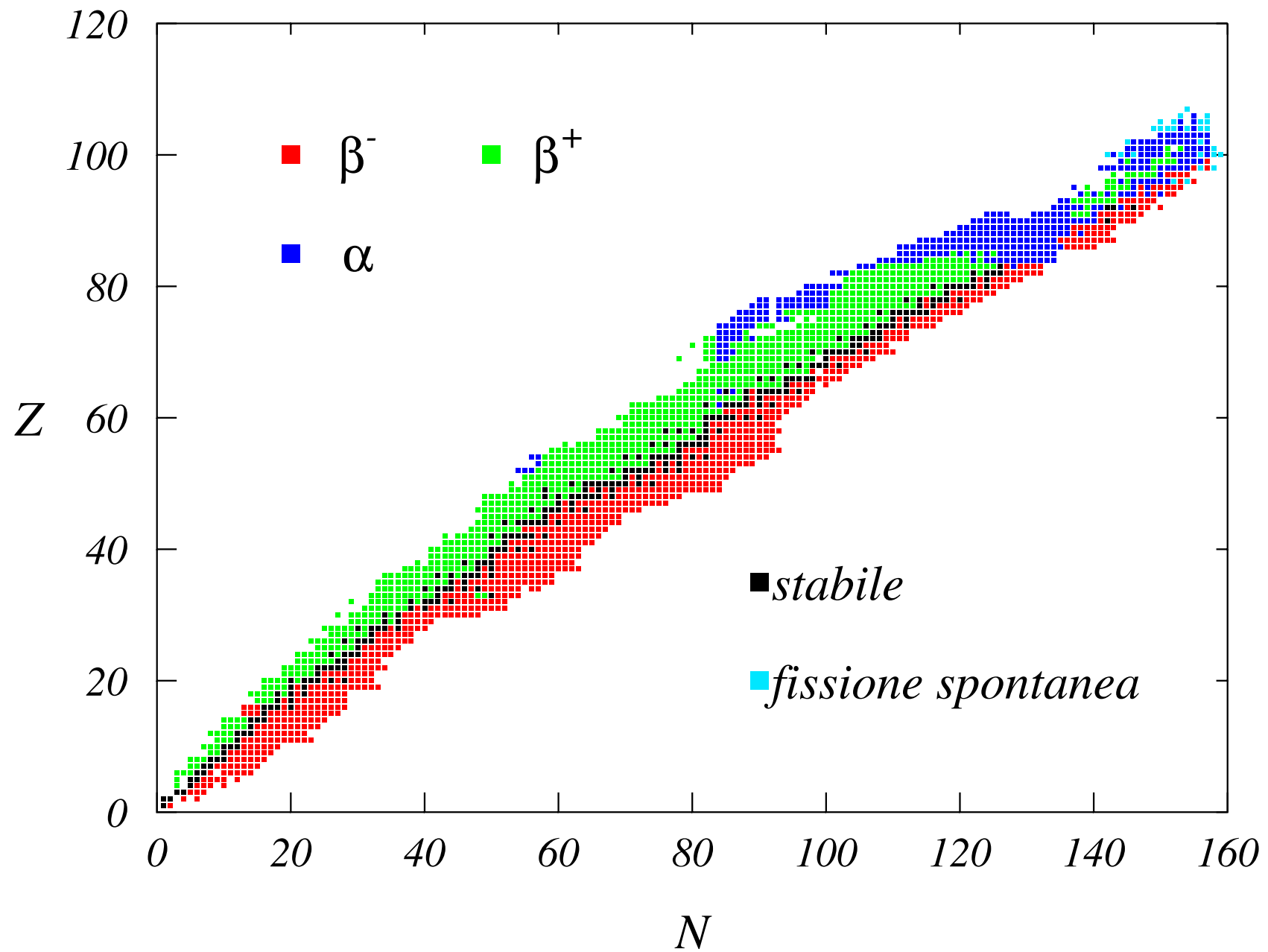
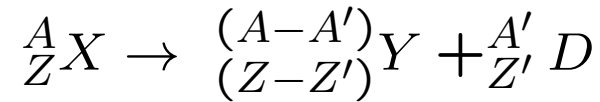


## Lezione 6

# Stabilità nucleare



## Reazioni nucleari



## Q-valore

$$Q = M(A, Z) - M(A - A', Z - Z') - M(A', Z')$$

$Q > 0$  avviene spontaneamente (esotermica)

$Q < 0$  avviene solo dando energia al sistema (endotermica)

Per il decadimento radioattivo  $Q > 0$ .

Esempio decadimento  $\beta$ .

$$M(A, Z) > M(A, Z + 1) + m_e$$

$Q > 0$  indica la **possibilità** che il decadimento possa avvenire NON la **probabilità**.

## Decadimenti radioattivi

$\alpha$  emissione di nuclei di  ${}^4\text{He}$ .

$\beta$  emissione di  $e^{\pm}$  elettroni, positroni, neutrini, antineutrini.

$\gamma$  emissione di radiazione elettromagnetica ad altissima frequenza.

fissione spontanea il nucleo si divide in due, o più, frammenti.

Costante di decadimento  $\lambda$ , definita come:

$$-dN = N\lambda dt \quad ; \quad N(t) = N(0)e^{-\lambda t}$$

$N(0)$  numero di nuclei presenti all'istante  $t = 0$ .

Vita media  $\tau$

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{1}{N(0)} \int_{N(0)}^0 t dN = \frac{1}{N(0)} \int_0^\infty t \frac{dN}{dt} dt \\ &= \frac{1}{N(0)} \int_0^\infty t [-\lambda N(0)e^{-\lambda t}] dt = \int_0^\infty t \lambda e^{-\lambda t} dt, \\ &= [t e^{-\lambda t}]_\infty^0 - \int_\infty^0 e^{-\lambda t} dt \\ &= 0 - \left[ \frac{-1}{\lambda} e^{-\lambda t} \right]_\infty^0 = \frac{1}{\lambda} \end{aligned}$$

Tempo di dimezzamento  $T$

$$N = \frac{1}{2}N(0) = N(0)e^{-\lambda T} \quad ; \quad T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Il prodotto di un nucleo radioattivo è a sua volta radioattivo. La variazione del numero dei nuclidi del secondo tipo è

$$\frac{dN_B(t)}{dt} = -\lambda_B N_B(t) + \lambda_A N_A(t)$$

Riarrangiando l'equazione e moltiplicando entrambi i membri per  $\exp(\lambda_B t)$

$$\left[ \frac{dN_B(t)}{dt} + \lambda_B N_B(t) \right] e^{\lambda_B t} = \lambda_A N_A(t) e^{\lambda_B t} = \lambda_A N_A(0) e^{(\lambda_B - \lambda_A)t}$$

Per  $t \leq 0$  non ci sono nuclei di tipo B. Integriamo l'equazione precedente da  $t = 0$  ad un generico valore del tempo.

$$\int_0^t \frac{d}{d\tau} [N_B(\tau) e^{\lambda_B \tau}] d\tau = \lambda_A N_A(0) \int_0^t e^{(\lambda_B - \lambda_A)\tau} d\tau$$
$$N_B(t) e^{\lambda_B t} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} N_A(0) [e^{(\lambda_B - \lambda_A)t} - 1] + \text{costante}$$

se ipotizziamo di scegliere  $t = 0$  per  $N_B(0) = 0$ , la costante è nulla quindi

$$N_B(t) = \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} N_A(0) [e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}]$$

Se  $\lambda_A \ll \lambda_B$

$$\lambda_B - \lambda_A \simeq \lambda_B \ ; \ e^{-\lambda_A t} \simeq 1$$

quindi

$$N_B(t) \simeq \frac{\lambda_A}{\lambda_B} N_A(0) [1 - e^{-\lambda_B t}]$$

Se  $t \gg 1/\lambda_B$

$$N_B(t) \simeq \frac{\lambda_A}{\lambda_B} N_A(0)$$

Per tempi  $t \ll 1/\lambda_A$  si ha  $N_A(t) = N_A(0)$  quindi

$$N_A(t)\lambda_A = N_B(t)\lambda_B = \text{costante} \ ; \ \frac{N_B(t)}{N_A(t)} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \text{costante}$$

Questo è l'equilibrio secolare.

## Alcune unità di misura in radioattività

- **Curie, Ci**  $3.7 \cdot 10^{10}$  disintegrazioni al secondo.  
SI **bequerel (Bq)** una disintegrazione al secondo.
- **Röntgen, R** Misura l'azione ionizzante di una sorgente radioattiva. Il Röntgen è quella quantità di radiazione elettromagnetica (raggi  $X$  o  $\gamma$ ) che passando attraverso  $1\text{cm}^3$  di aria secca a zero gradi centigradi, ad 1 atm (corrispondente a 0.001293 g di aria) produce una quantità di elettricità pari a 1 u.e.s di entrambi i segni. Ovviamente il potere ionizzante dei raggi  $X$  o  $\gamma$  dipende dall'energia dei fotoni.  
Nel SI il R è stato sostituito con la misura di C per kg.



- **rad** misura la dose di radiazione assorbita. 1 rad corrisponde all'assorbimento di 100 erg per grammo di sostanza in esame.  
Nel SI si utilizza il gray (Gy) che corrisponde a 1 J per kg.
- **rem** Per la misura dei danni biologici della radiazione si utilizzano i *rem*. L'efficacia biologica relativa (EBR) di una radiazione è il rapporto tra la dose assorbita della radiazione in esame e quella di una radiazione di riferimento (solitamente raggi X generati da un tubo alimentato a 200kV). Il prodotto tra la dose assorbita e la (EBR) è detto dose equivalente e si misura in *rem*. Ai fini della protezione dalla radiazione il rischio da radiazione viene quantificato utilizzando il *rem*.  
Nel SI si utilizza il Sievert (Sv).

$$H = QD$$

$D$  dose assorbita,  $Q$  fattore di qualità

radiazione	Q
$\gamma$	1
$e$	1
$\alpha$	20
neutroni	3 - 11

vecchia	SI	
curie (Ci)	bequerel (Bq)	1 Bq= 27pCi
Röntgen (R)	C/kg	1C/kg = $3.876 \cdot 10^3$ R
rad	gray (Gy)	1 Gy= 100 rad
rem	sievert (Sv)	1Sv= 100 rem

# Domande

[N1-2] [N1-5] [N1-6] [N1-9] [N1-17] [N1-19] [N1-20] [N2-5] [N2-13] [N2-17] [N2-25]  
[N3-2] [N3-17] [N3-18]