14 de Marzo de 2016

Introducción a Partículas y Física Nuclear

Guía 06

1er semestre 2016

Decaimiento γ

1. El nivel fundamental y los estados excitados de $0{,}134\,\text{MeV}$ y de $0{,}299\,\text{MeV}$ del ^{197}Hg han sido clasificados como $p_{1/2}$, $f_{5/2}$ e $i_{13/2}$, respectivamente. ¿Qué tipos de transiciones son de esperar entre estos estados, y cuáles son las constantes de decaimiento teóricas? Dibujar el esquema de niveles propuesto con las multipolaridades de los fotones correspondientes.

2. El ^{60}Ni tiene un estado excitado que decae a otro estado excitado de menor energía, y de allí al fundamental, en dos transiciones cuadrupolares eléctricas sucesivas. Sobre la base de esta información, ¿cuáles son los posibles espines y paridades que se les pueden asignar a estos dos estados excitados del Ni? ¿Puede existir una tercera transición?

3. **(*)** En la figura 1 pueden verse dos niveles del ^{99}Tc, el fundamental, y un excitado. En la figura 2 se observa que el estado excitado de la figura 1, no es el primero, sino el segundo (con una energía de 0,14263 MeV)

   a) Utilizando el modelo de capas, indique cuál es el momento angular total y la paridad del nivel de $0{,}14263\,\text{MeV}$ y del fundamental.

   b) Observando la Figura 1, caracterice (indicando naturaleza y polaridad) los decaimientos más probables del nivel de $0{,}14263\,\text{MeV}$ al fundamental, y los decaimientos del nivel de $0{,}9205\,\text{MeV}$ a los niveles de $0{,}14263\,\text{MeV}$ y de $0{,}18107\,\text{MeV}$. Para cada una de estas transiciones de un estado inicial a uno final, hay varios tipos de decaimiento fotónico posible, ¿cuál es el decaimiento predominante?

   c) Usando la aproximación de Weisskopf, calcule el valor de $T_{1/2}$ para la transición del estado de $0{,}14263\,\text{MeV}$ al nivel fundamental del ^{99}Tc.

4. **(*)** En la reacción ^{19}F(p,$\alpha\gamma$)^{16}O se produce un estado intermedio que consiste en un núcleo ^{20}Ne* que decae en ^{16}O* emitiendo una partícula α. Luego el ^{16}O* decae por emisión γ (ver figura 2).

   a) Explique por qué la radiación γ es emitida preferentemente con la menor multipolaridad *l*.

   b) Dé una estimación para los cocientes $\frac{\lambda_2}{\lambda_1}$, $\frac{\lambda_3}{\lambda_1}$, $\frac{\lambda_4}{\lambda_1}$, $\frac{\lambda_5}{\lambda_1}$,para las transiciones del ^{16}O.

   c) Estime la vida media del estado de $7{,}1\,\text{MeV}$. Justifique.

   d) Investigue el modo de decaimiento del nivel de $6{,}0\,\text{MeV}$ al estado fundamental.

Decaimiento β

5. El ^{64}Cu decae por emisión β^+, β^- y captura electrónica (CE). Utilizando las masas atómicas de los nucleídos involucrados, calcular:

   a) La energía máxima de los β^+ y de los β^-.

   b) La energía del neutrino en la CE.

   c) La energía cinética de retroceso del núcleo en cada uno de los casos.

6. **(*)** De la información de la figura 2 para el decaimiento β^- del ^{137}Cs, obtenga los valores de $\log_{10} ft_{1/2}$ para las transiciones β a los estados $\frac{11}{2}^-$ y $\frac{3}{2}^+$ del ^{137}Ba. ¿Qué tipo de transición espera en cada caso?

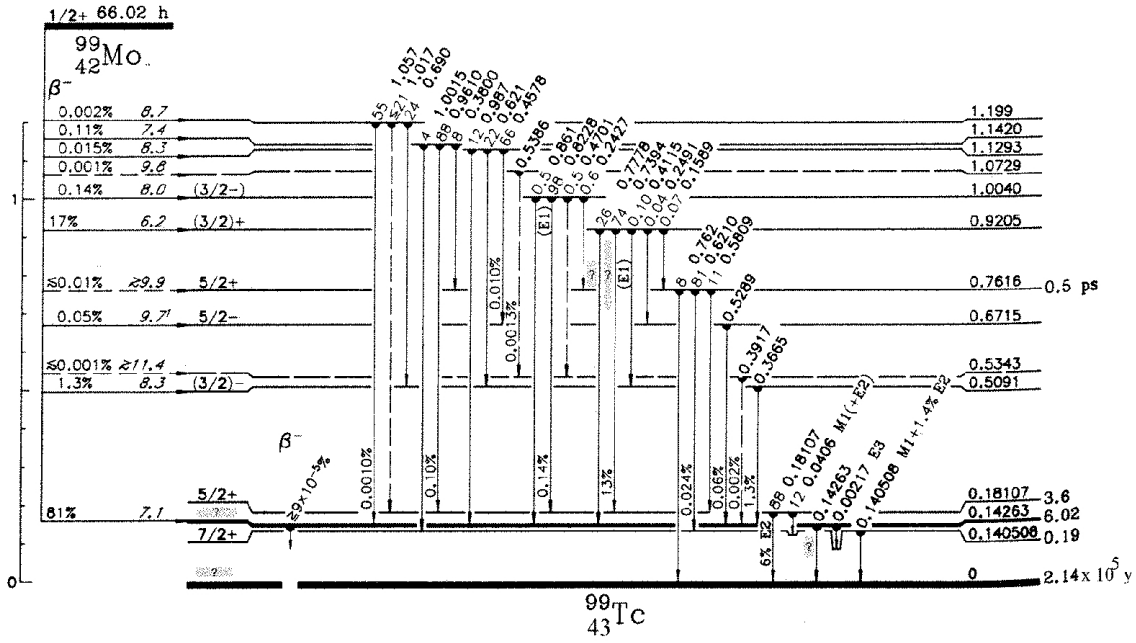

Figura 1: 99-Tecnecio

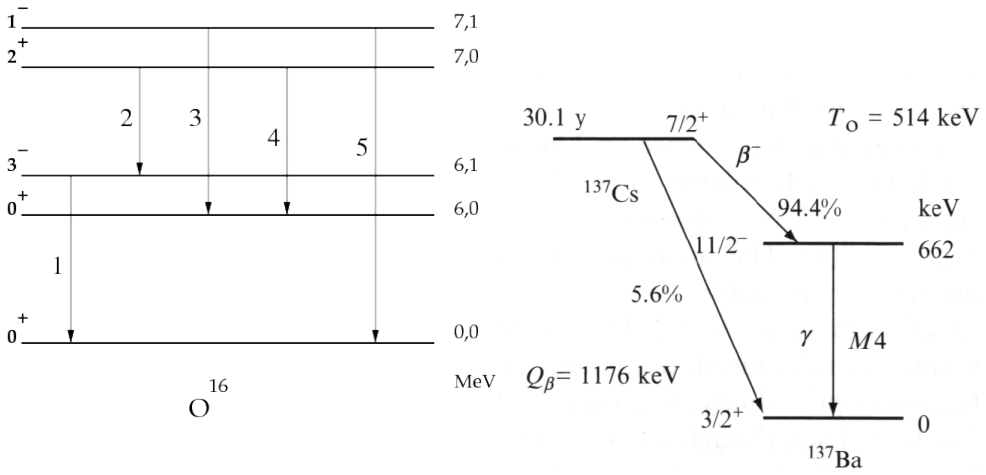

Figura 2: 16-Oxigeno y 137-Cs

7. **(*)** El ^{81}Ga es un emisor β^- que decae a diversos niveles del ^{81}Ge como se ve en la Figura 3. Cuando decae al estado señalado con una banda gris en la figura, el ^{81}Ge excitado decae emitiendo un neutrón. En este caso el núcleo hijo resultante es ^{80}Ge.

   a) Basándose en los datos de la NWC estime una cota mínima de la energía de este nivel grisado por sobre el estado fundamental del ^{81}Ge para que sea posible el decaimiento por neutrones. Justifique su estimación.

   b) Describa, en base al modelo de capas, la estructura de nucleones del estado fundamental del ^{81}Ge.

   c) Estime la energía del decaimiento β^- del ^{81}Ga al nivel grisado.

   d) Deseamos estudiar los momentos angulares de los neutrones. Para ello, primero debemos saber el momento angular más probable del nivel grisado. Observe que el decaimiento β^- del ^{81}Ga a dicho nivel ocurre con alta probabilidad, comparable o mayor que otras probabilidades cuyo $\log_{10} ft_{1/2}$ se muestra en la Figura 3. Clasifique el tipo de decaimiento β^- a ese nivel, y en base a esto diga cuál será el momento angular y la paridad del nivel grisado. Examine las diferentes posibilidades.

e) En base al resultado del punto anterior, obtenga los momentos angulares total y orbital de los neutrones emitidos por el decaimiento del ^{81}Ge al nivel fundamental (0^+) del ^{80}Ge.

8. El isótopo $^{14}_{8}$O decae por β produciendo un núcleo excitado de ($^{14}_{7}$N)* (J^{Π}=0^+), liberando un máximo de $1{,}835$ MeV en el proceso. Luego, el ($^{14}_{7}$N)* se desexcita emitiendo un fotón gamma de $2{,}313$ MeV.

   a) Según el modelo de capas, determine el espín y la paridad de los núcleos $^{14}_{8}$O, $^{14}_{7}$N, y prediga una posible configuración nucleónica del estado excitado intermedio ($^{14}_{7}$N)*.

   b) Usando los datos del NWC calcule la masa $^{14}_{7}$N. Luego realice un balance energético de las reacciones para calcular la masa del $^{14}_{8}$O. Ayuda: desprecie la masa del neutrino y la energía de retroceso del núcleo.

   c) Usando los datos de la figura 4, calcule el $\log_{10} ft_{1/2}$. Luego describa la transición más probable. ¿Qué otro mecanismo podría competir con este decaimiento?

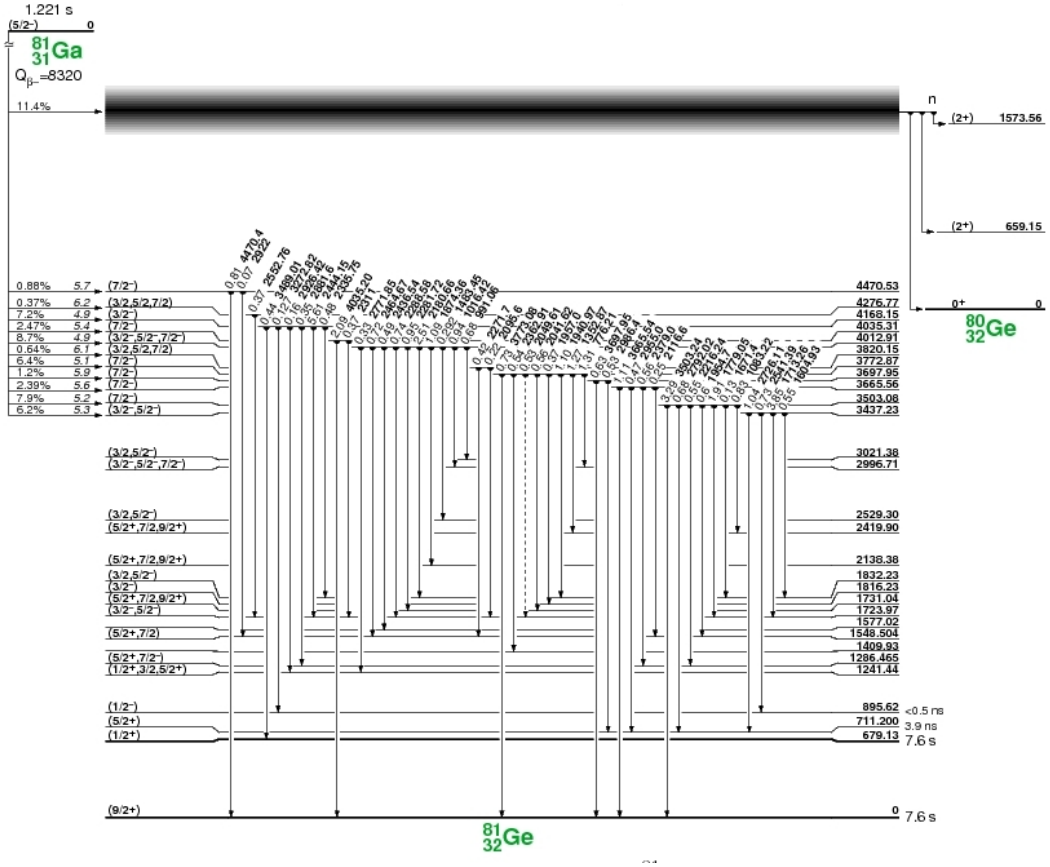

Figura 3: 81-Galio

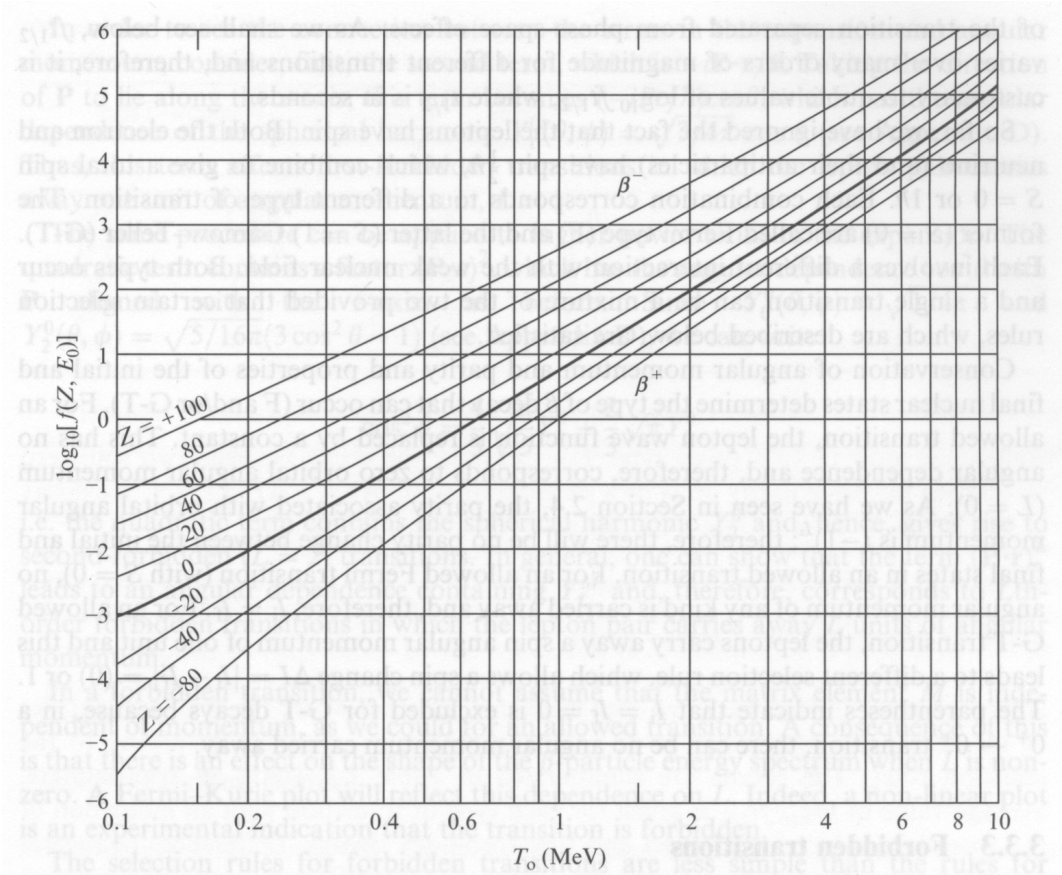

Figure 3.8 The function $f(Z,E_o)$, defined in Equation (3.21), plotted against end-point energy T_o [from Evans (1955), p. 560]. Graphs are shown for different values of atomic number Z of the final nucleus. Positive values are for β^- decays and negative values are for β^+ decays. Note that T_o is equal to the Q value if the parent and daughter nuclei are both in their ground states (neglecting the small amount of energy taken by the final nucleus). Otherwise, $T_o = Q + E_p^* - E_d^*$, where E_p^* and E_d^* are the excitation energies of the parent and daughter nuclei, respectively. Reproduced by permission of The McGraw-Hill Companies.

Figura 4:

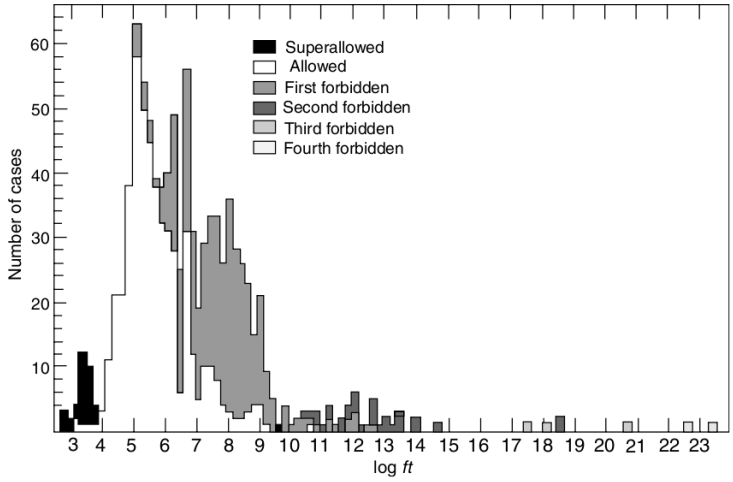

Figure 8.5 Systematics of experimental log *ft* values. (From Meyerhof, 1967.) Copyright © McGraw-Hill Book Company, Inc. Reprinted by permission of McGraw-Hill Book Company.