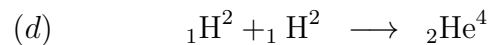
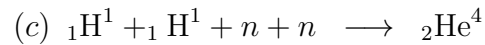
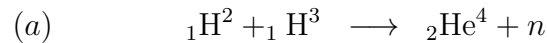


## Estructura de la Materia 4 (2c/12)

### Práctica 1: Núcleos

1. Usando la tabla <http://www.nndc.bnl.gov/wallet/wallet05.pdf> verifique que la partícula  $\alpha$  ( núcleo de  ${}_2\text{He}^4$ ) es estable y que no existe ningún núcleo estable con  $A = 5$ . Diga de qué modo decaen estos últimos.
2. Considere la fusión de los distintos isótopos del hidrógeno en núcleos de  ${}_2\text{He}^4$ .



Calcule las energías liberadas por reacción ( $Q$ ) y determine cuáles son posibles. Ordene las reacciones en función de valores crecientes de  $Q$  e indique con qué propiedad de los núcleos intervinientes está relacionado tal ordenamiento.

3. ¿Cuál es la masa atómica del elemento con mayor energía de ligadura por nucleón ?
4. Muestre analíticamente cuál es la predicción de la fórmula semiempírica de masas para el  $Z_{estable}$  que da núcleos estables con  $A$  fijo.
  - (a) Encuentre el/los núcleos estables para el caso  $A = 92$  y justifique. Haga un gráfico cualitativo de las predicciones para las masas en función de  $Z$  en un entorno de  $Z_{estable}$  para el caso  $A = 92$ .
  - (b) Calcule la masa, la energía de ligadura  $B$ , la energía de ligadura por nucleón  $B/A$  (en MeV) y las energías de separación de un neutrón y de un protón para el  ${}_{41}^{92}\text{Nb}$  usando las masas experimentales. Vuelva a calcular la masa usando ahora la fórmula semiempírica, así como también la energía liberada en los decaimientos  $\beta^{(+,-)}$  del  ${}_{41}^{92}\text{Nb}$ .
5. Utilizando la página <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2> encuentre cuál es la energía y los números cuánticos del quinto estado excitado del  ${}_{92}\text{U}^{236}$ . Encuentre qué núcleos decaen  $\beta^-$  o por captura electrónica al  ${}_{92}\text{U}^{236}$  y cuáles son las energías ( $Q$ ) liberadas para estos decaimientos.
6. Si bien energéticamente favorable en núcleos pesados, la fisión espontánea básicamente no ocurre debido a la barrera de energía que involucra, que para el caso del uranio es

- 5.1 MeV. Basándose en la fórmula semiempírica explique conceptualmente por qué el  $^{235}\text{U}$  fisiona con neutrones lentos mientras que el  $^{238}\text{U}$  requiere de neutrones rápidos (del orden del MeV), lo que obliga a realizar el "enriquecimiento" de uranio para reactores.
7. Se denominan núcleos espejo a pares de núcleos con el número de protones y neutrones intercambiados. Muestre que éstos difieren solo por el término de Coulomb. En particular si la diferencia es de un solo protón, los núcleos son muy similares. Compare por ejemplo el spin, paridad y energías del estado fundamental y primeros excitados de  $^{21}_{11}\text{Na}$  y  $^{21}_{10}\text{Ne}$ . A partir de la diferencia de masa  $m_p - m_n$ , y la energía electrostática de una esfera con densidad uniforme de radio R y carga Ze, prediga la diferencia de masa entre ambos estados fundamentales. Busque otro par de núcleos espejos que difieran en un protón.
  8. A partir de los mecanismos de nucleosíntesis en estrellas y supernovas, explique por qué los isótopos estables más abundantes son de bajo N para núcleos livianos ( $A \leq 60$ ) y de alto N para núcleos pesados.
  9. ¿ Qué se produce en un reactor nuclear, neutrinos o antineutrinos ? ¿ Y en el Sol ?
  10. Verificar de las tablas en [www.nndc.bnl.gov/nudat2](http://www.nndc.bnl.gov/nudat2) , y explicar en términos de la fórmula semiempírica que (a) hay valores de Z y N para los que no hay isótopos estables ante decaimiento beta, pero siempre hay al menos uno para cada valor de A (b) hay un solo isótopo estable beta si A es impar, pero hasta tres (y nunca más) si A es par. A partir de la estabilidad de la partícula alfa, explique por que no hay núcleos estables con  $A=8$  y  $A=5$ .
  11. A partir de los órdenes de magnitud del radio nuclear, energías de enlace y masa de sus componentes, muestre que el núcleo es un sistema cuántico no relativista.
  12. En Laboratorio 5 hay una fuente radioactiva de  $^{22}\text{Na}$  que se compró cuando el Departamento se mudó a Ciudad Universitaria en 1962. ¿ Cuanto cayó la actividad de la fuente desde entonces ? La fuente emite rayos gama de dos energías distintas: a partir del diagrama adjunto determine cuáles son. (ojo: hay una trampa)
  13. A partir del diagrama de decaimiento de los isótopos con  $A=60$ , determine cuáles son las radiaciones predominantes emitidas por el cobalto 60 utilizado en cobaltoterapia, y sus intensidades relativas.

## Datos nucleares

<http://www.nndc.bnl.gov>

## Números para agendar

$$1 \text{ uma} = 931.494 \text{ MeV} \quad \hbar c = 197.327 \text{ MeV fm} \quad \alpha = \frac{e^2}{4\pi\hbar c} = \frac{1}{137.0}$$

$$M_p c^2 = 938.272 \text{ MeV} \quad M_n c^2 = 939.565 \text{ MeV} \quad M_e c^2 = 511 \text{ keV}$$

## Fórmula semiempírica para la energía de ligadura

$$B(A, Z) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c Z^2 A^{-1/3} - a_a \frac{(2Z - A)^2}{A} + \delta A^{-1/2}$$

con

$$\delta = \begin{cases} \Delta & \text{par - par} \\ 0 & \text{par - impar} \\ -\Delta & \text{impar - impar} \end{cases}$$

$a_v = 15.56 \text{ MeV}$ ,  $a_s = 17.23 \text{ MeV}$ ,  $a_c = 0.697 \text{ MeV}$ ,  $a_a = 23.285 \text{ MeV}$  y  $\Delta = 12.0 \text{ MeV}$ .

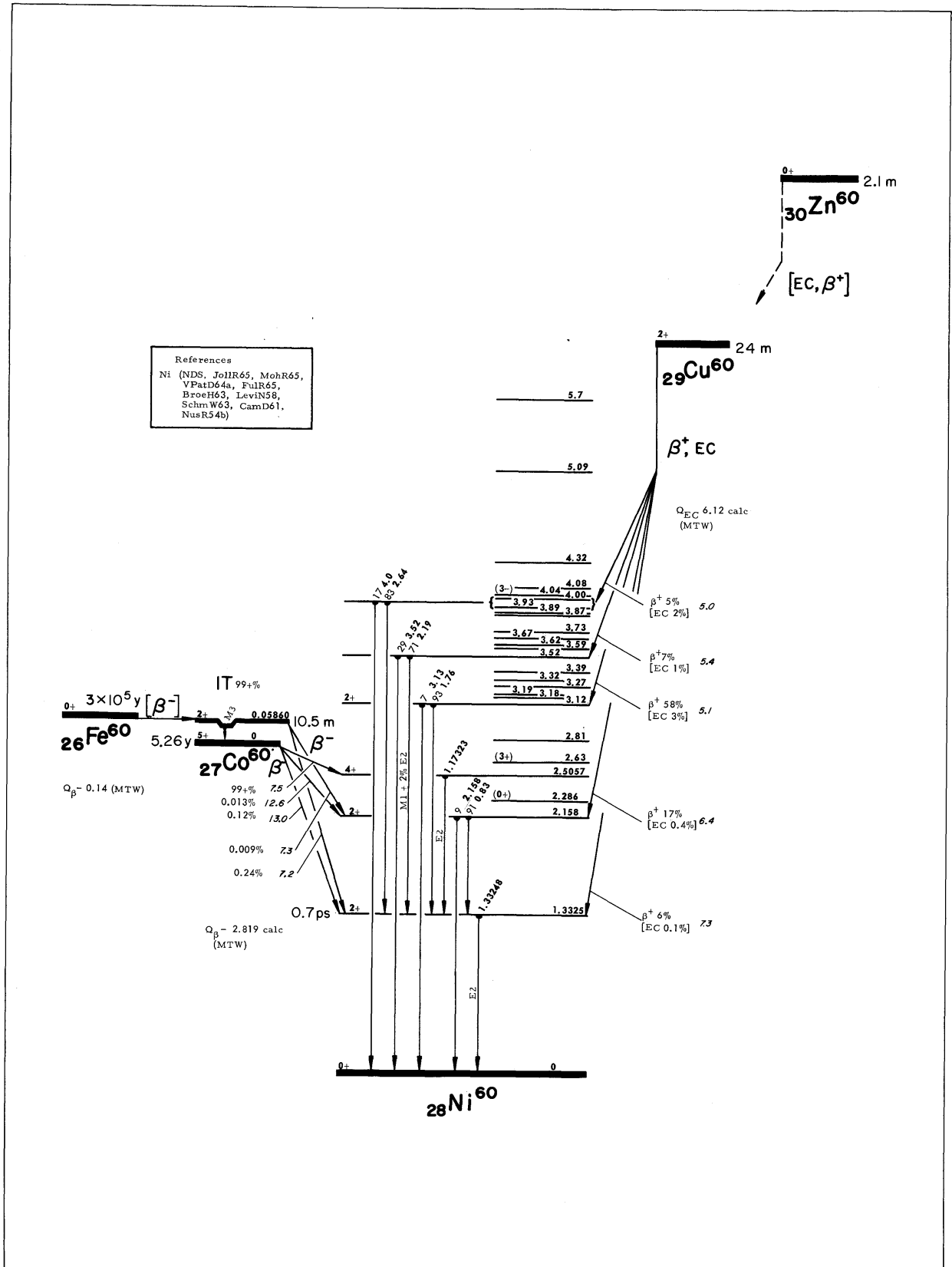


Figure 4: Co60

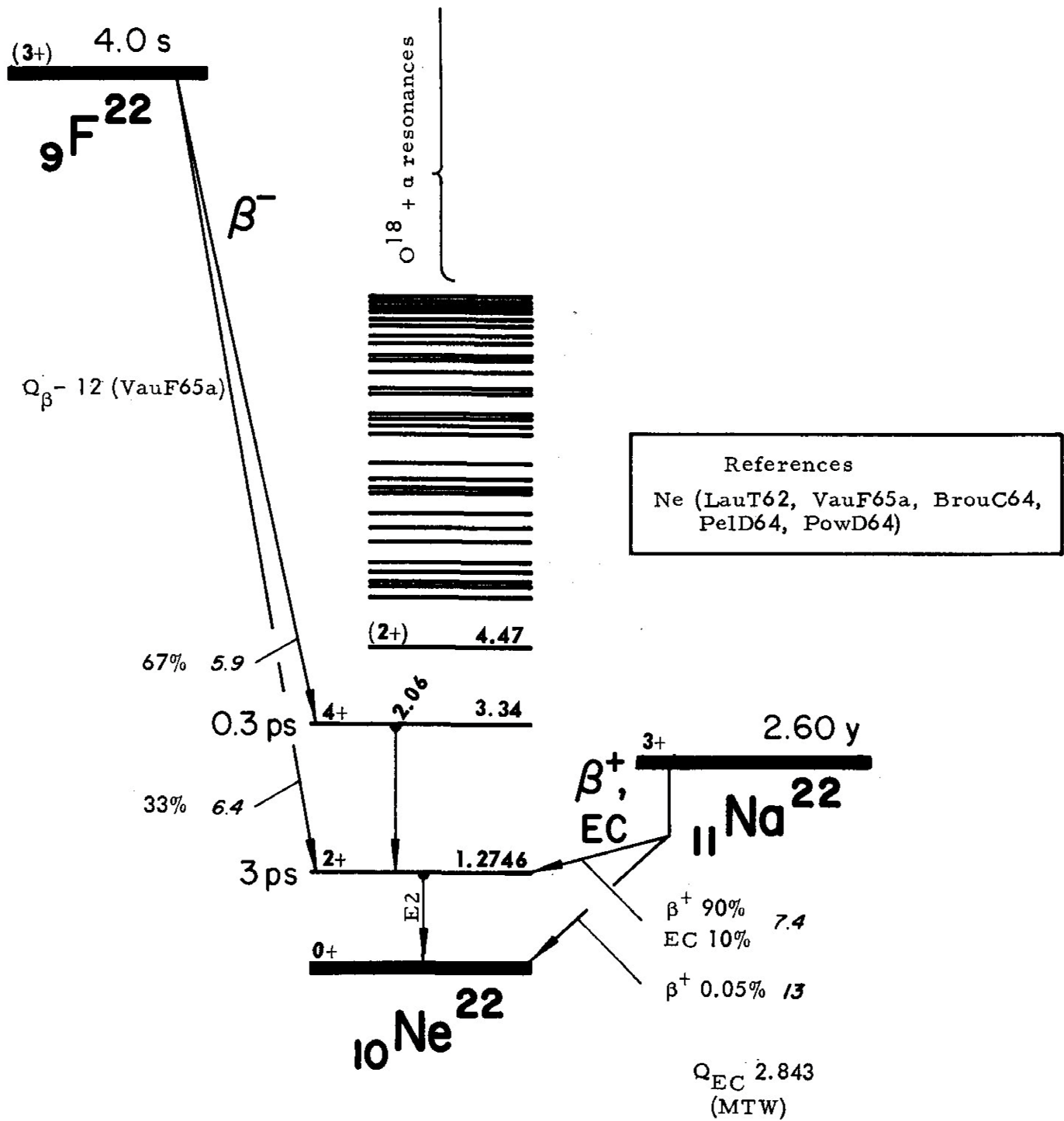


Figure 2: Na22