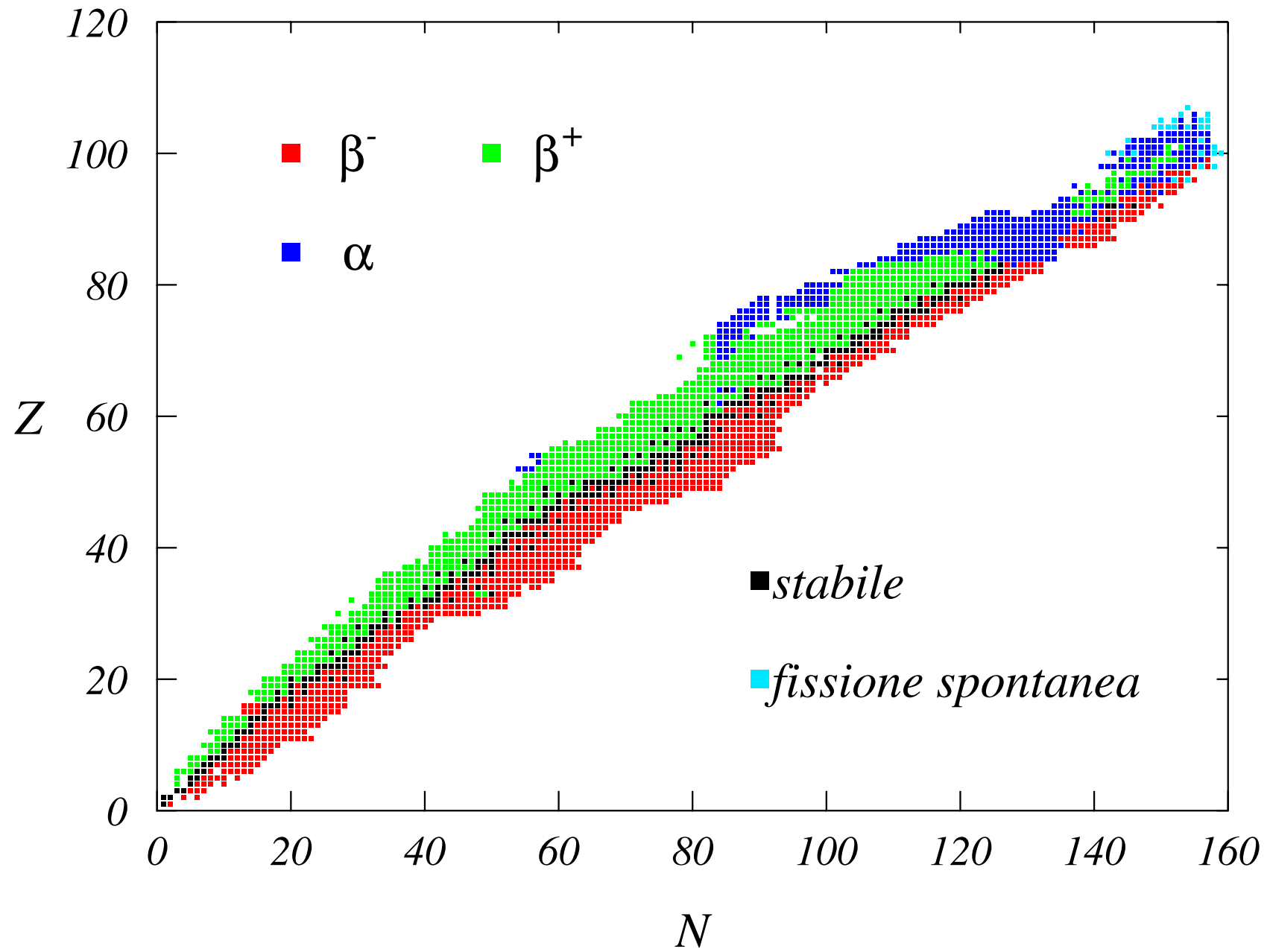
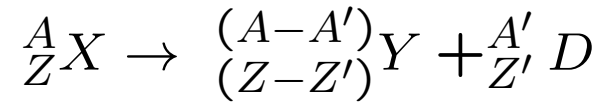


Lezione 6

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.

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

da cui

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

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).

$$H = QD$$

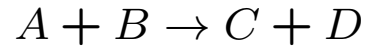
D dose assorbita, Q fattore di qualità

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] Definisci il Q-valore della reazione:



[N1-9] Qual'è la legge che descrive il decadimento di N nuclei in funzione del tempo?

[N1-5] Quali sono i prodotti di decadimento α , β e γ ?

[N1-6] Qual'è la condizione necessaria perché un nucleo possa decadere?

[N2-5] Come sono legate vita media e costante di decadimento di un nucleo instabile? Dimostra la relazione tra le due quantità utilizzando le loro definizioni.

[N2-16] L'analisi di una roccia mostra che è composta da due isotopi dello stesso elemento. Un isotopo è stabile mentre l'altro decade con vita media τ . Nota la percentuale degli isotopi radioattivi rispetto a quelli stabili, determinare l'età della roccia ipotizzando che, nel momento della sua formazione il numero di nuclei radioattivi fosse uguale a quello dei nuclei stabili.

[n2-17] Un nucleo può decadere in due maniere diverse con costanti di decadimento λ_1 e λ_2 rispettivamente. Qual è la legge di decadimento totale in funzione di λ_1 e λ_2 ?

[N3-2] La tavola degli isotopi mostra che la valle di stabilità si trova attorno alla linea $Z=N$, per nuclei con $A \leq 40$. Per nuclei più pesanti la stabilità si ottiene solo quando si ha $N > Z$. Qual' è l'origine fisica di questo comportamento?