



Neutrinos y decaimiento β

Federico Cobelli, Marcelo Occhiuzzi y
Mateo Palermo



Decaimiento β



Decaimiento β



Decaimiento β

Con mediciones de e/m se descubrió que la partícula β^- es el electrón.



Decaimiento β

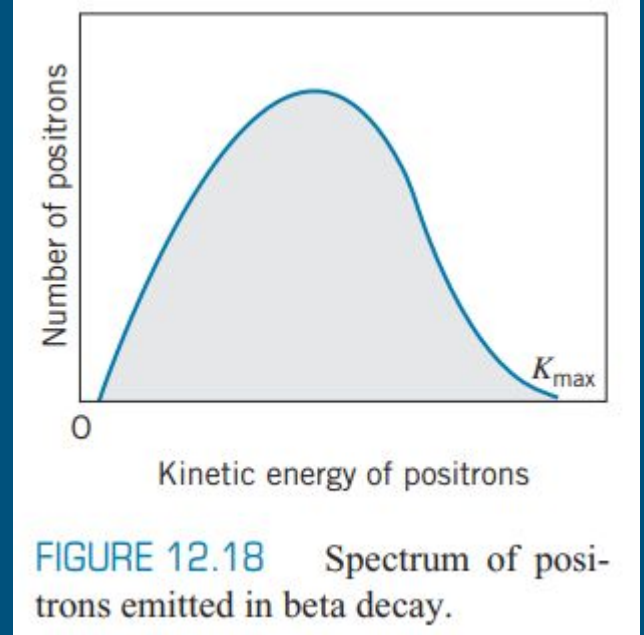
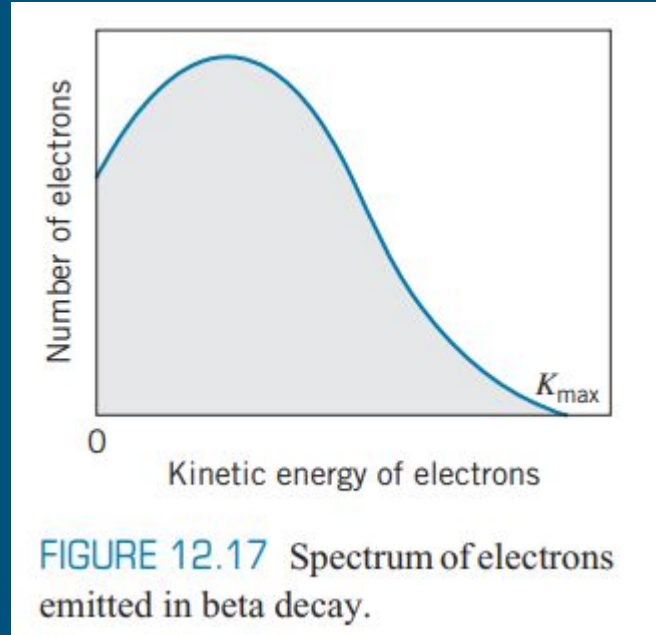
Por conservación de momento y energía:

$$E = m_N c^2 = \sqrt{(m_{N'} c^2)^2 + (pc)^2} + \sqrt{(m_e c^2)^2 + (pc)^2}$$

Entonces se espera que para cada tipo de decaimiento se emita un fotón con una única energía. Esto no es lo que pasa.

Decaimiento β

Lo que sucede es:



Decaimiento β

Esto llevó a Pauli a proponer la existencia de una nueva partícula, el neutrino (ν).



Propiedades:

- Carga neutra
- Spin $\frac{1}{2}$
- Interactúa muy poco
- Masa diminuta (cota superior de $\sim 0,8 eV/c^2$)

Teoria de fermi

Teoría de Fermi

En 1934 Fermi postuló que el operador hamiltoniano del decaimiento β es de la forma:

$$H' = \frac{\hbar^3 G_F}{m_{p^+}^2 c} \left(\int \Psi_{e^-}^*(r) \Psi_{\nu_e}(r) \Psi_{p^+}^*(r) \Psi_{n^0}(r) d^3 r + \int \Psi_{\nu_e}^*(r) \Psi_{e^-}(r) \Psi_{n^0}^*(r) \Psi_{p^+}(r) d^3 r \right)$$

Donde G (la constante de Fermi) es adimensional

$$G_F \approx 1,01 \times 10^{-5}$$

Teoría de Fermi

Con esta expresión Fermi pudo hallar la ecuación para la vida media de un núcleo:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{G_F}{2\pi^3} \left(\frac{m_e}{m_p} \right)^4 \frac{m_e c^2}{\hbar} F \left(\frac{\Delta E}{m_e c^2} \right)$$

Donde:

$$\Delta E = m_{nucleo_i} c^2 - m_{nucleo_f} c^2$$

$$F(x) = \int_1^x y \sqrt{y^2 - 1} (x - y)^2 dy$$

Sección eficaz

Sección eficaz del neutrino

Una aproximación de la sección eficaz de los neutrinos se puede hallar por analogía con el scattering de Thompson y teniendo en cuenta la relatividad:

$$\sigma_\nu \propto G_F^2 \left(\frac{\hbar}{m_p c} \right)^2 \frac{E_\nu}{m_p c^2}$$

Esta aproximación es buena en altas energías (GeV), donde:

$$\sigma_\nu \approx 10^{-38} \text{ cm}^2$$

Sección eficaz del neutrino

Para bajas energías, el cálculo es más complicado. Se llega a que:

$$\sigma_{\nu} \sim 10^{-43} \text{ cm}^2$$

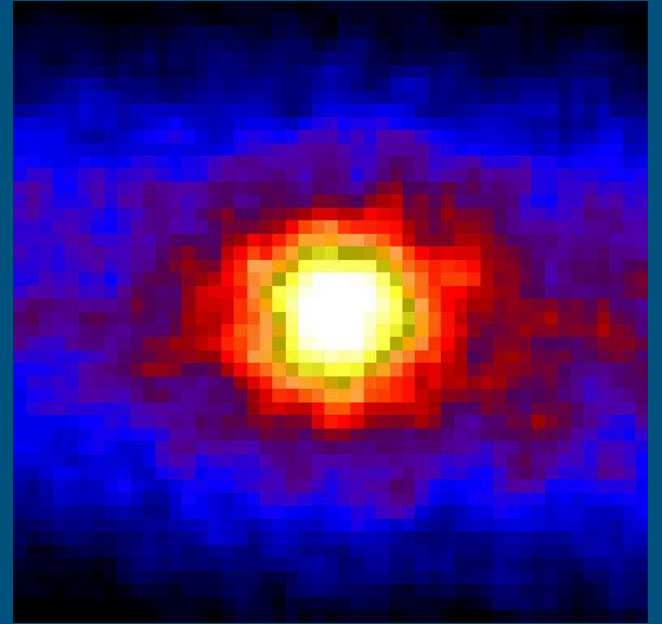
El camino libre medio se calcula como: $\lambda = \frac{1}{n\sigma}$

Para neutrinos de baja energía en un bloque de hierro: $\lambda \approx 2,1 \text{ ly}$

Algunos datos extra



- La oscilación de neutrinos fue explicada por científicos de apellido Kajita y McDonald. Recibieron un Nobel en 2015.
- Segunda partícula más abundante (detrás del fotón).
- ~100 billones de neutrinos atraviesan nuestros cuerpos cada segundo.
- Los neutrinos y antineutrinos oscilan a ritmos distintos.
- Los neutrinos son esenciales para las supernovas.



¿Preguntas?

Bibliografía

- Gasirowicz, S. (1979). The Structure of Matter: A Survey of Modern Physics. pag. 453 a 457
- Krane, K. S. (2012). Modern Physics. Wiley.
- <https://icecube.wisc.edu/news/press-releases/2023/06/our-galaxy-seen-through-a-new-lens-neutrinos-detected-by-icecube/>
- https://www.researchgate.net/figure/Solar-image-using-neutrinos-captured-with-the-Super-Kamiokande-Cherenkov-detector_fig2_283658890
- <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2021.02.002>.
- <https://www.youtube.com/watch?v=tMH1IO0QhFA>