

# Introducción a la Astrofísica Relativista 2018

## Práctica 6: procesos radiativos 2

1. Un haz de electrones con una densidad de energía de  $1 \text{ keV cm}^{-3}$  y una intensidad diferencial  $N_e = K_e E_e^{-2.1}$ , incide sobre una nube homogénea de hidrógeno neutro de densidad  $n_H = 200 \text{ cm}^{-3}$  y  $1 \text{ pc}$  de radio. El factor de Lorentz mínimo de los electrones es  $\gamma_{\min} = 2$  y el máximo  $\gamma_{\max} = 2000$ . Calcular la emisión Bremsstrahlung relativista de esta población de electrones. Si la distancia a la nube es de  $20 \text{ pc}$ , ¿cuál es el flujo que se detectaría observando a energías por encima de  $10 \text{ MeV}$ ?
2. ¿Cuánto tarda un electrón de energía  $E_e = 100 \text{ GeV}$  en perder el 50% de la misma por radiación Bremsstrahlung relativista, al propagarse en una nube de hidrógeno ionizado de densidad  $n_H = 1000 \text{ cm}^{-3}$ ?
3. La densidad media del medio interestelar es  $n_{\text{ism}} = 0.1 \text{ cm}^{-3}$ . ¿Cuál es el camino libre medio de un protón de energía  $100 \text{ GeV}$  en ese medio, considerando que sufre únicamente pérdidas por producción de piones?
4. Hallar la razón de la tasa de pérdidas de energía por ionización a la de pérdidas por producción de piones para el protón del ejercicio anterior.
5. ¿Cuál debe ser la densidad en un plasma frío de piones para que el camino libre medio de un pión sea de  $10^5 \text{ cm}$ ? ¿Qué energía debe tener el pión para no decaer antes de interactuar?
6. Sobre una nube densa de  $10^6 \text{ cm}$  de espesor incide un flujo de protones de  $10^{17} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$  cuyas energías se distribuyen entre  $2 \text{ GeV}$  y  $20 \text{ TeV}$  según  $I(E_p) = K_p E^{-2.1}$ . Calcular y graficar la distribución espectral en energía (SED) de los fotones emitidos por decaimiento de piones neutros creados en colisiones  $pp$ . La densidad de la nube es  $n = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  y el área de incidencia es de  $10^{20} \text{ cm}^2$ . Utilizar la aproximación de la funcional delta para la sección eficaz diferencial.