



# ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

**eclass: MED808**

**Π. Παπαγιάννης**

Αν. Καθηγητής,  
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής,  
Ιατρική Σχολή Αθηνών.

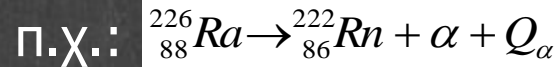
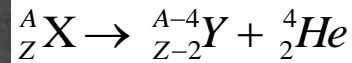
Γραφείο 21

210-746 2442

[ppapagi@phys.uoa.gr](mailto:ppapagi@phys.uoa.gr)

**Ραδιενέργεια – ακτινοβολίες α, β, γ**

# Ραδιενεργές διασπάσεις, διάσπαση α



Α.Δ.Ε.:

$$m_X c^2 + K_X = m_Y c^2 + K_Y + m_\alpha c^2 + K_\alpha$$

$$m_X c^2 - m_Y c^2 - m_\alpha c^2 = K_Y + K_\alpha$$

Q τιμή,  $Q > 0$  για αυθόρμητη διάσπαση

Α.Δ.Ο.:

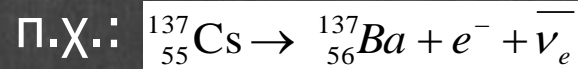
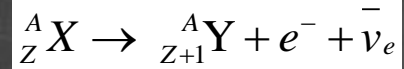
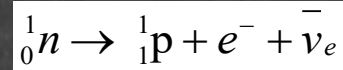
$$p_X = 0 = p_Y + p_\alpha$$

$$\frac{K_\alpha}{K_Y} = \frac{m_Y}{m_\alpha} \cong \frac{A-4}{4}$$

$$K_\alpha \cong Q_\alpha \left(1 - \frac{4}{A}\right) \quad \text{και} \quad K_Y \cong Q_\alpha \frac{4}{A}$$

Το σωματίο α εκπέμπεται με **συγκεκριμένη** Ε

# Ραδιενεργές διασπάσεις, διάσπαση $\beta^-$



Α.Δ.Ε.:

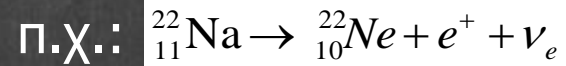
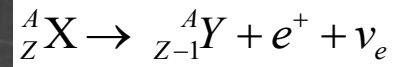
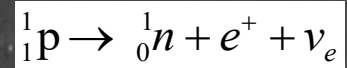
$$Q_{\beta^-} = K_Y + K_{\beta^-} + K_{\bar{\nu}_e}$$

Α.Δ.Ο.:

$$p_X = 0 = p_Y + p_{\beta^-} + p_{\bar{\nu}_e}$$

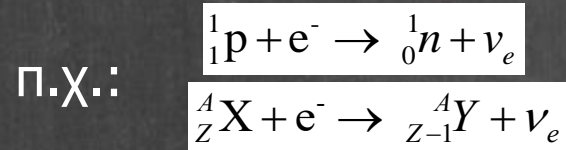
Το ηλεκτρόνιο εμφανίζει **φάσμα** ενεργειών

## Ραδιενεργές διασπάσεις, διάσπαση $\beta^+$



Ομοίως με τη  $\beta^-$ , το ποζιτρόνιο εμφανίζει **φάσμα** ενεργειών

# Ραδιενεργές διασπάσεις, σύλληψη ηλεκτρονίου



Α.Δ.Ε.:

$$Q_{EC} = K_Y + K_\nu$$

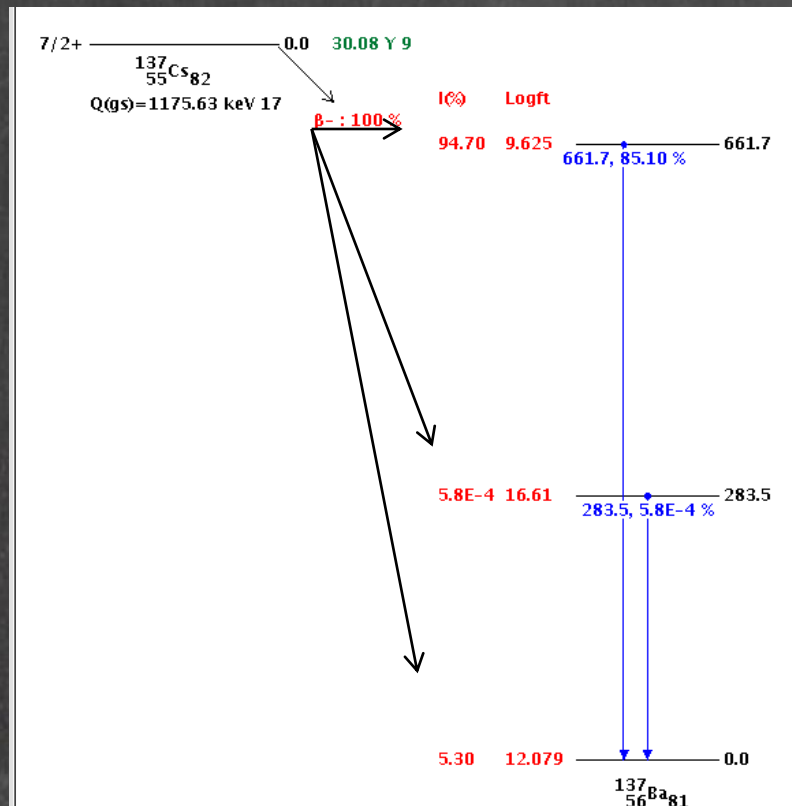
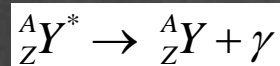
Α.Δ.Ο.:

$$p_X = 0 = p_Y + p_\nu$$

Το νεutrino λαμβάνει σχεδόν το σύνολο της ενέργειας

# Ραδιενεργές διασπάσεις, γ διάσπαση & εσωτερική μετατροπή

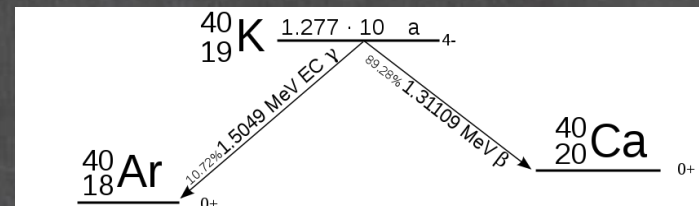
Κατά τις παραπάνω διασπάσεις ο θυγατρικός πυρήνας είναι πιθανό να σχηματιστεί με ενέργεια μεγαλύτερη αυτής της θεμελιώδους του κατάστασης.



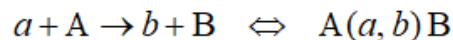
# Φυσική ραδιενέργεια

Ραδιενεργός σειρά του:	Πατρικό νουκλίδιο	Πρώτη διάσπαση	Χρόνος ημιζωής (x10 <sup>9</sup> έτη)	Σταθερό τελικό θυγατρικό νουκλίδιο
Θορίου	<sup>232</sup> <sub>90</sub> Th	<sup>228</sup> <sub>88</sub> Ra + <sup>4</sup> <sub>2</sub> He	14,05	<sup>208</sup> <sub>82</sub> Pb
Ακτινίου	<sup>235</sup> <sub>92</sub> U*	<sup>231</sup> <sub>90</sub> Th + <sup>4</sup> <sub>2</sub> He	0,704	<sup>207</sup> <sub>82</sub> Pb
Νεπτονίου	<sup>237</sup> <sub>93</sub> Np	<sup>233</sup> <sub>91</sub> Pa + <sup>4</sup> <sub>2</sub> He	2,144 x 10 <sup>-3</sup>	<sup>209</sup> <sub>83</sub> Bi
Ουρανίου	<sup>238</sup> <sub>92</sub> U	<sup>234</sup> <sub>90</sub> Th + <sup>4</sup> <sub>2</sub> He	4,47	<sup>206</sup> <sub>82</sub> Pb

\* (το <sup>235</sup>U είχε ονομαστεί αρχικά ακτινο-ουράνιο)



# Τεχνητή ραδιενέργεια



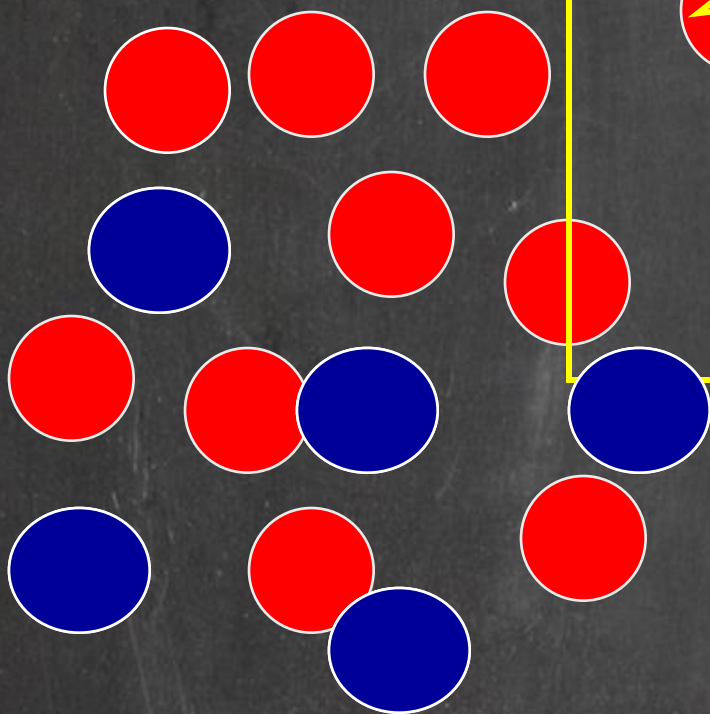
Ραδιενεργό ισότοπο	Πυρηνική αντίδραση παραγωγής	Ενεργός διατομή	Q τιμή (MeV)	t <sub>1/2</sub>	Εφαρμογή
<sup>60</sup> Co	<sup>59</sup> <sub>27</sub> Co(n, γ) <sup>60</sup> Co	37,2*	-	5,27 y	Ακτινοθεραπεία-βραχυθεραπεία
<sup>192</sup> Ir	<sup>191</sup> <sub>77</sub> Ir(n, γ) <sup>192</sup> Ir	954*	-	73,8 d	Βραχυθεραπεία
<sup>99m</sup> Tc	<sup>98</sup> <sub>42</sub> Mo(n, γ) <sup>99</sup> Mo	0,13*	-	66 h	Πυρηνική ιατρική (γεννήτρια <sup>99m</sup> Tc)
<sup>11</sup> C	<sup>14</sup> <sub>7</sub> N(p, α) <sup>11</sup> C	+	-2,92	20,4 m	Πυρηνική ιατρική (PET)
<sup>13</sup> N	<sup>16</sup> <sub>8</sub> O(p, α) <sup>13</sup> N	+	-5,22	10 m	''
<sup>15</sup> O	<sup>15</sup> <sub>7</sub> N(p, n) <sup>15</sup> O	+	-3,54	2,1 m	''
<sup>18</sup> F	<sup>18</sup> <sub>8</sub> O(p, n) <sup>18</sup> F	+	-2,44	110 m	''

\* για θερμικά νετρόνια

+ εξαρτάται από την ενέργεια των p



**ΑΣΤΑΘΕΙΣ  
ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΟΙ  
ΠΥΡΗΝΕΣ**



**ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ**

## Ο νόμος της εκθετικής διάσπασης

Έστω ότι μια χρονική στιγμή σε ένα δείγμα περιέχονται  $N$  ραδιενεργοί πυρήνες. Πόσοι θα διασπαστούν μετά από παρέλευση χρόνου  $\Delta t$ ;

## Ο νόμος της εκθετικής διάσπασης

Έστω ότι μια χρονική στιγμή σε ένα δείγμα περιέχονται  $N$  ραδιενεργοί πυρήνες. Πόσοι θα διασπαστούν μετά από παρέλευση χρόνου  $\Delta t$ ;

$$\begin{aligned} -\Delta N &= N - N' = \lambda N \Delta t \\ \Rightarrow \left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right) &= -\lambda N \end{aligned}$$

Όπου  $\lambda$  η αποκαλούμενη **σταθερά διάσπασης** που αποτελεί μέτρο της πιθανότητας να διασπαστεί δεδομένο είδος ραδιενεργού πυρήνα

Ορίζεται **ενεργότητα** ραδιενεργού δείγματος το φυσικό μέγεθος που ισούται με τον αριθμό διασπάσεων στη μονάδα του χρόνου:

$$A(t) = -\left(\frac{dN}{dt}\right) = \lambda N$$

και έχει μονάδες Bq (1 διάσπαση ανά sec)

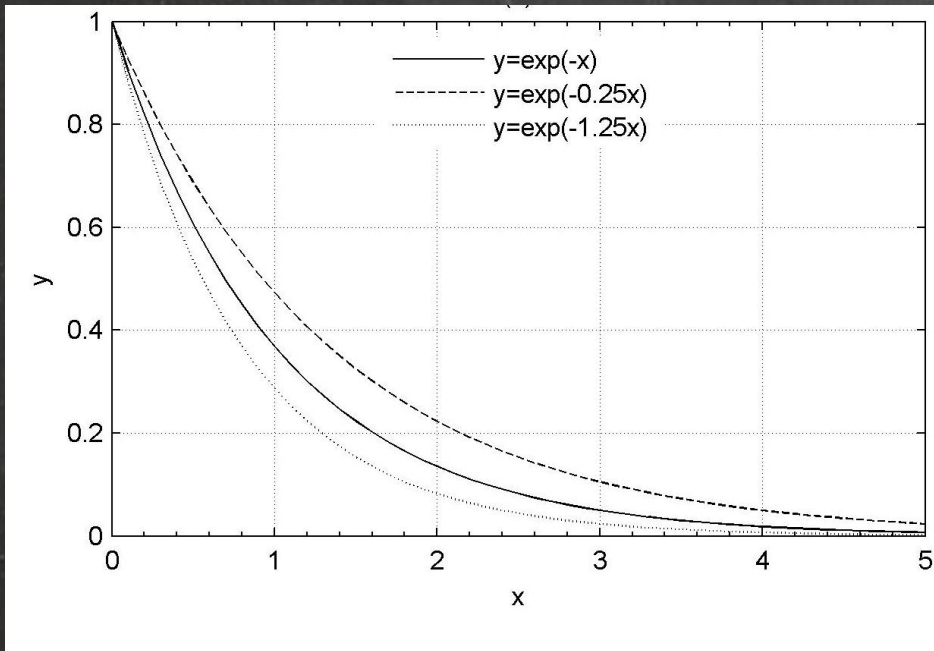
Εκθετική συμπεριφορά εμφανίζει οποιοδήποτε μέγεθος,  $y$ , για το οποίο ο ρυθμός μεταβολής του ως προς μια μεταβλητή,  $x$ , από την οποία συναρτάται είναι ανάλογος της τιμής του μεγέθους.

Αν:  $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \pm \beta y$  Τότε:  $y = y_0 e^{\pm \beta x}$   
 $\rightarrow \frac{dy}{dx} = \pm \beta y$

Επομένως αφού:  $\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$  Τότε:  $N = N_0 e^{-\lambda t}$

Όπου χρόνος υποδιπλασιασμού:  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

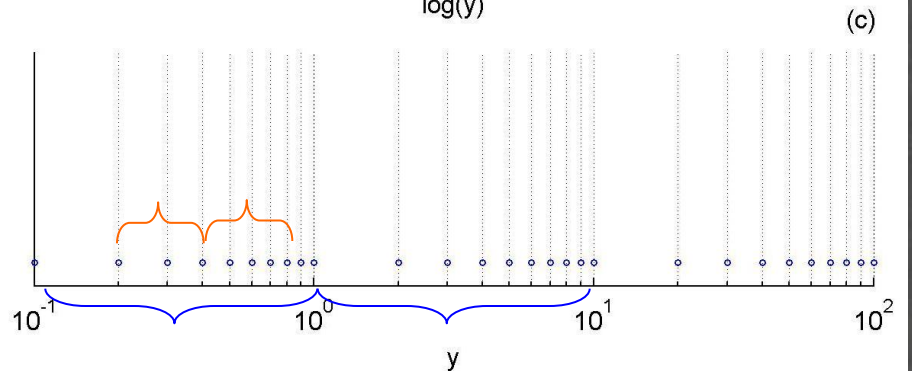
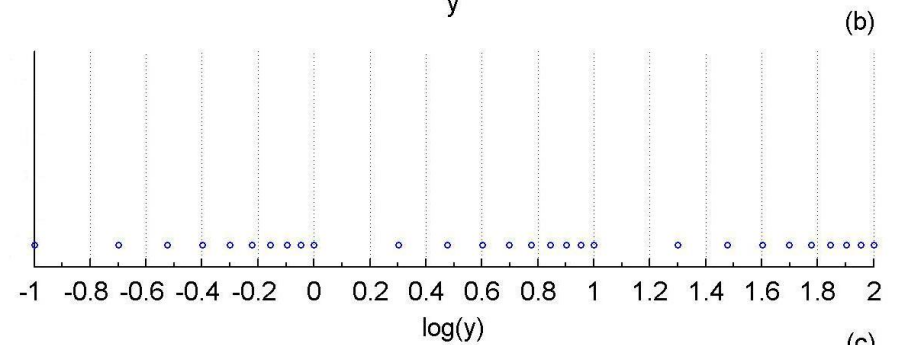
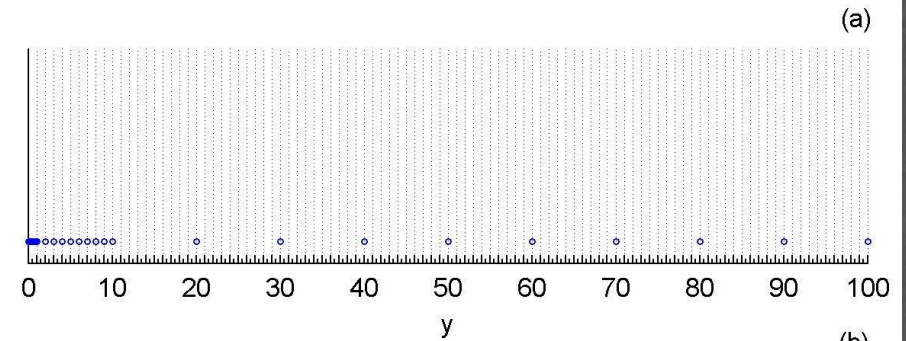
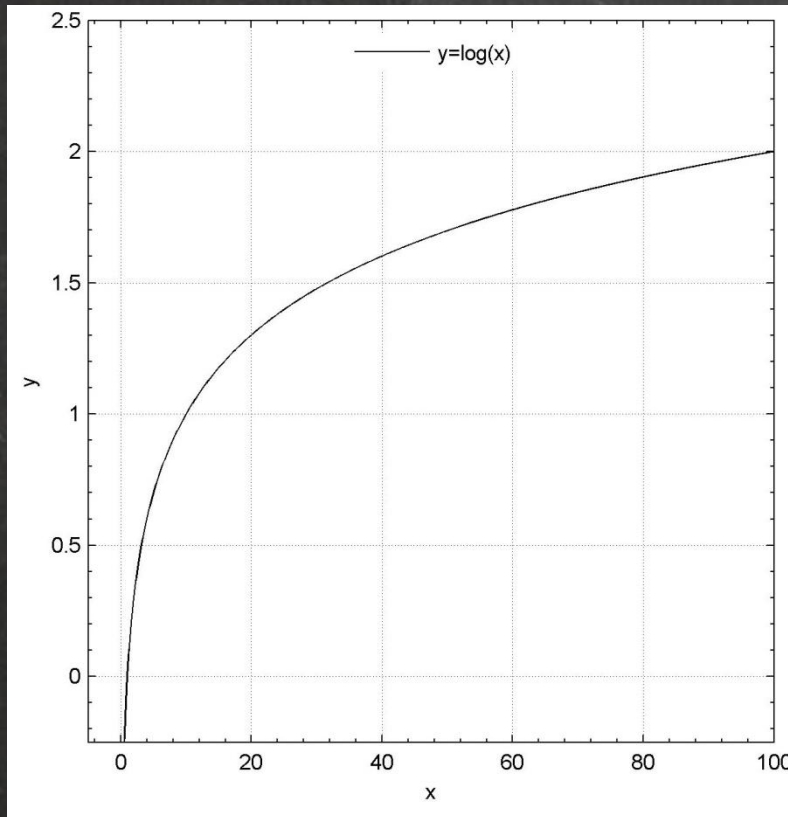
# Εκθετικές συναρτήσεις



**ΠΡΟΒΛΗΜΑ:**  
Ραγδαία μεταβολή τιμών

# Εκθετικές συναρτήσεις και ημιλογαριθμικές κλίμακες ...

**ΛΥΣΗ:**  
Λογαριθμική συνάρτηση



# Εκθετικές συναρτήσεις και ημι-λογαριθμικές κλίμακες ...

$$y = y_0 e^{\pm \beta x} \Rightarrow$$
$$\log y = \log(y_0 e^{\pm \beta x}) = \log y_0 + \log(e^{\pm \beta x}) \Leftrightarrow \log y = \log y_0 \pm (\beta \log e) x$$

