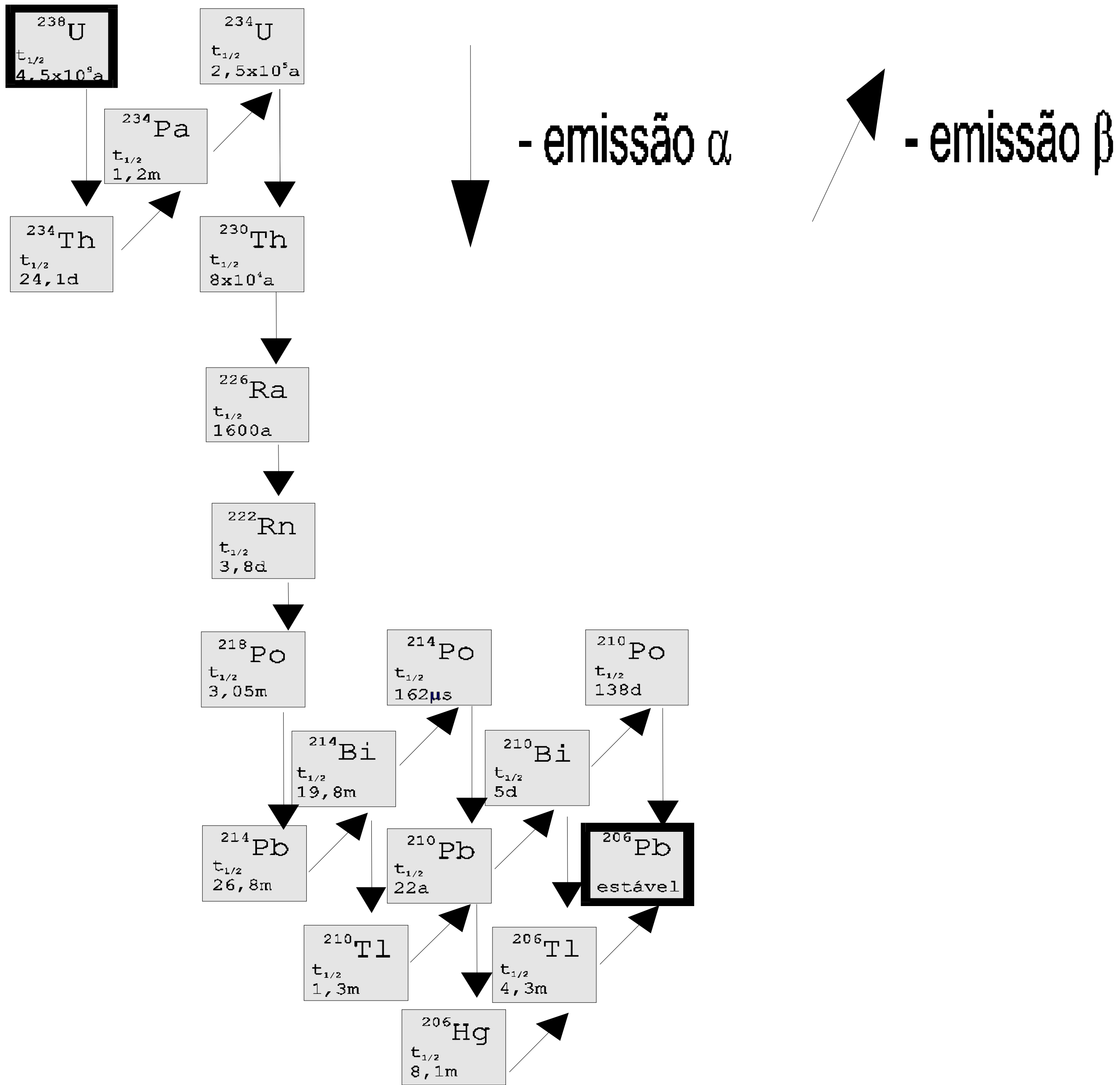
DETECÇÃO DE RADIAÇÃO

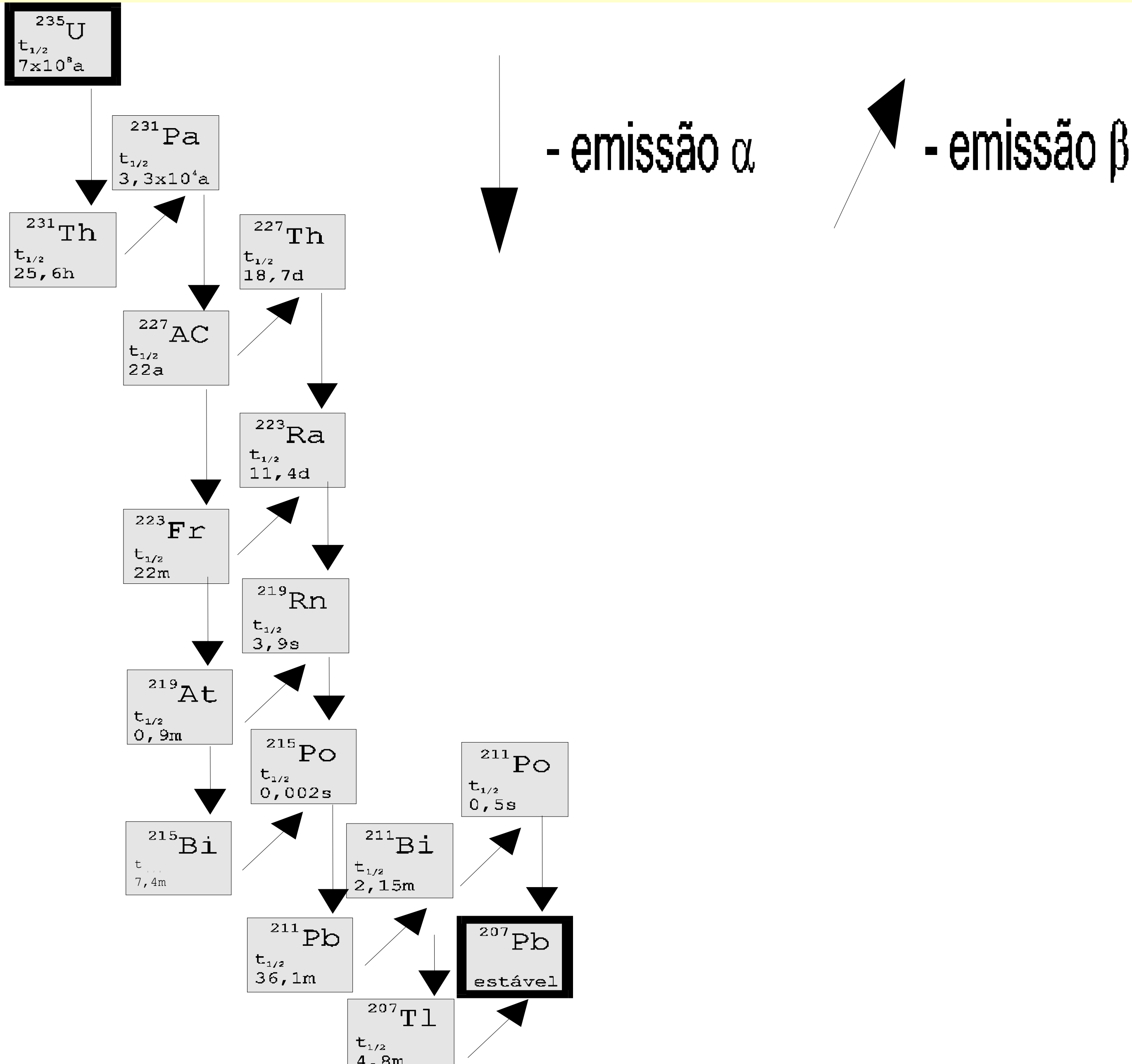
SÉRIES RADIOATIVAS

Claudio C. Conti

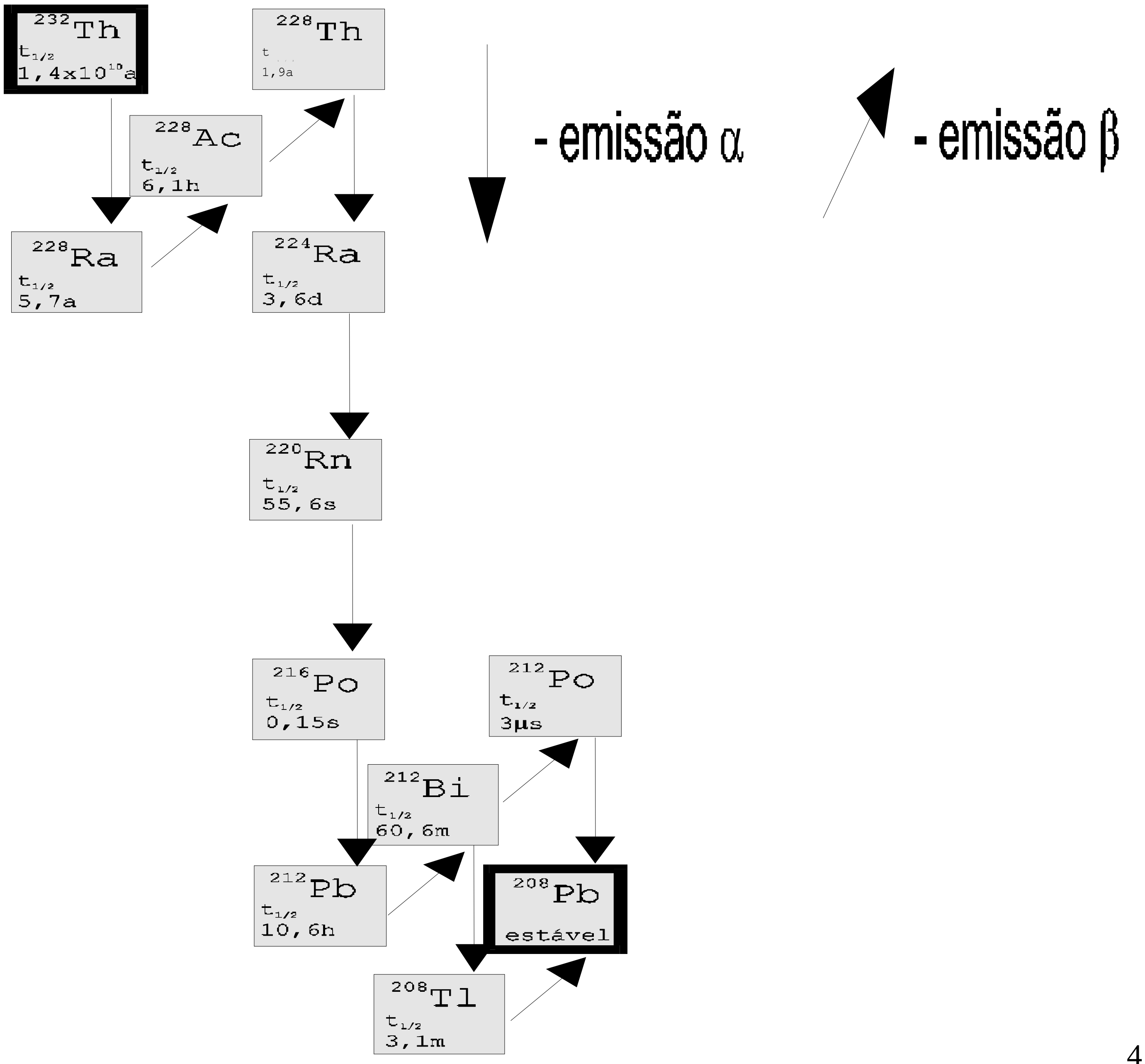
Série do Urânio-238



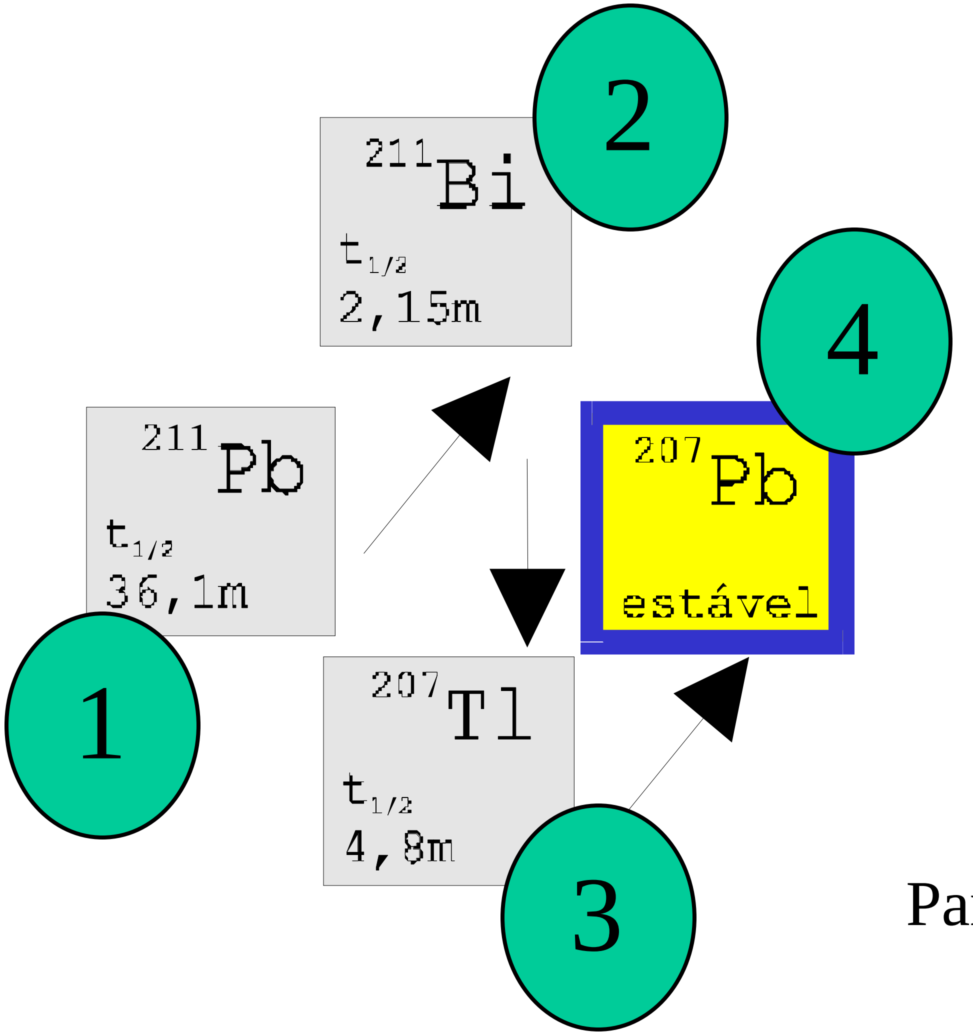
Série do Urânio-235



Série do Tório-232



Decaimento em série

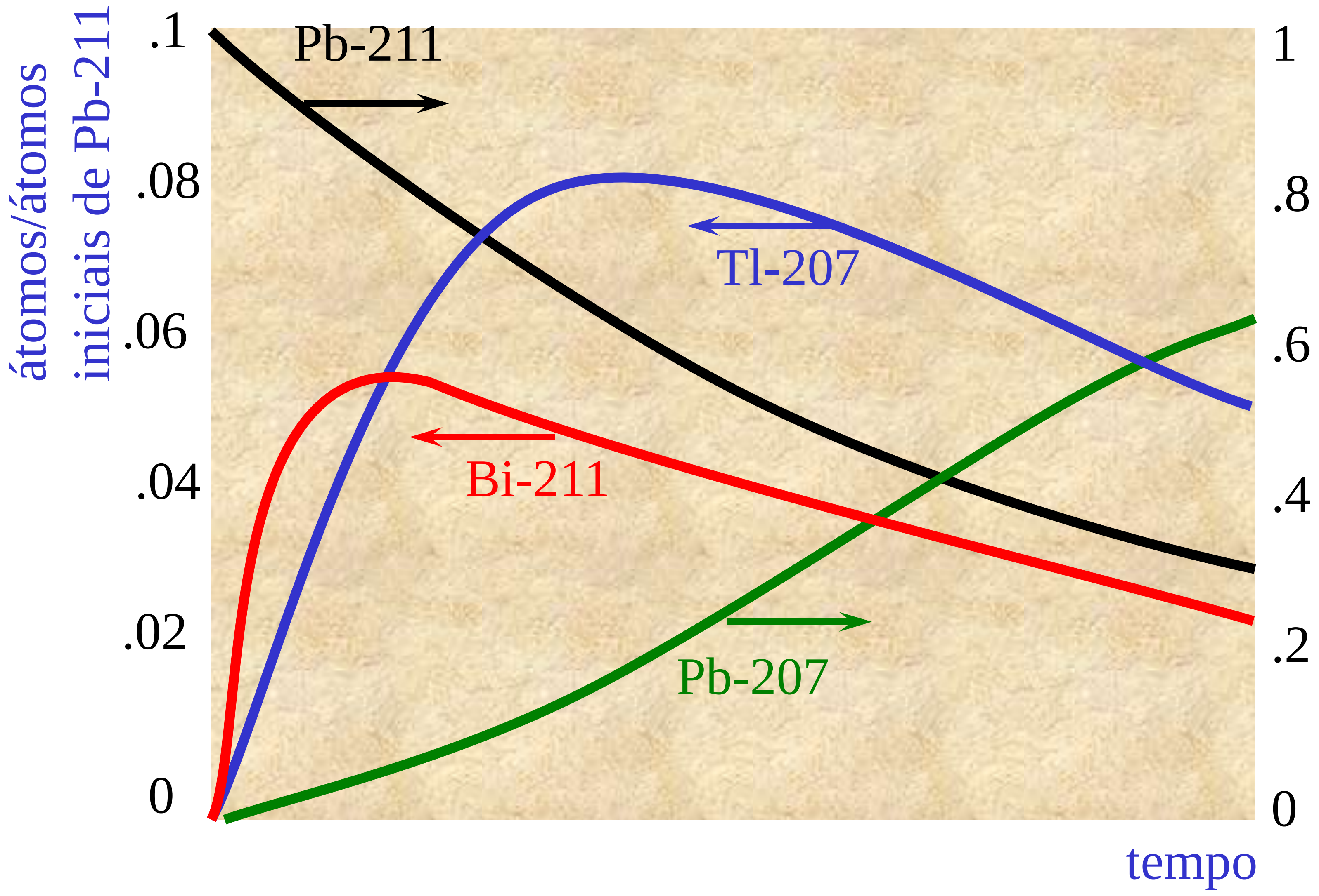


Em t = 0 ➔ N(1)=1000
N(2)=0
N(3)=0
N(4)=0

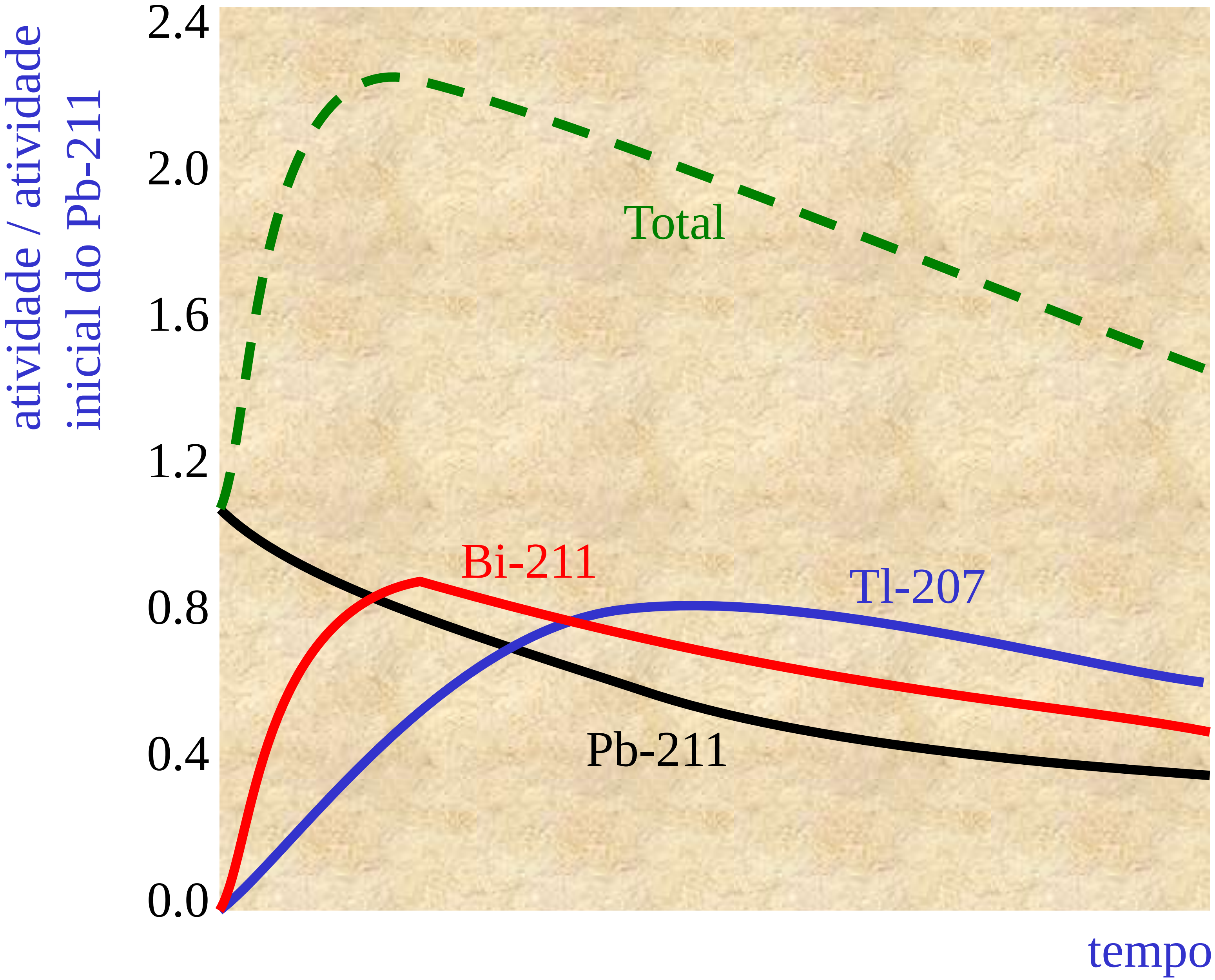
Para t = 36,1 min

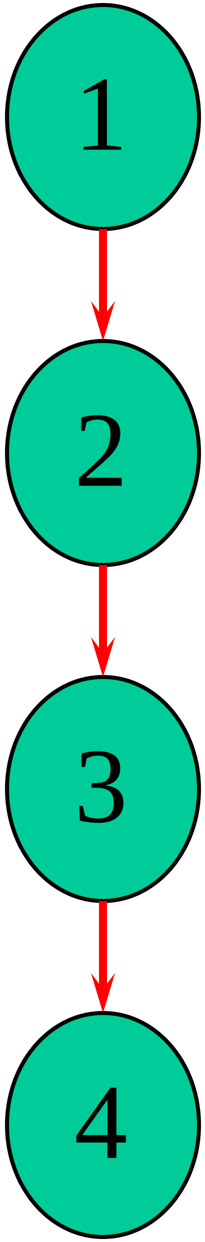
N(1)=500
N(2)=? N(3)=? N(4)=?

Decaimento em série



Decaimento em série





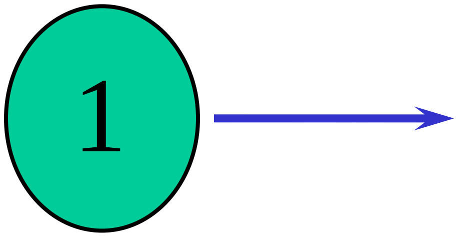
$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1$$

$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$$

$$\frac{dN_3}{dt} = \lambda_2 N_2 - \lambda_3 N_3$$

$$\frac{dN_4}{dt} = \lambda_3 N_3$$

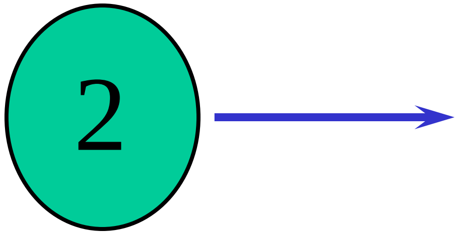
Decaimento em série



$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1$$

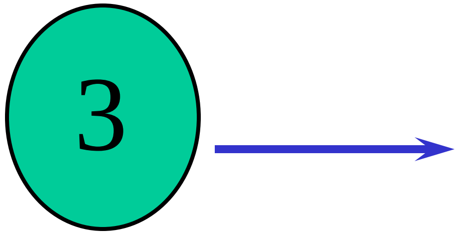
$$N_1 = N_1^{t=0} e^{-\lambda_1 t}$$

Decaimento em série



$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$$

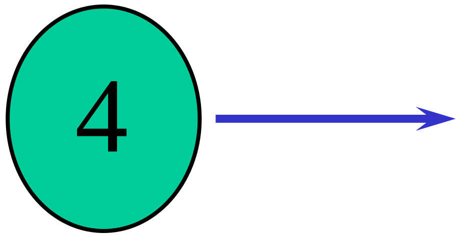
$$N_2 = \frac{\lambda_1 N_1^{t=0}}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right)$$



$$\frac{dN_3}{dt} = \lambda_2 N_2 - \lambda_3 N_3$$

$$N_3 = \lambda_1 \lambda_2 N_1^{t=0} \left[\frac{e^{-\lambda_1 t}}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)} + \frac{e^{-\lambda_2 t}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)} + \frac{e^{-\lambda_3 t}}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)} \right]$$

Decaimento em série



$$\frac{dN_4}{dt} = \lambda_3 N_3$$

Pode ser calculado diretamente do balanço de material:

$$N_3 = N_1^{t=0}\left(1 - e^{-\lambda_1 t}\right) - \left(N_2 + N_3\right)$$

Equação de Bateman

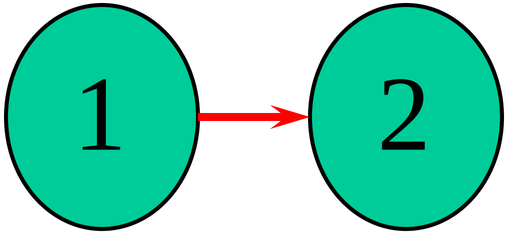
Para número de átomos dos filhos igual a zero.

$$N_i = N_1^{t=0} \lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_{i-1} \sum_{j=1}^{i} \frac{e^{-\lambda_j t}}{\prod_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{i} \left(\lambda_k - \lambda_j \right)}$$

Equação de Bateman

Como ficaria a equação de Bateman para qualquer número inicial de átomos dos filhos?

$T_{1/2}$ filho < $T_{1/2}$ pai



$$\lambda_1 < \lambda_2$$

$$N_2 = \frac{\lambda_1 N_1^{t=0}}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right)$$

Para $\lambda_2 t >> 1$

$$N_2 = \frac{\lambda_1 N_1^{t=0}}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(e^{-\lambda_1 t}\right)$$

Substituindo

$$N_1^{t=0} = \frac{N_1}{e^{-\lambda_1 t}}$$

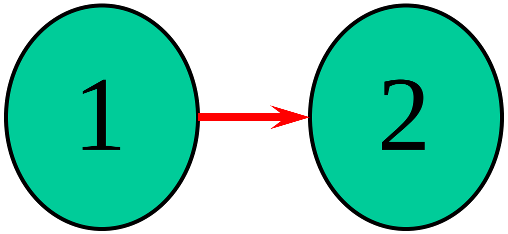
e mulriplicando por λ_2

Tem-se

$$\frac{\lambda_2 N_2}{\lambda_1 N_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

Equilíbrio radioativo

$T_{1/2}$ filho $\ll$ $T_{1/2}$ pai



$$\lambda_1 \ll \lambda_2$$

Para altos valores de t :

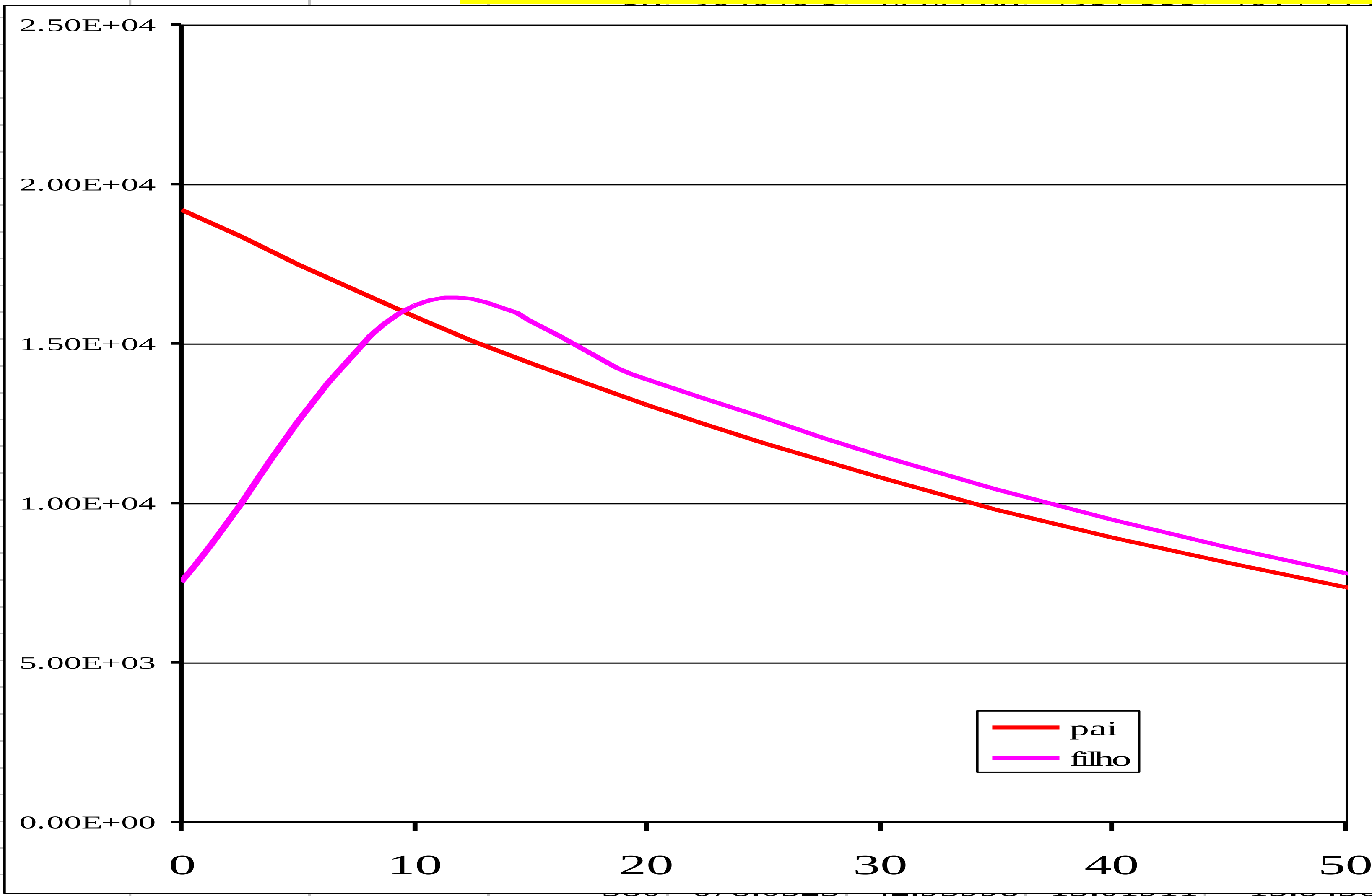
$$\frac{\lambda_2 N_2}{\lambda_1 N_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cong 1$$

Equilíbrio secular

Curvas da atividade do pai e do filho em função do tempo

N0	1000000
T1/2 (1)	36.1
T1/2 (2)	2.15
λ (1)	0.019201
λ (2)	0.322394

Comparar Pb-211(36.1m) e Bi=211(2.15m) com Ra-226(1602a) e Rn-222(3.284d).



Exercício

Considere uma fonte de 50mg de Ra-226 assumindo T1/2=1602 anos.

a) Qual a constante de decaimento?

b) Quantos átomo de Ra-226 estão presentes baseando-se na massa (1mol=226g)?

c) Quantos átomos de Ra-226 estão presentes baseando-se na atividade?

d) Quantos mCi e quantos átomos de Rn-222 estarão presentes quando atingir o equilíbrio secular (T1/2=3.824 dias)?

Resposta a

Considere uma fonte de 50mg de Ra-226 assumindo T1/2=1602 anos.

Qual a constante de decaimento?

Resposta b

Considere uma fonte de 50mg de Ra-226 assumindo T1/2=1602 anos.

Quantos átomo de Ra-226 estão presentes baseando-se na massa (1mol=226g)?

Resposta c

Considere uma fonte de 50mg de Ra-226 assumindo T1/2=1602 anos.

Quantos átomos de Ra-226 estão presentes baseando-se na atividade?