

## Práctico 5

### Generación de energía por fusión de elementos

1. Hallar la distancia clásica de máxima aproximación de dos protones con una energía de aproximación igual a 2 keV. Estime la probabilidad de que los dos protones penetren la barrera de Coulomb. Compare esta probabilidad con la correspondiente probabilidad para dos núcleos de  $^4\text{He}$  con la misma energía de aproximación.
2. Estime la masa estelar mínima requerida para la ignición central de los diferentes combustibles nucleares, de acuerdo con los umbrales de temperatura indicados en la siguiente tabla. Suponga que la estrella tiene una composición solar, que el medio no está degenerado y que la densidad sigue un perfil de la forma <sup>13</sup>:

$$\rho = \rho_c \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right] \quad (3)$$

| Combustible | Proceso   | $T_{\text{umbral}}$<br>( $10^6$ K) | Productos     | Energía por<br>nucleón (MeV) |
|-------------|-----------|------------------------------------|---------------|------------------------------|
| H           | $p-p$     | $\sim 4$                           | He            | 6.55                         |
| H           | CNO       | 15                                 | He            | 6.25                         |
| He          | $3\alpha$ | 100                                | C, O          | 0.61                         |
| C           | $C + C$   | 600                                | O, Ne, Na, Mg | 0.54                         |
| O           | $O + O$   | 1000                               | Mg, S, P, Si  | $\sim 0,3$                   |
| Si          | Nuc.eq.   | 3000                               | Co, Fe, Ni    | $< 0,18$                     |

3. ¿Cuántos átomos de  $H$  son convertidos por segundo en  $He$  en el interior del Sol bajo la suposición de que toda la luminosidad solar es producto de la fusión mediante la cadena protón-protón? ¿Cuánto tiempo demorará el Sol en fusionar 10% de su masa?
4. ¿Cuál es la tasa de pérdida de masa del Sol debido a la fusión de  $H$  mediante la cadena protón-protón? Exprese el resultado en unidades de  $M_{\odot}/\text{yr}$ . ¿Cómo se compara la tasa calculada con la tasa promedio de pérdida de masa del Sol debido al viento solar ( $\sim 3 \times 10^{-14} M_{\odot}/\text{yr}$ )?
5. Considere una estrella de masa  $M$  constituida exclusivamente por  $H$ . ¿Qué cantidad de energía se liberaría si 10% de su masa se transformara en  $Fe$ ? ¿Cómo cambiaría éste resultado si la composición de la estrella estuviera dada por  $X = 0,7$  y  $Y = 0,3$ ?
6. ¿Cuál es la energía total liberada por unidad de masa y de tiempo debido a la fusión de  $^{12}\text{C}$  en  $^{24}\text{Mg}$  sabiendo que las energías de enlace de  $^{12}\text{C}$  y  $^{24}\text{Mg}$  son 92,162 MeV y 198,258 MeV, respectivamente.
7. Calcule la energía generada por unidad de masa, si la quema de  $He$  produce cantidades iguales fracciones de masa de  $C$  y  $O$ . <sup>14</sup>
8. Calcular la escala de tiempo de destrucción de una especie (reducción de la cantidad original en un factor 1/e) cuando las dos especies que participan en la reacción nuclear son las mismas. Explicar la causa física del factor extra que aparece en el resultado con respecto al caso general de dos especies diferentes.

<sup>13</sup>Problema 4.2 de Introduction to stellar structure and evolution de Dina Prialnik, Segunda Edición

<sup>14</sup>Problema 4.1 de Introduction to stellar structure and evolution de Dina Prialnik, Segunda Edición.

9. Considere un núcleo estelar de  $Fe$  con una temperatura  $T = 5 \times 10^9$  K y densidad de neutrones  $n_n = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ . Si la sección eficaz de captura de neutrones por un núcleo es de  $10^{-25} \text{ cm}^2$  y la escala de tiempo de decaimiento  $\beta$  es de  $10^{-2}$  s. ¿Cuál es más importante, el proceso  $r$  o el proceso  $s$ ?