

Budowa i Ewolucja Gwiazd
II rok astronomii
Lista nr 4

1. W astrofizyce często posługujemy się tzw. skalami wysokości. Skala taka określona jest jako odległość wzdłuż promienia, na której dana wielkość maleje e -krotnie. Korzystając z równania równowagi hydrostatycznej pokazać, że

$$H_P \approx \frac{\mathcal{R}T}{\mu g},$$

gdzie H_P to ciśnieniowa skala wysokości.

2. Oszacować ciśnieniową skalę wysokości atmosfery ziemskiej zakładając $T = 300$ K.
3. W centrum Słońca temperatura wynosi $T \approx 15 \times 10^6$ K, gęstość $\rho = 150 \text{ g cm}^{-3}$, a obfitość wodoru i metali odpowiednio $X = 0.35$, $Z = 0.02$. Jaki jest stosunek $P_e^{(\text{deg})}/P_e^{(g)}$?
4. Rozważając tylko atomy o jednym stopniu jonizacji, stan jonizacji materii wygodnie jest opisać współczynnikiem $x = n_1/n$, gdzie n_1 oznacza ilość jonów, a n ilość jonów i cząstek neutralnych ($n = n_1 + n_0$). Wychodząc z równania Sahy, pokazać, że ze wzrostem temperatury stan jonizacji materii dąży do 1, natomiast ze wzrostem gęstości do 0.
5. Wyliczyć średni ciężar cząsteczkowy μ w funkcji X , Y , Z dla:
- (a) neutralnej materii wodorowo-helowej,
 - (b) całkowicie zjonizowanej materii wodorowo-helowej,
 - (c) neutralnej materii zawierającej H, He i inne pierwiastki,
 - (d) całkowicie zjonizowanej materii zawierającej H, He i inne pierwiastki,
 - (e) materii wodorowo-helowej, w której wodór jest całkowicie zjonizowany, natomiast hel występuje jako He I oraz He II (w równych obfitościach).
6. Jaka część wodoru musi być zjonizowana, aby średnia masa cząsteczkowa plazmy wodorowo-helowej wynosiła 1.0? Przyjąć, że hel występuje tylko w postaci neutralnej a jego obfitość wynosi $Y = 0.3$. Na wykresie $\log T$ vs. $\log \rho$ zaznaczyć obszar, w którym może występować taka materia.
7. Całkowita moc promieniowania Słońca wynosi $L_\odot \approx 3.86 \cdot 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$. Podczas syntezy 4 jąder wodoru w jeden atom He^4 wydzielane jest 26.2 MeV energii. Wyliczyć:
- (a) strumień neutrin słonecznych na orbicie Ziemi, wyrażony jako ilość neutrin przelatujących przez 1 cm^2 w ciągu 1 s,
 - (b) masę zamienianą w energię w czasie 1 s (wynik wyrazić również w jednostkach masy Słońca na rok).

8. Przyjmując, że dla gwiazd ciągu głównego prawdziwa jest zależność masa – jasność w postaci $L/L_{\odot} = (M/M_{\odot})^4$, wyznaczyć czas życia gwiazdy na ciągu głównym (kosztem energii jądrowej) jako funkcję masy. Zakładamy, że 0.5% masy gwiazdy zamieniana jest w energię, moc promieniowania nie zmienia się w czasie ewolucji, a energia unoszona przez neutrina jest zaniedbywalna.

Wojciech Szewczuk