

La mayoría de la radiación interestelar proviene de luz emitida por las estrellas más masivas (tipo O). El número aproximado de estas estrellas en la Vía Láctea es $N_{O*} \approx 5 \times 10^4$, y su luminosidad individual es aproximadamente $L_{O*} \approx 10^{40} \text{ erg s}^{-1}$.

(a) Simule la distribución de estas estrellas en la Vía Láctea como si estuvieran todas localizadas sobre un disco y distribuidas de manera aleatoria (uniforme) a lo largo y ancho de un área circular con radio r_{gal} . Haga una gráfica 2D que muestre la distribución de las estrellas como puntos aleatoriamente distribuidos en un disco de radio r_{gal} (tome $r_{\text{gal}} \approx 36 \text{ kpc}$). (1 pt)

(b) Usando la distribución estelar generada en **a**, calcule el flujo F_{ISM} (en $\text{erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$) de todas las estrellas tipo O sobre cada uno de los puntos ubicados entre el centro de la Vía Láctea ($r = 0$) y el borde ($r = 36 \text{ kpc}$) a intervalos de 2 kpc^a . Con estos resultados haga una gráfica de F_{ISM} vs. r . Pista: Los flujos deberían dar por el orden de $10^{-2} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. (1 pt)

(c) Repita el punto anterior ahora considerando una extinción por unidad de distancia A_λ/D de 1.6 mag kpc^{-1} . (1 pt)

(d) Usando los resultados de **c**, y teniendo en cuenta que la temperatura de estas estrellas es $T_{O*} \approx 4 \times 10^4 \text{ K}$, calcule la energía promedio de los fotones y el número de fotones por unidad de área por unidad de tiempo (flujo de fotones) en el vecindario solar ($r \approx 8 \text{ kpc}$). Su respuesta debería estar cerca del valor medido en el medio interestelar^b ($10^8 \text{ fotones cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$). (1 pt)

(e) El flujo F_{ISM} del campo interestelar de radiación calienta los granos de polvo en el medio interestelar hasta cierta temperatura de equilibrio T_g . En promedio estos granos tienen un tamaño $a \approx 0.1 \mu\text{m}$. Si cada grano de polvo fuera un cuerpo negro, reemitiría la radiación absorbida con un pico de emisión en $\lambda_g = \lambda_{\text{Wien}}(T_g)$ según la Ley de Stefan-Boltzmann ($F_{\text{SB}} = \sigma T_g^4$). Dado que esta radiación es infraroja ($\lambda_g > 2\pi a$) se cumple que $Q_\lambda \approx 2\pi a/\lambda_g$ (teoría de Mie). Esto significa que el flujo emitido por el polvo no es exactamente el de un cuerpo negro sino que será modulado por Q_λ , de manera que $F_{\text{em}} = F_{\text{SB}} Q_\lambda$. Suponiendo que los granos de polvo emiten toda la radiación absorbida ($F_{\text{em}} = F_{\text{abs}} = F_{\text{ISM}}$), encuentre la temperatura de equilibrio T_g para los granos de polvo en el medio interestelar para cada uno de los valores de F_{ISM} del numeral **c**, y haga una gráfica de T_g vs. r con los resultados. Pista: Deberían dar por el orden de 10 K . (1 pt)

Nota: Las respuestas y gráficas deben ir en un notebook de Jupyter.

^aRecomiendo correr varias simulaciones distintas y tomar el mínimo valor de flujo que aparezca, para evitar el efecto que tendría el estar anormalmente cerca a una estrella O.

^b<https://advances.sciencemag.org/content/3/9/eaao2538.full>