

Ruolo dei neutroni ritardati

Per poter lavorare stabilmente $k=1$. In pratica si stabilizza $k > 1$ con barre di controllo.

Per $\rho = k-1 > 1$ il numero di neutroni cresce di $\rho \lambda$ ogni generazione. Il tempo tipico per ogni generazione è la somma dei tempi di rallentamento t_s più quelli di diffusione t_d $t_p = t_s + t_d$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{\rho \lambda}{t_p} n(t) = n_0 e^{\frac{\rho \lambda}{t_p} t}$$

Dato che $t_s \ll t_d$ $t_p \approx t_d = \frac{v}{\Sigma_a} = \frac{1}{v \Sigma_a}$

Per un core Uranio Grafite $\rho \approx 1600 \text{ kg m}^{-3}$ e neutroni termici $\Sigma_a = 0.36 \text{ m}^{-1}$ e $v \approx 2200 \text{ m/s}$

$$t_p = 0.8 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

rispetto un 10^{-3} s

per $k = 1.001$ $\rho = 10^{-3}$ quindi

$n(t) = n_0 e^t$ in 10 s $e^{10} \approx 22000$! incontrollabile

0.0065 neutroni da fissione sono prodotti in ritardo dal decadimento β con tempi di $\tau \approx 12.5 \text{ s}$

L'eq. viene modificata in

$$n(t) = n_0 \left[\frac{\lambda}{\lambda - \rho} \exp\left(\frac{\rho}{\lambda - \rho} \frac{t}{t_p}\right) + \frac{\rho}{\lambda - \rho} \exp\left(-\frac{(\lambda - \rho)}{\tau} t\right) \right]$$

che riproduce la precedente per $\rho = 0$

Fino a quando $\rho \ll \lambda$ il tasso è dominato da τ . Se $\rho \ll \lambda$

$$n(t) \sim n_0 \exp\left(\frac{\rho t}{(\lambda - \rho) \tau}\right)$$

Per $\rho = 0.001$ $\frac{n(t)}{n_0} \approx e^{t/70}$ che cresce $e \approx 2.7$ in 70 s