① El núcleo de ^{65}Zn decae por captura electrónica o por emisión de positrones.

Valores Q

Captura electrónica: (98.5 %): $Q \cong \Delta_{Zn} - \Delta_{Cu} = [-65{,}92 - (-67{,}27)]$ MeV

$^{65}_{30}Zn + e^- \rightarrow {}^{65}_{29}Cu + \nu_e$ $\Rightarrow$ $\boxed{Q_{CE} = 1{,}35\,MeV}$

Decaimiento β^+ (1,5%) : $Q = \Delta_{Zn} - \Delta_{Cu} - 2m_e c^2$

$^{65}_{30}Zn \longrightarrow {}^{65}_{29}Cu + e^+ + \nu_e$ $= [-65{,}92 - (-67{,}27) - 1{,}022]$ MeV

$\Rightarrow \boxed{Q_{\beta^+} = 0{,}33\,MeV}$

b) En vez de emitirse un fotón de 1,116 MeV durante la captura electrónica, podría darse un fenómeno de conversión interna y ésta energía sería empleada para extraer un e^- de la capa K del cobre con una energía de 1,107 MeV, por tanto, se puede calcular la energía de ligadura de un electrón en ésta capa: $E_B = (1{,}116 - 1{,}107)$ MeV

$\Rightarrow \boxed{E_B = 0{,}009\,MeV}$

c) Actividad inicial de la muestra: $A_0 = 2\times10^{-5}\,\mu Ci = 2\times10^{-11}\,Ci$

$1\,Ci = 3{,}7\times10^{10}\,Bq \Rightarrow A_0 = 0{,}74\,Bq$

El tiempo promedio entre 2 desintegraciones será entonces:

$$T = \frac{1}{A} = \frac{1}{0{,}74\,des/s} = \boxed{1{,}35\,seg}$$

Para calcular la probabilidad de observar 10 decaimientos en 5 segundos primero calculamos el número de núcleos radiactivos contenidos inicialmente en la muestra N_0:

$$A_0 = \lambda N_0 \quad y \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{243.9 \times 24 \times 60 \times 60\,s}$$

$T_{1/2}$: tiempo de vida medio: 243.9 días

$$\Rightarrow \lambda = 3,29 \times 10^{-8}\,s$$

Entonces: $N_0 = \dfrac{A_0}{\lambda} = \dfrac{0,74\,Bq}{3.29 \times 10^{-8}\,s^{-1}} = 2.25 \times 10^{7}$

Con estas cifras, en principio, la probabilidad de un núcleo de decaer en 5s es $p = 1 - e^{-5\lambda}$ y la probabilidad de no decaer $q = e^{-5\lambda}$, usando la distribución binomial tendríamos entonces:

$$P(10, 5s) = \binom{N_0}{10} p^{10} q^{N-10}$$

(difícil para calcular combinatorias con números grandes)

$p \simeq 16,45 \times 10^{-8}$

Siendo $N_0 \gg 1$ y $N_0 \gg 10$ con una probabilidad de decaimiento baja podemos usar también la distribución de Poisson:

$$P_{10}(5s) = \frac{\langle n \rangle^{10} e^{-\langle n \rangle}}{10!} = \frac{3,7^{10} e^{-3,7}}{10!} = 0,0033 \longrightarrow \boxed{0,33\,\%}$$

dónde $\langle n \rangle$ es el promedio de decaimientos esperados en 5s: $\langle n \rangle = N_0\, p = 2.25 \times 10^{7} \cdot 16,45 \times 10^{-8} = 3,7$

② Datos

$A \rightarrow B$

β^+: 24% → 1,62 MeV (16%) β_2^+ ; 0.98 MeV (8%) β_1^+

C.E: 76%

El núcleo B excitado puede emitir 2 gamas:

γ_1 : 1.51 MeV (47%)

γ_2 : 0,64 MeV (55%)

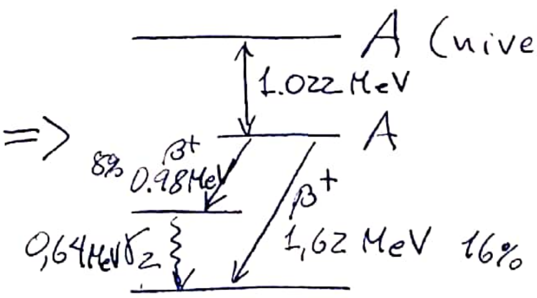
Los rayos gama de 0,511 MeV resultan de la aniquilación de los positrones y tienen una frecuencia del 48% $\left(= 2\times\underbrace{(16+8)}_{\text{de los decaimientos } \beta^+}\%\right)$

a)

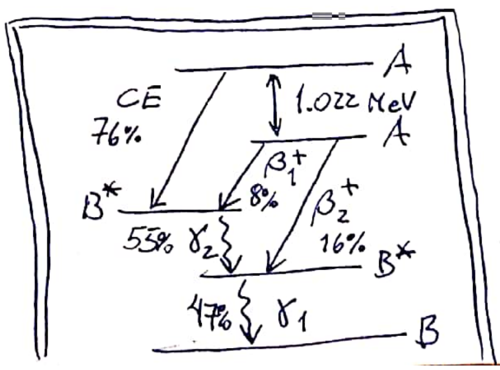
Observaciones

* Los niveles de decaimiento de C.E. están 1,022 MeV por arriba de los decaimientos β^+.

* Restando las energías máximas de los 2 positrones $(1,62-0,98)\,\text{MeV} = 0,64\,\text{MeV}$ que es la energía de uno de los gamas emitidos => éste gama se emitirá entre los 2 niveles de decaimientos β^+.

=> 

* La probabilidad de 55% del γ_2 es mayor a la frecuencia del β_1^+, entonces hasta éste nivel caería la captura electrónica



* Los rayos de 0,511 MeV no se anotan en éste diagrama.

b) Para calcular el promedio de la energía electromagnética radiada durante éstos decaimientos hacemos la sumatoria de las energías por sus frecuencias correspondientes (con la ayuda del diagrama elaborado).

$$\overline{E}_\gamma = (\underset{\substack{\uparrow \\ CE \\ \%}}{0{,}76} + \underset{\substack{\uparrow \\ \beta_1^+ \\ \%}}{0{,}08}) \times \underset{\substack{\uparrow \\ \gamma_2 \\ \%}}{0{,}55} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \gamma_2 \\ MeV}}{0{,}64} + \underset{\substack{\uparrow \\ \beta_2^+ \\ \%}}{0{,}16} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \gamma_1 \\ \%}}{0{,}47} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \gamma_1 \\ MeV}}{1{,}51}$$

$$+ \underset{\substack{\uparrow \\ \beta^+ \%}}{0{,}48} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{aniquilación} \\ MeV}}{0{,}511} = \boxed{0{,}65\ MeV}$$

c) En la captura electrónica se dejan huecos vacíos en las capas de e^- del átomo que al ser llenados por e^- de capas más altas producen rayos X característicos. La conversión interna También puede dejar éstos agujeros y dar lugar a rayos X característicos.

③ $^{15}_{7}N \rightarrow$ 7 protones y 8 neutrones

La capa de neutrones está cerrada

Último nivel ocupado para los protones : $1p_{1/2}$

- Como A es impar, el valor de J lo da el protón no apareado ($1/2$) y la paridad es $(-1)^{l=1} = -1 \Rightarrow J^P = 1/2^-$

$^{40}_{19}K \longrightarrow$ 19 protones y 21 neutrones

Último nivel ocupado por neutrones : $1f_{7/2}$

Último nivel ocupado por protones : $1d_{3/2}$

- Como n y p son impares el valor de J puede tomar cualquier valor entre $|\frac{3}{2} - \frac{7}{2}|$ y $|\frac{3}{2} + \frac{7}{2}|$ es decir, entre 2 y 5 y la paridad está dada por $(-1)^{(l_1+l_2)} = (-1)^{3+2} = -1$

$^{115}_{49}In \longrightarrow$ 49 protones y 66 neutrones

Último nivel ocupado por neutrones : $2d_{3/2}$

Último nivel ocupado por protones : $1g_{9/2}$

- A es impar, entonces son los protones que no están todos apareados, entonces $J = 9/2$ y la paridad es $(-1)^{l=4} = +$

$^{173}_{70}Yb \rightarrow$ 70 protones y 103 neutrones

Último nivel ocupado por neutrones : $2f_{5/2}$

Último nivel ocupado por protones : $3s_{1/2}$

- Analogamente, los neutrones que no están apareados nos dan $J = 5/2$ y la paridad $(-1)^{l=3} = -$