

Tarea 2 Curso AST0321

Astrofísica Estelar

Profesor: Claudia Aguilera

Ayudante: Constanza Bravo

24 Septiembre 2023

Plazo de Entrega: 15 Octubre 2023

Debe entregar su tarea a través de Canvas. **Se descontará 0.5 puntos por día de retraso en su entrega.** El formato debe ser pdf, y puede incluir dibujos o escaneos que ayuden a facilitar su explicación.

Sea cuidadoso con los ejes de sus gráficos, con las cifras significativas que entrega y con citar sus fuentes. No se aceptarán copias textuales de ninguna fuente, incluyendo la descripción de imágenes. Su tarea debe ser individual. Se permite que converse y desarrolle ideas con sus compañeros, pero su trabajo debe ser personal. Desarrolle cada pregunta de forma fluida. Limite su uso de la IA para facilitar la comprensión de su respuesta.

1. En este ejercicio derivará algunas ecuaciones de estado mencionadas en clases y trabajará con distintas ecuaciones de estado.

- a. Suponga que las partículas de un gas tienen momentum distribuido como $n(p)dp$. Muestre que la presión se puede expresar como

$$P = \frac{1}{3} \int_0^\infty p v_p n(p) dp, \quad (1)$$

con v_p la velocidad de las partículas.

- b. Para un gas en LTE, el momentum sigue la distribución de Maxwell-Boltzmann. Calcule la presión y comente su resultado.
 - c. En el caso completamente degenerado, con temperatura tendiendo a 0, los electrones llenan todos los estados cuánticos posibles hasta el momentum máximo, el momentum de Fermi. Encuentre una expresión para el momentum de Fermi.
 - d. Encuentre la ecuación de estado $P(\rho)$ para un gas de electrones degenerados no relativistas.
 - e. Encuentre la expresión para la presión en función de la densidad para un gas de electrones degenerados extremadamente relativistas.
 - f. Estime a qué densidad los electrones pasan de ser no-relativistas a relativistas.
 - g. ¿Cuál es la importancia relativa de la presión de gas dada por la ley de gas ideal y la presión de radiación en el centro del Sol? Muestre que si la razón P_{rad}/P_{gas} es constante en la estrella, es una polítropa y encuentre el valor de n . ¿En qué estrellas de la secuencia principal será mayor esa razón?
2. En este ítem utilizará el código de evolución estelar MESA de forma análoga a la Tarea 1 (Usando MESA-Web¹).
 - a. Utilizando el modelo a metalicidad solar que obtuvo en la Tarea 1, considere las fases Secuencia Principal de edad cero (ZAMS), tip de la RGB y Zero Age Horizontal Branch (ZAHB).

¹<http://user.astro.wisc.edu/~townsend/static.php?ref=mesa-web>

- i. Confeccione en esos 3 puntos evolutivos un diagrama comparando los gradientes de temperatura (∇ , ∇_{rad} y ∇_{ad} . Discuta y concluya.
 - ii. Compare el valor de velocidad convectiva entregado por el código con los valores que obtiene dada la expresión vista en clases para las burbujas convectivas.
 - iii. ¿Cómo se compara la escala de tiempo nuclear de la estrella en cada etapa con el tiempo estimado de recorrido de las burbujas convectivas en el medio? ¿Qué puede concluir acerca de qué tan químicamente homogénea pueden ser las regiones convectivas en su modelo?
 - iv. Compare los valores de la presión total, la presión de radiación y la presión electrónica. ¿Qué puede concluir?
 - v. Confeccione gráficos con la opacidad de Rosseland en función de la temperatura a lo largo de la estrella. Compare con lo visto en clases y comente.
- b. Repita el modelo para una masa solar y metalicidad solar, pero cambiando el parámetro de entrada α_{ml} usado en la teoría de largo de mezcla (Que en defecto es 2.0). Pruebe al menos dos valores distintos. Grafique diagramas H-R y explique qué cosas podrían cambiar en la evolución de la estrella si este parámetros se modifica. Justifique con gráficos y diagramas.
 - c. Calcule la evolución de una estrella de metalicidad solar desde la pre secuencia principal pero multiplicando la masa que tenía en la tarea anterior por un número aleatorio entre 3 y 7. Deberá mostrar la evolución de la temperatura central, densidad central y un diagrama H-R donde marque los puntos más importantes de la evolución de la estrella. Describa las distintas fases usando estos diagramas y comente sobre las escalas de tiempo para cada fase de evolución.
3. En clases, desarrollamos el movimiento de una burbuja de gas para describir la convección dentro de una estrella. Esta se desplaza desde el punto de equilibrio (con presión constante), donde podría o no volver a ese estado de equilibrio, dependiendo de si se dan o no las condiciones para desarrollar la convección.
 - a. Parta asumiendo que tiene condiciones adiabáticas y encuentre una expresión para la frecuencia de oscilación de la burbuja en torno al punto de equilibrio (la frecuencia de Brunt-Väisälä).
 - b. Suponga que el gradiente de temperatura de la estrella es $(1 - \epsilon)$ veces el gradiente adiabático. Calcule con esto el período de las oscilaciones. Encuentre la razón entre el periodo de las oscilaciones y el tiempo dinámico (Puede ser en orden de magnitud luego de usar aproximaciones pertinentes). Describa la situación cuando ϵ tiende a 1.
 - c. Estime cuanto es esta frecuencia en el Sol si $\epsilon \sim 0.2$.