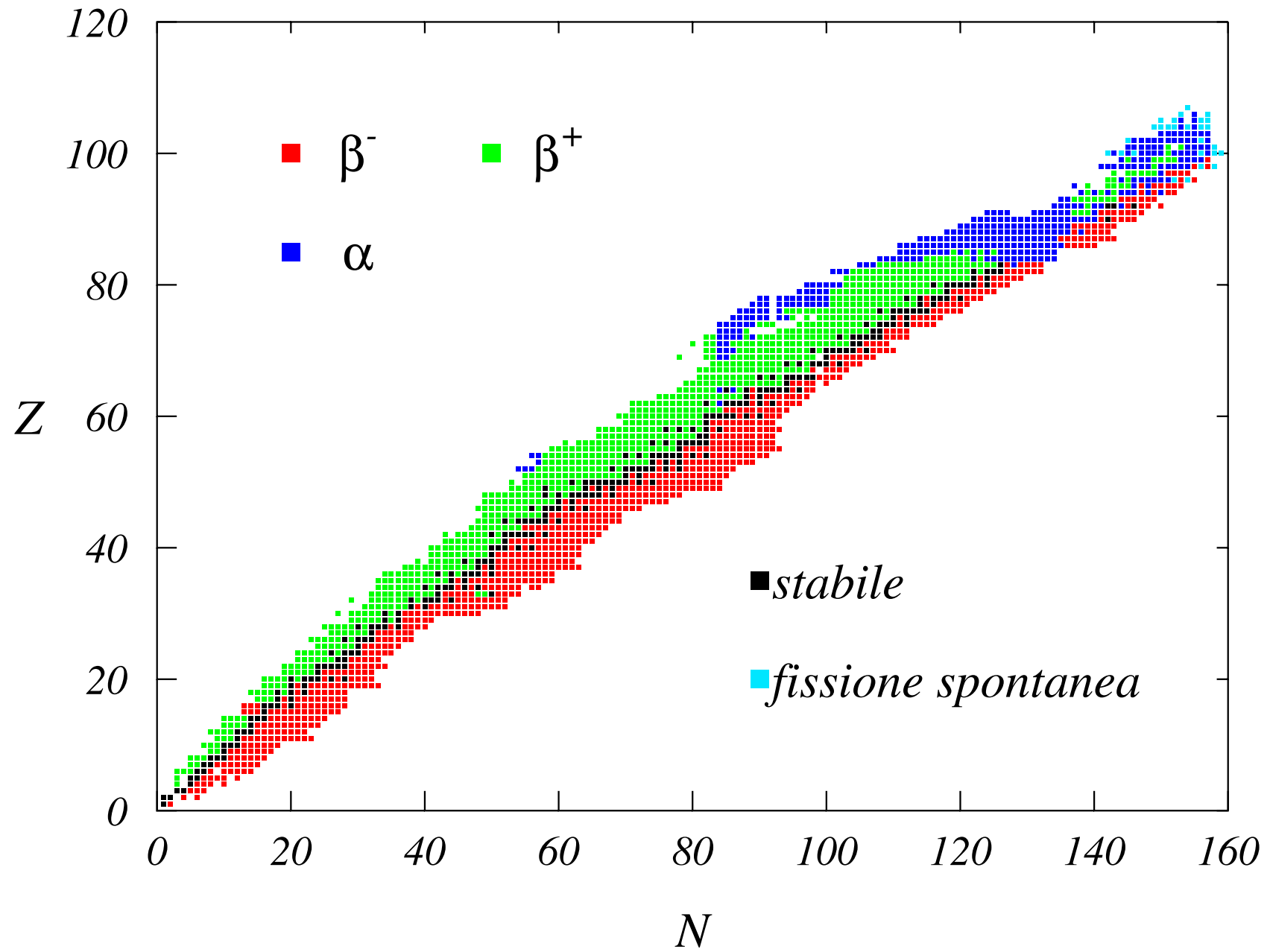
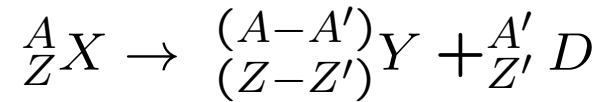


Lezione 6

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 β .

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

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

Decadimenti radioattivi

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

β emissione di e^\pm elettroni, positroni, neutrini, antineutrini.

γ emissione di radiazione elettromagnetica ad altissima frequenza.

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

Costante di decadimento λ , 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 τ

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

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.

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

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

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

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 **becquerel (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 γ) che passando attraverso 1cm^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 γ 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
γ	1
e	1
α	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] [N2-16] [N2-17] [N3-2] [N3-17] [N3-18]