

**Budowa i Ewolucja Gwiazd**  
**II rok Astronomii (Studia I-go stopnia)**  
**Rok akademicki 2018/2019**  
**Lista nr 5**

Do poniższych zadań potrzebne są modele budowy wewnętrznej gwiazd ciągu głównego o masach 1 i  $15 M_{\odot}$  umieszczone na stronie IAUWr.

1. Dla obu modeli gwiazd wykreślić zależność  $(M_r/M)(r/R)$ , gdzie  $M$  i  $R$  jak poprzednio oznaczają masę całkowitą oraz promień gwiazdy, a następnie porównać te przebiegi z wynikami zadania 8 z listy 2.
2. Opierając się na wynikach zadania 5 z listy 2 oszacować gęstość i ciśnienie centralne gwiazd ciągu głównego wieku zero przyjmując  $M=1M_{\odot}$  i  $R=1.00R_{\odot}$  oraz  $M=15M_{\odot}$  i  $R=4.72 R_{\odot}$ . Następnie, korzystając z równania stanu gazu doskonałego oszacować temperatury centralne obu gwiazd. Uzyskane wartości porównać z odpowiednimi wartościami modelowymi.
3. Wyliczyć prędkości średnie (wzory uzyskane w zadaniu 8 z listy 2) elektronów i protonów we wnętrzach rozważanych modeli gwiazdowych. Porównać te wartości z prędkościami ucieczki z powierzchni gwiazd (dla przypomnienia proszę wyprowadzić odpowiedni wzór).
4. Wyliczyć, jak zmienia się względny wkład ciśnienia promieniowania  $p_r$  do całkowitego ciśnienia  $p = p_g + p_r$ , gdzie  $p_g$  oznacza ciśnienie gazowe, w obu modelach gwiazd. Jaka temperatura musiałaby panować w środkach gwiazd, by przy modelowych wartościach gęstości, ciśnienie promieniowania porównywalne było z ciśnieniem gazowym ?
5. Wyliczyć średnie drogi swobodne fotonów we wnętrzach obu modeli ( $l_{\gamma} \approx (\rho\kappa)^{-1}$ , gdzie  $\kappa$  oznacza masowy współczynnik nieprzezroczystości - proszę wyprowadzić ten wzór) i porównać je ze średnimi drogami swobodnymi neutronów  $l_{\nu}$  (przyjmując, że dla wychwytu neutrina  $\kappa = 10^{-20} \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ). Wyjaśnić, dlaczego małe wartości  $l_{\gamma}$  działają w kierunku LTE  $\rightarrow$  TE.
6. Wyliczyć natężenia promieniowania  $I$  i strumienie  $F$  we wnętrzach modeli gwiazd. Wyjaśnić dlaczego stosunek  $F/I$  jest miarą anizotropii pola promieniowania w danym miejscu? Powiązać stopień anizotropii ze średnią drogą swobodną kwantów promieniowania  $l_{\gamma}$ .
7. Wyliczyć wartości gradientu temperatury we wnętrzach obu modeli gwiazd. Wyniki wyrazić w  $\text{K cm}^{-1}$  i zestawić je ze średnimi drogami swobodnymi fotonów. Jaki wniosek można wysnuć z takiego porównania?
8. Przebadać przebieg funkcji  $L_r/L$  we wnętrzach modeli gwiazd o masach 1 i  $15 M_{\odot}$ . Na podstawie tych przebiegów odtworzyć wkład poszczególnych warstw sferycznych do całkowitej mocy promieniowania  $L$ .
9. Wyliczyć współczynnik rozpraszania  $\sigma$  na swobodnych elektronach dla centralnych obszarów rozważanych modeli gwiazd. Jaki jest wkład rozpraszania na elektronach do całkowitej nieprzezroczystości materii  $\kappa$  ? Jak wkład ten zmienia się w zależności od temperatury ?
10. Co to jest kryterium niestabilności konwektywnej Schwarzschilda i Ledoux ? Prześledzić przebieg pochodnej  $d \log(T)/d \log(p)$  oraz  $L_c/L_t$  dla rozważanych modeli gwiazd. Sprawdzić gdzie zaczynają się strefy konwektywne. Dlaczego gwiazdy ciągu głównego o mniejszych masach mają zewnętrzne strefy konwektywne, a gwiazdy bardziej masywne – konwektywne jądra?