

## Física Nuclear y de Partículas. 25 de mayo de 2018. 2ª parte

1. El estado fundamental  $\frac{3}{2}^+$  de  $^{39}_{20}\text{Ca}$  se desintegra mediante  $\beta^+$  al estado fundamental  $\frac{3}{2}^+$  de  $^{39}_{19}\text{K}$ , con una semi-vida de 0.86 s.
  - a) ¿Es una transición de Fermi o de Gamow-Teller, o son las dos posibles?
  - b) Usa los valores de las energías de enlace por nucleón dados más abajo para calcular la energía cinética máxima del positrón. Con ese resultado y la información mostrada en la figura adjunta, determina el valor de  $\log_{10} ft_{1/2}$  para esta transición. Compara con el dato recogido en *National Nuclear Data Center*,  $\log_{10} ft_{1/2} = 3.63$ .
  - c) ¿Es el resultado compatible con la información de la figura en las notas de clase que muestra la distribución de los valores de  $\log_{10} ft_{1/2}$ ?

Energías de enlace por nucleón, BE/A (keV): 8369.6 para  $^{39}_{20}\text{Ca}$ ; 8557.0 para  $^{39}_{19}\text{K}$ .

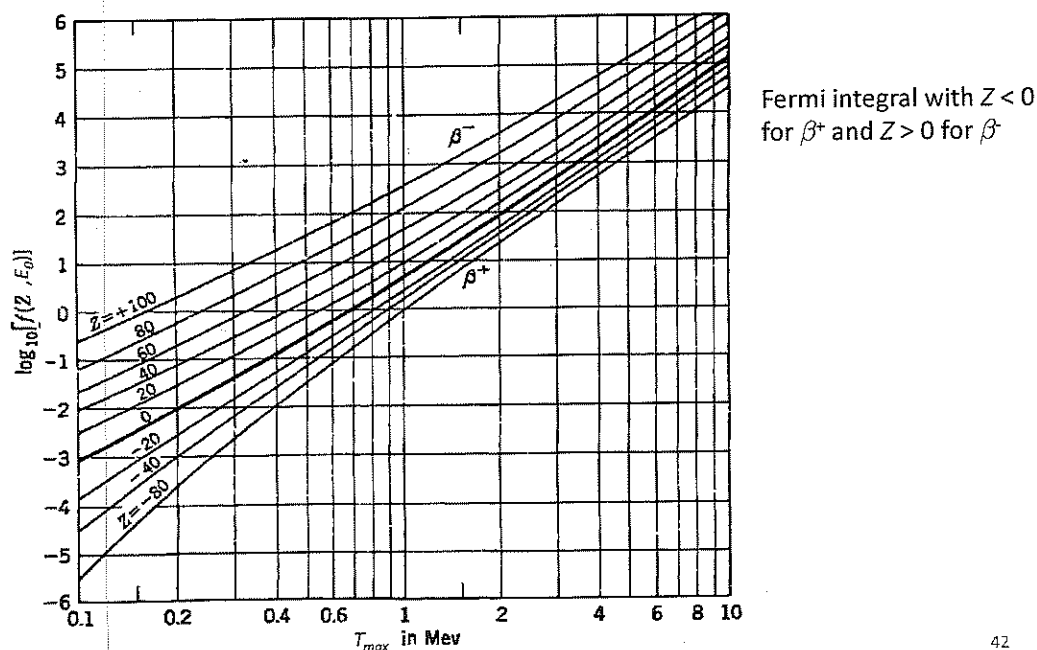


Figura 1: Curvas correspondientes a la integral de Fermi.  $Z$  es el número atómico el núcleo resultante y se toma como negativo para desintegración  $\beta^+$  y positivo para  $\beta^-$ .

2. Desintegración del quark top. Debido a su gran masa, el tiempo de vida del quark top es muy corto. Su tasa de desintegración se puede calcular del proceso  $t \rightarrow bW^+$ , donde el bosón  $W$  se trata como una partícula real *on shell* en el estado final. Despreciando la masa del quark  $b$ , el elemento de matriz correspondiente  $\mathcal{M}$  da lugar después de promediar y sumar sobre spines y polarizaciones de  $W$  a

$$\langle |\mathcal{M}|^2 \rangle = \frac{1}{2} g_W^2 m_t p^* \left( 2 + \frac{m_t^2}{m_W^2} \right),$$

donde  $p^*$  es el valor absoluto de momento de una de las partículas en el estado final en el sistema del centro de masa, y  $m_t, m_W$  son las masas correspondientes.

Usando la fórmula para la tasa de desintegración a dos partículas, prueba que

$$\Gamma(t \rightarrow bW^+) = \frac{G_F m_t^3}{8\sqrt{2}\pi} \left( 1 - \frac{m_W^2}{m_t^2} \right)^2 \left( 1 + \frac{2m_W^2}{m_t^2} \right).$$

Para los valores medidos de  $m_t = 173$  GeV,  $m_W = 80.4$  GeV y  $G_F = 1.166 \times 10^{-5}$  GeV<sup>-2</sup>, comprueba que la fórmula anterior da  $\Gamma_t = 1.5$  GeV y  $\tau_t \approx 5 \times 10^{-25}$  s.

(Los quarks top producidos en Tevatron se desintegran en una distancia del orden de  $10^{-16}$  m. Esta es pequeña comparada con la escala de longitud típica de los procesos de hadronización, y entonces los pares  $t\bar{t}$  producidos en Tevatron no sólo se desintegran antes de formar un estado ligado, sino que lo hacen antes de hadronizar.)

- ✓ 3. Un barión se desintegra fuertemente en  $\Sigma^+\pi^-$  y  $\Sigma^-\pi^+$ , pero no en  $\Sigma^0\pi^0$  ni  $\Sigma^+\pi^+$ , aunque todas estas son posibles energéticamente. (1) ¿Qué puedes decir acerca de sus isospin? (2) Comprueba tu conclusión a partir de la ratio entre las anchuras en los dos canales observados. Despreciando las diferencias de espacio de fase, ¿cuál es el valor que esperas?
4. Considera el valor medido de la ratio  $\Gamma(\Sigma^- \rightarrow ne^-\bar{\nu}_e)/\Gamma_{tot} \approx 10^{-3}$  y del límite superior  $\Gamma(\Sigma^+ \rightarrow ne^+\nu_e)/\Gamma_{tot} < 5 \times 10^{-6}$ . Explica el motivo de esa diferencia.

Física Nuclear y de Partículas. 25 de mayo de 2018. 1ª parte.

30 puntos

- ✓ 1. (3 puntos) El deuterón es un estado ligado de un protón y un neutrón. No existen estados ligados de dos protones o dos neutrones. Usa esta información y las propiedades de simetría de la función de onda del deuterón para deducir el spin del deuterón en su estado fundamental.

- ✓ 2. a) (4 puntos) Halla la configuración de los protones y neutrones en las capas incompletas, y a partir de eso, el spin y la paridad del estado fundamental de los siguientes núcleos

$${}^7_3\text{Li}, \quad {}^{23}_{11}\text{Na}, \quad {}^{33}_{16}\text{S}, \quad {}^{41}_{21}\text{Sc},$$

suponiendo que el orden de los niveles de una única partícula es

$$1s_{1/2}; 1p_{3/2}; 1p_{1/2}; 1d_{5/2}; 2s_{1/2}; 1d_{3/2}; 1f_{7/2}; 2p_{3/2}.$$

- b) (3 puntos) En este modelo los primeros estados excitados se pueden dar

- i) por excitación del nucleón desapareado al nivel superior vecino, o
- ii) por apareamiento de este nucleón desapareado con otro excitado procedente del nivel inferior vecino.

Determina el spin y la paridad de estas dos clases de estados excitados para cada uno de los cuatro núclidos dados.

3. (Cada cuestión vale 1 punto). Hay que responder a cada una de las siguientes cuestiones con dos frases como máximo.

- a) ¿Qué partículas tienen bien definida la signatura bajo conjugación de carga?
- b) ¿Por qué si introdujo el número cuántico de color?
- c) ¿Qué significa supresión de Cabibbo?
- d) ¿Cuál es la definición de helicidad, y cuál es el valor de la helicidad del neutrino?
- e) ¿En que se diferencian los gluones de los fotones?
- f) ¿Existen los neutrinos derechos, y cuál es el valor que habría que asignar a su isospin e hipercarga débiles?
- g) ¿Cómo depende el acoplo del Higgs a un fermión de la masa del fermión?

- h) ¿Cómo es la evolución de la constante de acoplo de QCD,  $\alpha_s$ , a medida que crece la energía, y cómo lo hace la constante de estructura fina,  $\alpha_e$ ?
- i) Uno de los estados finales en el descubrimiento del Higgs consistió en dos fotones. Dibuja un diagrama de Feynman de este proceso.
- j) ¿Por qué la desintegración del pión prefiere un estado final de masa grande, si argumentos basados en el tamaño del espacio de fase predicen una tasa mayor de desintegración a masas finales pequeñas?

4. (3 puntos) ¿Está permitida la desintegración  $\omega \rightarrow \pi^+ \pi^-$  por la interacción fuerte? ¿Está permitida por la interacción electromagnética? Si esa desintegración está permitida, determina el momento angular orbital de los piones.

5. (3 puntos) Calcula

$$R = \frac{\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{hadrons})}{\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)}$$

para una energía en el centro de masa por debajo del umbral para la producción de encanto, y también para una energía justo por debajo del umbral para la producción de  $b$ . Explica cómo el valor de  $R$  medido experimentalmente se puede usar como evidencia para la existencia de los colores de los quarks.

6. (4 puntos) Masa de los  $\Xi$ . Usando la ecuación de las notas de clase,

$$M(\text{barion}) = m_1 + m_2 + m_3 + A' \left[ \frac{S_1 \cdot S_2}{m_1 m_2} + \frac{S_1 \cdot S_3}{m_1 m_3} + \frac{S_2 \cdot S_3}{m_2 m_3} \right],$$

determina la masa de los  $\Xi$ . Usa  $A' = (2m_u/\hbar)^2 50 \text{ MeV}/c^2$ ,  $m_u = m_d = 363 \text{ MeV}/c^2$ ,  $m_s = 538 \text{ MeV}/c^2$ . Compara con el valor observado de 1315 MeV.

Bariones  $\frac{1}{2}$

$uud$	$uus$	$udd$	$dds$
$uud$	$uus$	$udd$	$dds$
$uud$	$uus$	$udd$	$dds$
$uud$	$uus$	$udd$	$dds$

los

los