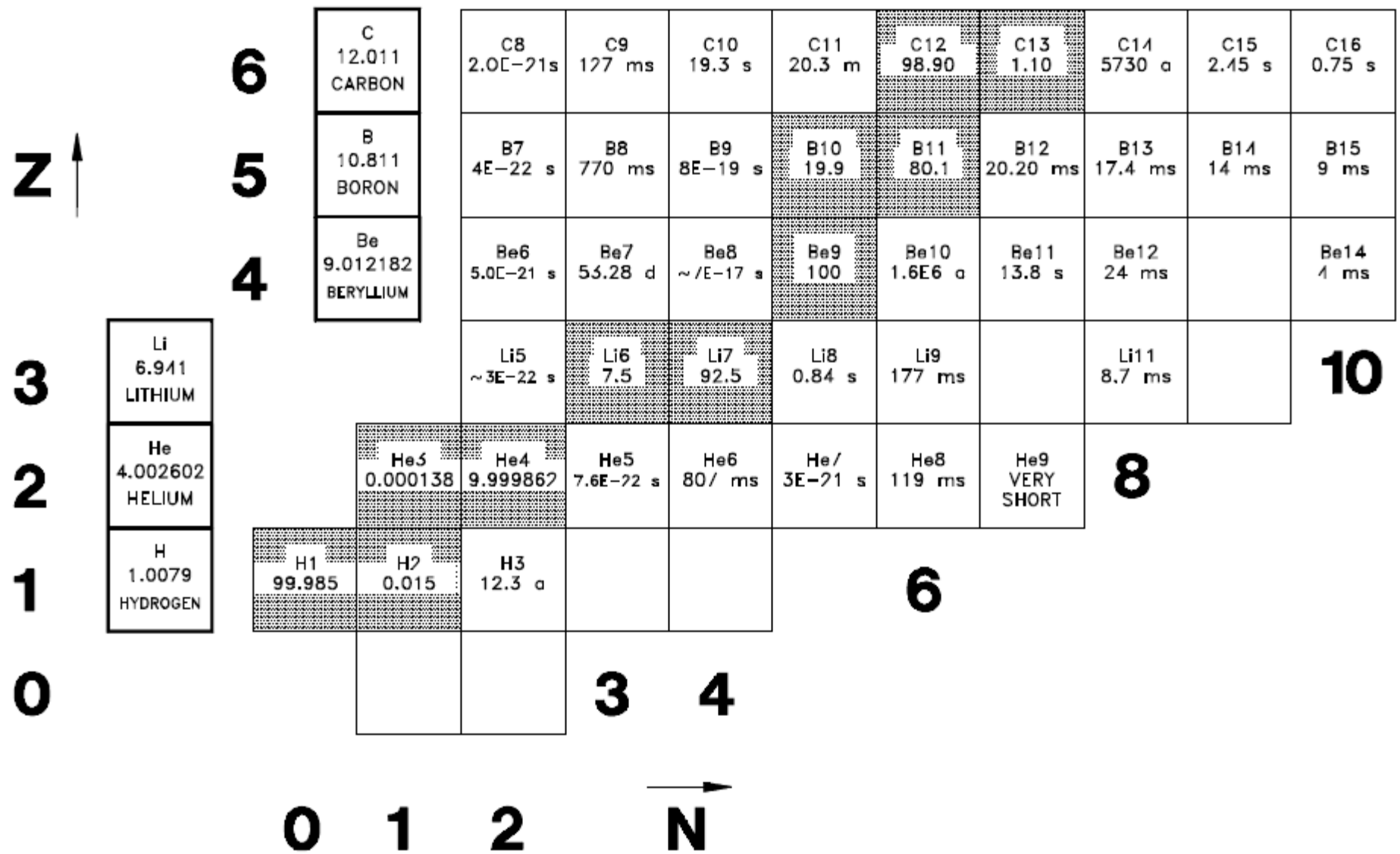
<http://ie.lbl.gov/education/isotopes.htm>



Κοιλάδα σταθερότητας των φυσικών ισοτόπων

1. Τα φυσικά ισότοπα μέχρι τον μόλυβδο είναι σταθερά και, εκτός από 3-4 εξαιρέσεις, βρίσκονται πάνω ή δίπλα σε μια γραμμή στο διάγραμμα Z, N , τη **γραμμή σταθερότητας**.
2. Τα σταθερά ισότοπα έχουν αριθμό νετρονίων N ίσο με Z , $Z+1$, ή $Z+2$, για πυρήνες μέχρι $A = 35$ (εκτός των ισοτόπων ^1H και ^3He , για τα οποία $N = Z-1$). Για μεγαλύτερους μαζικούς αριθμούς, το N αυξάνει ταχύτερα από το Z μέχρι το μόλυβδο, $N \approx 1.5 Z$.
3. Για $A > 209$ δεν υπάρχουν σταθεροί πυρήνες.

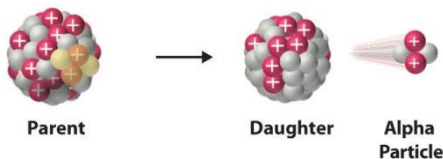
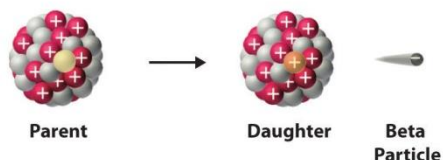
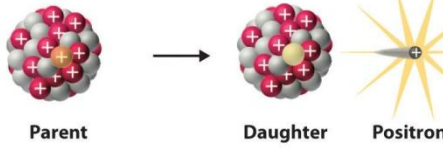
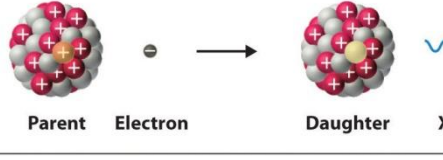
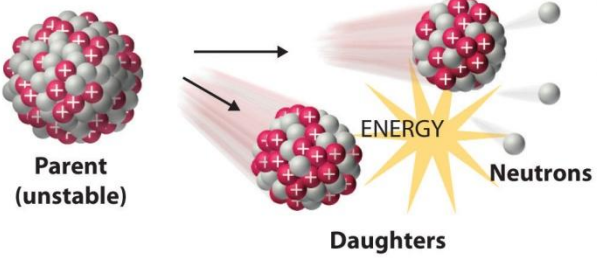
Πίνακας των Ισοτόπων



Ραδιενεργός Διάσπαση

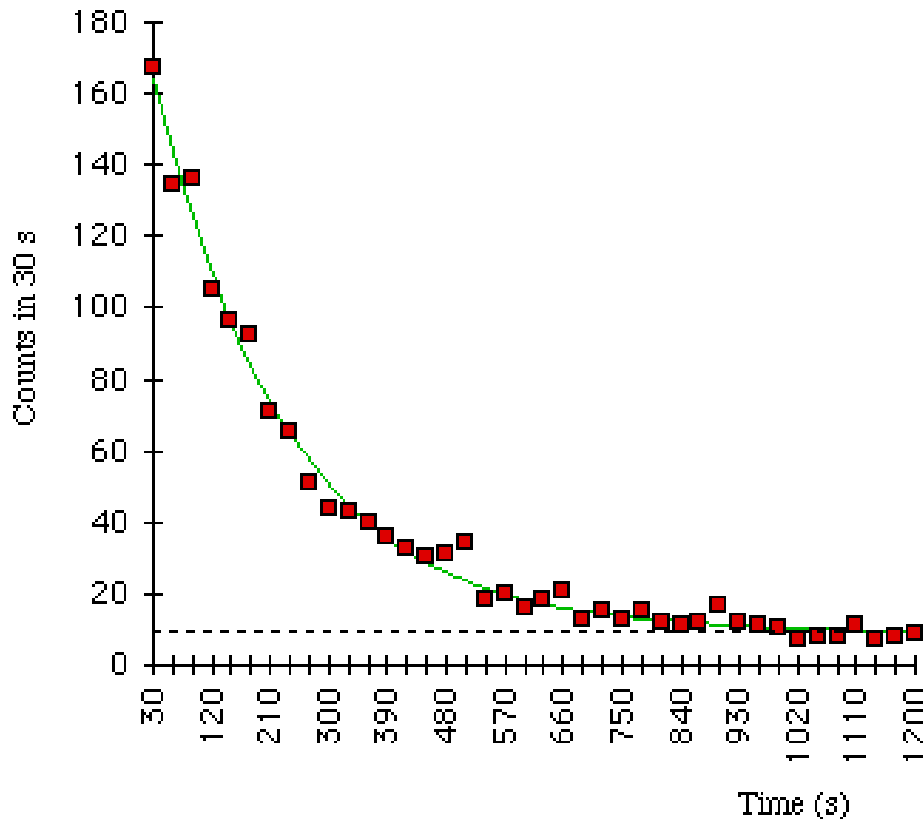
Φαινόμενο των ασταθών πυρήνων.
Έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή σωματιδίων ή ΗΜ ακτινοβολίας

Οι κυριότεροι τρόποι ραδιενεργού διάσπασης:
α, β, γ

Decay Type	Radiation Emitted	Generic Equation	Model
Alpha decay	${}^4_2\alpha$	${}_Z^AX \longrightarrow {}_{Z-2}^{A-4}X' + {}^4_2\alpha$	 Parent → Daughter + Alpha Particle
Beta decay	${}^0_{-1}\beta$	${}_Z^AX \longrightarrow {}_{Z+1}^AX' + {}^0_{-1}\beta$	 Parent → Daughter + Beta Particle
Positron emission	${}^0_{+1}\beta$	${}_Z^AX \longrightarrow {}_{Z-1}^AX' + {}^0_{+1}\beta$	 Parent → Daughter + Positron
Electron capture	X rays	${}_Z^AX + {}^0_{-1}e \longrightarrow {}_{Z-1}^AX' + \text{X ray}$	 Parent + Electron → Daughter + X ray
Gamma emission	${}^0_0\gamma$	${}_Z^AX^* \xrightarrow{\text{Relaxation}} {}_Z^AX' + {}^0_0\gamma$	 Parent (excited nuclear state) → Daughter + Gamma ray
Spontaneous fission	Neutrons	${}_Z^{A+B+C}X \longrightarrow {}_Z^AX' + {}_Y^BX' + {}^1_0n$	 Parent (unstable) → Daughters + ENERGY + Neutrons

Ο νόμος της ραδιενέργειας

(για τη χρονική εξέλιξη του ρυθμού διασπάσεων)



$$\frac{\Delta N}{\Delta t} \propto N$$

$$\Delta N = -\lambda N \Delta t$$

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

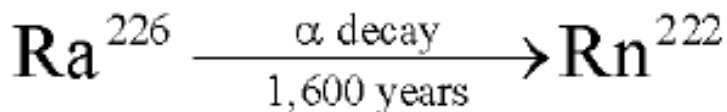
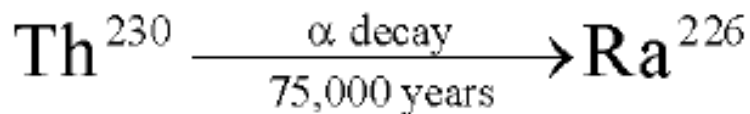
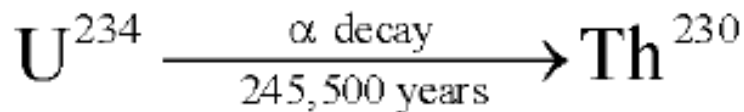
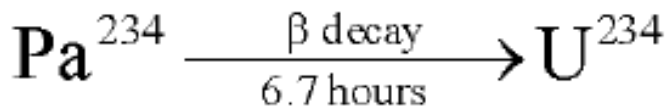
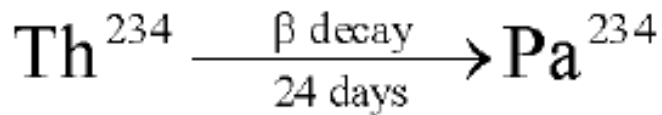
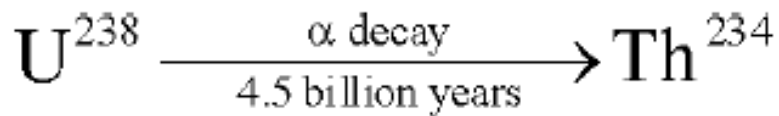
$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-t/\tau}$$

R: Ρυθμός διάσπασης ή ενεργότητα (μονάδα το Bq = dps)

λ: σταθερά διάσπασης

τ: μέσος χρόνος ζωής των πυρήνων (=1/λ), $T_{1/2}$: χρόνος ημιζωής

Ο χρόνος ημιζωής (half-life) μερικών φυσικών ραδιενεργών πυρήνων



• Πολλά ραδιενεργά υλικά διασπώνται διαδοχικά σε μια σειρά πυρηνικών αντιδράσεων.

• Έτσι, το αέριο Ραδόνιο (Radon) προέρχεται από το Ουράνιο του εδάφους.

• Μεσολαβούν 6 διαδοχικές αντιδράσεις για να διασπασθεί το U-238 σε Rn-222.

Το διεθνές σύμβολο για τη
Ραδιενέργεια

